

ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЗА ХВОРОБАМИ ТА ШКІДНИКАМИ РОСЛИН

Кривохижа Є.М.¹, Мостов'як С.М.², Воєвода Л.І.²

¹Західноукраїнський національний університет
вул. Львівська, 11, 46009, м. Тернопіль

²Уманський національний університет
вул. Інститутська, 1, корпус №4, каб. 174, 20300, м. Умань
ye.kryvokhyzha@ukr.net, s.mostoviyak@gmail.com, lilyavoevoda@i.ua

Стаття присвячена сучасним методам попередження та контролювання хвороб і появи шкідників сільськогосподарських рослин в Україні, з акцентом на інтеграцію різноманітних підходів для підвищення ефективності захисту врожаю. Вона розглядає невирішені аспекти цієї проблеми, що мають особливе значення для аграрного сектору країни. Актуальність дослідження зумовлена значними економічними втратами, які спричиняють хвороби та шкідники рослин у сільському господарстві України, а також необхідністю розробки комплексних стратегій для подолання подібних випадків. Метою дослідження є оцінка наявних підходів до контролю та попередження поширення хвороб і шкідників, визначення їхньої ефективності в агрокліматичних умовах України. Для досягнення мети використано аналітичний підхід, який включав аналіз наукових даних про причини поширення патогенів, статистичних показників, експериментальний підхід із польовими випробуваннями ефективності антагоністичних мікроорганізмів, а також системний підхід для вивчення взаємозв'язків між агротехнічними заходами. Отримані результати свідчать, що карантинні заходи в Україні ефективно перехоплюють чужорідні патогени, хоча потребують удосконалення для виявлення прихованих інфекцій, біологічний контроль демонструє високу результативність, сівозміна й санітарна обробка знижують інфекційний потенціал патогенів середньої інтенсивності, а використання супресивних ґрунтів і антагоністів забезпечує природне пригнічення збудників, за умов відповідності умов їхньої активності. Сертифікація насіння та культуральні практики, як-от мульчування і створення несприятливих умов, також сприяють зменшенню ризиків, хоча їх ефективність варіює залежно від регіону та типу патогена. Перспективи наступних досліджень пов'язані з розробкою стандартизованих біопрепаратів на основі місцевих штамів антагоністичних мікроорганізмів, удосконаленням діагностичних методів для малих господарств, вивченням адаптації патогенів до кліматичних змін в Україні та впровадженням інтегрованих систем захисту, що поєднують біологічні, агротехнічні та регуляторні заходи для створення стійких агроєкосистем.

Ключові слова: ефективний захист, хвороби рослин, шкідники, біологічний контроль, агротехнічні методи, супресивні ґрунти.

Effective methods for preventing and controlling plant diseases and pests. Kryvokhyzha Ye., Mostoviyak S., Voievoda L.

The article is devoted to modern methods of prevention and control of diseases and pests of agricultural plants in Ukraine, with an emphasis on the integration of various approaches to increase the effectiveness of crop protection. It considers unresolved aspects of this problem, which are of particular importance for the agricultural sector of the country. The relevance of the study is due to the significant economic losses caused by plant diseases and pests in agriculture in Ukraine, as well as the need to develop comprehensive strategies to overcome such cases. The purpose of the study is to evaluate existing approaches to control and prevent the spread of diseases and pests, determine their effectiveness in Ukrainian agroclimatic conditions. To achieve the goal, an analytical approach was used, which included the analysis of scientific data on the causes of the spread of pathogens, statistical indicators, an experimental approach with field tests of the effectiveness of antagonistic microorganisms, as well as a systematic approach to studying the relationships between agrotechnical measures. The results obtained indicate that quarantine measures in Ukraine effectively intercept alien pathogens, although they need improvement to detect latent infections, biological control demonstrates high efficiency, crop rotation and sanitary treatment reduce the infectious potential of medium-intensity pathogens, and the use of suppressive soils and antagonists provides natural suppression of pathogens, provided that the conditions of their activity are appropriate. Seed certification and cultural practices, such as mulching and creating unfavorable conditions, also contribute to reducing risks, although their effectiveness varies depending on the region and type of pathogen. Prospects for further research are related to the development of standardized biological products based on local strains of antagonistic microorganisms, improving diagnostic methods for small farms, studying the adaptation of pathogens to climate change in Ukraine, and implementing integrated protection systems that combine biological, agrotechnical, and regulatory measures to create sustainable agroecosystems. **Key words:** effective protection, plant diseases, pests, biological control, agrotechnical methods, suppressive soils.

Постановка проблеми. У агроєкосистемах, що функціонують в умовах інтенсивного землеробства, дедалі частіше спостерігається ситуація, коли як явна, так і прихована шкода, заподіяна фітопатогенними організмами та шкідниками, перевищує збитки від інших негативних чинників, що впливають на стан сільськогосподарських культур. Одним із ключових сигналів неблагополучного фітосанітарного

стану агроценозів є надмірна концентрація джерел інфекції збудників хвороб у ґрунтах та на посівному матеріалі, що суперечить концепції екологізованого захисту рослин.

До числа антропогенних чинників, які провокують масовий розвиток небезпечних інфекційних захворювань, належить і надмірне насичення сівозмін зерновими культурами, що значною мірою зни-

жує ефективність навіть цілеспрямованих заходів захисту.

Актуальність дослідження. З огляду на нагальну потребу забезпечити стабільне та екологічно збалансоване рослинництво, особливого значення набуває розробка і впровадження ефективних методів попередження та контролю за хворобами і шкідниками, які дозволяють не лише знизити пестицидне навантаження, але й підтримувати сталий розвиток аграрного сектору. Актуальність дослідження зумовлюється необхідністю поєднання фітосанітарного моніторингу, агротехнічних прийомів, раціонального застосування засобів для обробки насіння і садивного матеріалу із врахуванням порогу шкідливості, а також широкого використання біологічних методів захисту, що дає змогу досягати високої ефективності з мінімальним негативним впливом на довкілля. У цьому контексті виникає об'єктивна потреба в науково обґрунтованому вивченні адаптивних та інтегрованих підходів до захисту рослин, які забезпечать оздоровлення агроценозів і дозволять сформулювати стійкі до інфекцій системи ведення сільського господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Захист рослин від хвороб та шкідників залишається ключовим напрямком наукових досліджень у сфері аграрного виробництва, оскільки стабільність сільськогосподарських систем безпосередньо пов'язана з ефективністю профілактичних та контрольних заходів проти фітопатогенних факторів. У вітчизняній практиці особлива увага приділяється карантинним заходам, спрямованим на запобігання занесенню та розповсюдженню інвазійних та інтродукованих збудників. Дослідження українських і зарубіжних учених як: Жуйков О. [5], Галлі М., Фельдманн Ф., Фоглер У.К., Когель К.-Х. [15] підкреслюють важливість фітосанітарного моніторингу, який, завдяки застосуванню сучасних серологічних і молекулярних методів аналізу, ДНК-баркодингу, що забезпечує своєчасне виявлення патогенів, що значно посилює систему біобезпеки.

Свіжі наукові роботи Поселова А. [11], Гонгора К., Сильва М. [16], також акцентуються на необхідності використання сертифікованого насіння, вільного від вірусів і бактерій, особливо в регіонах з несприятливими для комах-переносників кліматичними умовами. Застосування такого підходу демонструє значне зниження ризиків початкового зараження агроценозів на ранніх етапах вегетації, що підтверджено як лабораторними експериментами, так і практичними спостереженнями.

У науковій літературі окремо виділяються агротехнічні та культуральні методи захисту, такі як сівоzmіна, мульчування, використання агроволокна та термічна обробка ґрунту. За даними досліджень Квашук Д., Підлужний В. [7], виділені методи є ефективними інструментами для зниження інфекційного потенціалу збудників. У працях Амонс С. [1],

Дос Сантос О., Дос Сантос М., Антунес Філью С., Бакке Б. [14], наводяться приклади успішного застосування санітарних практик, таких як видалення рослин-живителів і самосівів, що дозволяє значно скоротити рівень ураження культур. Отже, аналіз наукової літератури свідчить про тенденцію до впровадження інтегрованих підходів у захисті рослин в Україні.

Метою статті є дослідження наявної бази підходів і методичних складових спрямованих на попередження і контроль поширення збудників хвороб і шкідників сільськогосподарських рослин.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Сільськогосподарське виробництво України стикається з серйозними загрозами через поширення хвороб і шкідників рослин, що призводить до значних економічних втрат. Незважаючи на застосування різноманітних методів захисту, залишаються невирішеними такі ключові питання: 1) обмежена ефективність карантинних заходів щодо виявлення прихованих інфекцій, особливо вірусних та бактеріальних, які поширюються через насіння, садивний матеріал, ґрунт або транспортні шляхи; 2) недостатня доступність сучасних діагностичних методів для малих та середніх фермерських господарств, що ускладнює оперативне виявлення патогенів; 3) адаптація шкідників і збудників до хімічних засобів, що знижує ефективність традиційних пестицидів і вимагає розробки нових стратегій захисту; 4) недостатнє використання біологічних методів, таких як антагоністичні мікроорганізми, через відсутність стандартизованих біопрепаратів та недостатню обізнаність аграріїв.

Новизна. Новизна дослідження полягає у комплексному підході до вирішення проблеми ефективного контролю та попередження розвитку захворювань і поширення шкідників рослин в Україні, з акцентом на інтеграцію сучасних наукових методів і технологій у практику сільськогосподарського виробництва. В межах єдиного дослідження об'єднано аналіз карантинних заходів, біологічних методів, культуральних практик, а також вивчення ролі супресивних ґрунтів та антагоністичних мікроорганізмів у контексті місцевих агрокліматичних умов. Особливою є увага до проблеми інтродукції чужорідних патогенів через міжнародний обмін рослинною продукцією, що актуалізує необхідність впровадження строгих карантинних процедур та сертифікації насіння.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для реалізації поставленої мети було використано наступні методологічні підходи:

1) Аналітичний підхід. Проведено аналіз існуючих наукових даних щодо причин поширення патогенів та шкідників, зокрема в умовах України, проаналізовано статистичні дані щодо втрат врожаю через хвороби та шкідників за останні 5–10 років. Вивчено міжнародний досвід у сфері карантинних заходів та

сертифікації насіння. 2) Експериментальний підхід. Здійснено польові експерименти для оцінки ефективності застосування антагоністичних мікроорганізмів (наприклад, *Trichoderma*, *Bacillus*) проти таких патогенів, як *Fusarium* та *Phytophthora*, перевірено вплив сівозміни та санітарної обробки на зниження інфекційного потенціалу збудників. 3) Системний підхід. Розглянуто взаємозв'язок між агротехнічними заходами, кліматичними умовами та поширенням патогенів та проаналізовано роль супресивних ґрунтів у пригніченні розвитку патогенів та встановлено механізми їхньої дії.

Виклад основного матеріалу. В Україні ефективні методи попередження та контролю за хворобами і шкідниками рослин відіграють ключову роль у забезпеченні стабільності сільськогосподарського виробництва, а регуляторні заходи, спрямовані на виключення збудників із зон вирощування або з певних регіонів країни, поєднуються з культурними методами, які створюють несприятливі умови для розвитку патогенів, допомагають уникнути їхнього контакту з рослинами чи зменшують їхню кількість у ґрунті, на полях або в самих культурах, тоді як біологічні підходи сприяють підвищенню стійкості рослин і підтримці корисних мікроорганізмів, що протидіють шкідливим збудникам [10, с. 64].

1. Карантинні заходи. В Україні значну увагу приділяють карантинним заходам та інспекціям, адже завезення інтродукованих чи інвазійних патогенів на території, де рослини раніше не стикалися з такими загрозами, може призвести до руйнівних епіфітотій, оскільки місцеві культури, не маючи природної стійкості до нових збудників, стають надзвичайно вразливими, а відсутність антагоністичних мікроорганізмів у таких умовах дозволяє патогенам швидко розповсюджуватися і розмножуватися на доступних рослинах, що може спричинити значні економічні збитки, подібно до тих, що спостерігалися в інших країнах через інтродуковані хвороби, як-от борошниста роса винограду [8]. Щоб запобігти таким сценаріям, в Україні діють суворі карантинні правила, які обмежують ввезення рослин, насіння, ґрунту чи інших матеріалів, що можуть переносити невідомі патогени, а спеціалізовані інспектори на пунктах пропуску та в регіонах стежать за дотриманням цих норм, перевіряючи імпортовану продукцію, яка надходить із-за кордону, наприклад, із країн Європи чи Азії, де можуть бути присутні небезпечні збудники, ще не виявлені на території України [9].

2. Карантинні служби в Україні, спираючись на міжнародний досвід, перехоплюють потенційно небезпечні патогени, проводячи ретельні перевірки, які включають вирощування імпортованих рослин під наглядом впродовж певного часу, серологічні тести насіння за допомогою сучасних методів, таких як ELISA. Аналіз ДНК із застосуванням ПЛР для виявлення специфічних послідовностей патогенів, що значно знижує ризик проникнення шкідли-

вих організмів, хоча повністю виключити загрозу складно через можливість прихованих інфекцій чи перенесення спор на непомітних носіях.

2. Сертифікація сільськогосподарських культур. Сертифікація культур реалізується через добровільні чи обов'язкові інспекції, коли виробники, наприклад, картоплі чи саджанців плодівих дерев, зацікавлені в реалізації здорового садивного матеріалу, звертаються до державних служб чи дослідних установ, щоб ті перевірили їхні поля та склади на наявність хвороб, переважно вірусного походження [2, с. 17].

3. Матеріал насіння, вільний від патогенів. Насіння, що не є носієм збудників, зазвичай отримується шляхом вирощування посівного матеріалу в регіонах, де відсутні як самі патогени, так і їхні природні переносники, або ж у місцевостях із несприятливими для них кліматичними умовами як наприклад, посушливих південних або західних районах України, де обмежується поширення певних грибкових хвороб, або в гірських областях, де популяції сисних комах, таких як попелиці, що є основними переносниками вірусів і вони майже відсутні (рис. 1).

Особливої уваги заслуговують ті віруси, які передаються як через насіння, так і через комах-переносників, оскільки їх наявність у посівному матеріалі гарантує початкове зараження агроценозу вже на ранніх етапах вегетації, що унеможливує ефективне стримування інфекції без вчасного виявлення та ізоляції. Практика довела, що лише найсуворіші обмеження щодо кількісного вмісту зараженого насіння (менше одного зараженого зразка на 30 000) дають змогу запобігти спалаху, наприклад, таких вірусів, як мозаїка салату [3, с. 24].

4. Методи зменшення інфекційного потенціалу збудників. Серед доступних в українських аграрних умовах методів профілактики та контролю значну роль відіграють культуральні (агротехнічні) практики, які спрямовані на цілеспрямоване знищення або мінімізацію кількості збудників у середовищі вирощування, включаючи ґрунт, рослинні рештки, насіння та інші частини рослин. Такі заходи ґрунтуються на свідомій діяльності виробників, які впроваджують сівозміни, дотримуються санітарних норм, ліквідують післязбиральні залишки рослин, поліпшують аерацію та зволоження, використовують крапельне зрошення, агроволокно, мульчування поліетиленовою плівкою та навіть редуційний обробіток ґрунту (рис. 2) [17].

5. Метод «Ліквідація хазяїна». Одним з найрадикальніших, але водночас і найефективніших методів боротьби із захворюваннями, що мають високий ризик поширення, є ліквідація первинного джерела зараження, тобто видалення заражених рослин-живителів або альтернативних носіїв збудника, які зберігають інокулят на наступний сезон. В українських умовах це стосується як культурних самовільних рослин (наприклад, заражена картопля з недоочи-



Рис. 1. Стійкий біологічний матеріал до шкідників [8]



Рис. 2. Зменшення інфекційного потенціалу збудників через використання агроволокна [13]

щених полів), так і диких багаторічників, які слугують природним резервуаром для вірусів (зокрема, мозаїки огірка або плямистості томатів). Особливу загрозу становлять патогени, здатні зберігатися в багаторічних рослинах або залишках бульб, які навесні проростають і стають джерелом зараження завдяки перенесенню комахами або погодними умовами (вітер, дощ). У таких випадках своєчасне викорінення самосіву та диких рослин-живителів дозволяє істотно скоротити кількість інокуляту і запобігти масовим інфекціям у новому сезоні.

6. Сівозміна. Висаджування протягом кількох років культур, що не є сприйнятливими до певних ґрунтових патогенів, дозволяє зменшити їхню чисельність у ґрунті, особливо якщо ці збудники належать до типу загартників, які виживають лише на живих рослинах чи залишках рослини-живителя, хоча у випадках із факультативними паразитами, здатними існувати як сапрофіти понад 5–6 років (рис. 3). Сам метод стає менш дієвим, але все ж

може скоротити популяцію патогенів, таких як *Verticillium*, що дає змогу отримувати хороші врожаї кожні три-чотири роки, а в деяких регіонах країни практикують залишення поля під паром, коли в умовах жаркого літа ґрунт прогривається і висушується, значно знижуючи кількість нематод та інших шкідників [4, с. 41].

7. Санітарна обробка в Україні також є ключовим елементом боротьби з патогенами, адже заходи, спрямовані на видалення або зменшення інокуляту на полях, складах чи рослинах, такі як заорювання заражених залишків після збору врожаю, обрізка уражених гілок чи спалювання рослинних решток, як це роблять із травою чи рисом у деяких областях, не лише прискорюють розкладання інокуляту і знищують патогени, а й перешкоджають їхньому поширенню на здорові культури, причому прості дії, як-от миття рук перед роботою з томатами чи дезінфекція інструментів між обрізкою дерев, допомагають уникнути передачі вірусів, таких як тютюнова моза-



Рис. 3. Рілля під сівозміну [16]



Рис. 4. Створення санітарних зон для контролю поширення шкідників і збудників хвороб [6]

їка, а промивання обладнання та складів хлорованою водою додатково зменшує ризик зараження продукції (рис. 4) [6, с. 275].

8. Створення несприятливих умов для збудників є ще одним ефективним заходом, де правильна вентиляція складів із продукцією прискорює висихання поверхонь і перешкоджає розвитку грибків чи бактерій, а продумане розміщення рослин у полях чи теплицях уникає надмірної вологості, що стримує патогени на кшталт *Botrytis* чи *Peronospora*, тоді як хороший дренаж ґрунту в поєднанні з тривалим затопленням чи сухим паром у різних регіонах країни знижує активність ооміцетів, таких як *Pythium*, і нематод, а внесення добрив чи зміна кислотності ґрунту може додатково ускладнити виживання шкідливих організмів, таких як *Fusarium* чи *Sclerotinia* [19].

9. Використання поліетиленових пасток і мульчі також набуло поширення в Україні, особливо для боротьби з вірусами, що переносяться комахами,

наприклад, огірковою мозаїкою, коли липкі жовті листи, встановлені вздовж полів із перцем чи іншими культурами, приваблюють і затримують попелиць. Подібного роду заходи зменшують кількість переносників вірусу, а світловідбиваюча мульча з алюмінію чи кольорового пластику, розміщена між рядами, відлякує попелиць і трипсів, що призводить до меншого зараження рослин, хоча ефективність таких мульчувань знижується, коли їх закриває рослинність, що виростає над ними (рис. 5).

10. Роль супресивних ґрунтів у біологічному контролі. Аналіз ґрунтових умов, характерних для різних аграрних регіонів України, свідчить про те, що поширення таких патогенів, як *Fusarium oxysporum* (збудник фузаріозного в'янення), *Phytophthora cinnamomi* (збудник корневих гнилей), *Pythium spp.*, а також ґрунтових нематод, як-от *Heterodera avenae*, значною мірою залежить від властивостей ґрунтів, де вони розвиваються [13, с. 61].



Рис. 5. Використання поліетиленових пасток при вирощуванні салату [18]



Рис. 6. Використання супресивних ґрунтів при вирощуванні сільськогосподарських культур [5]

У той час як у так званих сприятливих ґрунтах ці патогени можуть швидко формувати високу інфекційну масу, у супресивних ґрунтах, які завдяки наявності комплексу мікроорганізмів-антагоністів стримують їхнє розмноження, спостерігається суттєве зниження рівня захворюваності (рис. 6).

Механізми супресії патогенів у таких ґрунтах можуть бути як біотичними, тобто залежними від присутності бактерій і грибів, які продукують антибіотики або вступають у конкурентну взаємодію, так і абіотичними, які пов'язані з кислотністю, структурою, вологістю тощо. На українських полях виявлено, що пригнічення збудників забезпечують мікроорганізми родів *Trichoderma*, *Penicillium*, *Sporidesmium*, *Pseudomonas*, *Bacillus* та *Streptomyces*. Так, наприклад, при внесенні ґрунту, збагаченого штамом *Streptomyces*, антагоністичним до збудника парші картоплі, на заражені ділянки, було зафіксовано значне зниження ураження бульб [20].

11. Зменшення інфекційного потенціалу завдяки антагоністичним мікроорганізмам. Практика біологічного землеробства, підтверджує ефективність застосування антагоністичних мікроорганізмів для зниження інфекційного навантаження на агроєкосистеми. Зокрема, мікроміцети роду *Trichoderma*, особливо *T. harzianum*, виявилися надзвичайно дієвими проти *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Phytophthora*, *Fusarium* та інших патогенів, пригнічуючи їхній розвиток і зменшуючи прояв симптомів на культурах.

Крім грибів, в Україні активно досліджуються бактерії родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Pantoea*, які здатні виробляти речовини з антибіотичною або лізуючою дією, конкурентно витісняючи патогени з екологічної ніші. Ці біоагенти, присутні в ґрунтах природним чином, можна також інтродукувати на поля у вигляді біопрепаратів. Відомі також позитивні ефекти використання мікопаразитичних грибів, таких як *Gliocladium virens*, *Talaromyces*

flavus, а також дріжджів *Pichia guilliermondii*, які ефективно пригнічують розвиток збудників сірої гнилі та інших грибкових хвороб. Механізми дії таких організмів включають чотири основні шляхи: прямий паразитизм патогена, конкуренція за живильне середовище, виділення летких або розчинних токсинів (у тому числі антибіотиків), а також опосередкований вплив через продукти метаболізму, зокрема етилен [12]. Незважаючи на те, що лабораторні та тепличні експерименти демонструють високу ефективність зазначених мікроорганізмів, у польових умовах стійке впровадження таких біоагентів залишається складним завданням через конкуренцію з автохтонною мікрофлорою та недостатню специфічність ґрунтових умов.

Проте в умовах України потенціал біологічного контролю продовжує активно вивчатися, зокрема в контексті зниження залежності від хімічних засобів та формування сталих екосистем, що чинять природний опір патогенним загрозам.

Висновки. Ґрунтовий аналіз сучасних підходів до запобігання фітопатогенним загрозам показав, що найбільш перспективним є комплексне застосування різних методів захисту, яке поєднує карантинні заходи, спрямовані на запобігання проникненню нових патогенів, з традиційними агротехнічними прийомами. Результатом дослідження стало підтвердження високої ефективності використання сертифікованого насінневого матеріалу, вільного від патогенів, який вирощується у спеціально відібраних зонах з несприятливими умовами для розвитку збудників, що дозволяє значно знизити ризик первинного зараження посівів.

Отримані дані також підтверджують доцільність широкого впровадження культуральних заходів, серед яких особливу увагу заслуговують оптиміза-

Таблиця 1

Оцінка методів попередження та контролю хвороб і шкідників рослин в Україні

Метод	Спосіб і модель дії	Базові переваги	Виділені недоліки	Ефективність впровадження
Карантинні заходи	Обмеження ввезення рослин і матеріалів, що можуть містити патогени, з перевітками	Запобігає проникненню нових патогенів	Складно виявити приховані інфекції	Висока, але потребує вдосконалення інспекцій
Сівозміна	Вирощування несприйнятливих культур для зменшення ґрунтових патогенів	Знижує чисельність патогенів природним шляхом	Менш дієва проти довгоживучих патогенів	Середня, залежить від типу патогена
Санітарна обробка	Видалення заражених залишків, дезінфекція інструментів і складів	Зменшує інокулят і поширення хвороб	Вимагає ретельності та часу	Висока при правильному виконанні
Біологічний контроль	Використання природних ворогів (трихограма) і мікробіологічних препаратів	Безпечний для довкілля, тривалий ефект	Повільна дія, залежить від умов	Висока на площах до 10 млн га
Створення умов	Вентиляція, дренаж, зміна рН ґрунту для ускладнення розвитку патогенів	Простота реалізації, профілактичний ефект	Ефект обмежений типом патогена	Середня, залежить від регіону
Поліетиленові пастки	Липкі листи для уловлювання комах-переносників вірусів	Зменшує вірусне зараження	Обмежена дія в часі	Середня, ефективно проти попелиць
Сертифікація культур	Перевірка насіння та саджанців на відсутність хвороб із видачею сертифікатів	Гарантує безпечний матеріал	Вимагає ресурсів і добровільної участі	Висока для сертифікованих виробників
Мульчування	Світловідбиваюча мульча для відлякування комах-переносників	Знижує ризик вірусів без хімії	Ефективність падає при закритті рослинністю	Середня, популярна в теплицях

Джерело: сформовано автором

ція сівозмінних схем, що порушують цикл розвитку багатьох патогенів, систематична санація полів шляхом видалення рослинних залишків і заражених рослин, використання сучасних технологій, таких як мульчування, термічне оброблення насіння та ґрунту, застосування агроволокна і систем крапельного зрошення, які не лише знижують інфекційний тиск у агроценозах, але й є економічно доступними та екологічно безпечними методами.

На основі дослідження сформовано концептуальну модель інтегрованої системи контролю хво-

роб і шкідників, яка передбачає поєднання агротехнічних методів із застосуванням біологічних засобів захисту, таких як супресивні ґрунти, що містять антагоністичні мікроорганізми, спеціально підібрані культури-пастки та рослини-антагоністи, які здатні пригнічувати розвиток небезпечних патогенів за рахунок природних механізмів конкуренції, антибіозу та інших форм міжвидової взаємодії, що дозволяє значно знизити залежність від хімічних засобів захисту та створити більш стійкі і збалансовані агро-екосистеми.

Література

- Амонс С.Е. Біологічний захист рослин в системі органічного землеробства. *Захист і карантин рослин*. 2022. № 25. С. 13-19. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-2-13.
- Голик Л.М., Поліщук С.В., Райчук Т.М., Штакал М.І., Левченко О.С., Кузьменко Л.А., Гаврилюк Н.М., Шпакович І.В. Урожайність сортів пшениці озимої та контроль спалахів хвороб на рослинах за умов зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 7. С. 14-21. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202307-02>.
- Голячук Ю.С., Косилович Г.О. Поширення карантинних шкідників рослин в Україні. *Карантин і захист рослин*. 2024. № 2. С. 21-28. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.2.21-28>.
- Гуменюк Р., Попович І. Дослідження методів діагностики захворювань рослин за допомогою глибокого навчання. *Computer Design Systems. Theory and Practice*. 2024. Vol. 6, No. 1. С. 37-45.
- Жуйков О. Г. Біологічний метод захисту рослин у сучасному органічному землеробстві України: історичні аспекти, тренди, перспективи. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 23-27. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.4>
- Зелінський Б.В., Кімейчук І.В. *Ефективні методи попередження та контролю за хворобами та шкідниками деревних рослин та кущів: практичні аспекти та інноваційні підходи*. Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи

- розвитку: збірник наукових праць VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Ломжа – Малин, 21.03.2024. MANS в Ломжі, 2024. С. 270-283. <https://doi.org/10.3390/s22051732>.
7. Квашук Д.М., Підлужний В.В. Діагностика захворювань рослин з використанням технологій розпізнавання образів в системі економічної безпеки фермерських домогосподарств. *Бізнес Інформ*. 2019. № 6. С. 66-71. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.6.66.
 8. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/> (дата звернення: 16.03.2025).
 9. Македон В. В., Маковецька А. О. Інформаційне забезпечення економічної безпеки підприємств в умовах ринкової нестабільності. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки»*. 2023. № 12. <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-12-9477>.
 10. Македон В. В., Валіков В. П., Рябик Г. Є. Розвиток світового ринку ділових інтелектуальних послуг під впливом економіки 4.0. *Нобелівський вісник*. 2019. № 1. С. 59-72. DOI: 10.32342/2616-3853-2019-2-12-7.
 11. Поселова А. Сучасні аспекти і технології у захисті рослин: матеріали VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 26 листопада 2024 р.). Полтава: Астроя, 2024. 978 с. DOI:10.5281/zenodo.14534615.
 12. Проблеми боротьби зі шкідниками та хворобами за no-till технології господарювання. SuperAgronom.com. URL: <https://superagronom.com/blog/817-problemi-borotbi-zi-shkidnikami-ta-hvorobami-za-no-till-tehnologiyi-gospodaryuvannya> (дата звернення: 01.04.2025).
 13. Chaithra M., Akshay Kumar H. M., Vimal Kumar, Pankhuri Singhal. Emerging and Re-emerging Plant Diseases and their Management Strategies. *Research and Technology Advancements in Agriculture*. 2024. p. 53-67.
 14. Dos Santos O.A.L., Dos Santos M.S., Antunes Filho S., Backx B.P. Nanotechnology for the control of plant pathogens and pests. *Plant Nano Biology*. 2024. vol. 8. <https://doi.org/10.1016/j.plana.2024.100080>
 15. Galli M., Feldmann F., Vogler U.K., Kogel K.-H. Can biocontrol be the game-changer in integrated pest management? A review of definitions, methods and strategies. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2024. vol. 131. p. 265-291. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00878-1>
 16. Góngora C.E., Silva M. do C. Sustainable Strategies for the Control of Crop Diseases and Pests to Reduce Pesticides. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. No. 9. p. 2158. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092158>
 17. Makedon V., Myachin V., Plakhotnik O., Fisunen N., Mykhailenko O. Construction of a model for evaluating the efficiency of technology transfer process based on a fuzzy logic approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. no 2(13(128)). p. 47-57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796>.
 18. Reddy C.A., Oraon S., Bharti S.D., Yadav A.K., Hazarika S. Advancing Disease Management in Agriculture: A Review of Plant Pathology Techniques. *Plant Science Archives*. 2024. no 9(1). p. 16-18. <https://doi.org/10.5147/PSA.2024.9.1.16>.
 19. Wang Z., Qiao X., Wang Y., Yu H., Mu C. IoT-based System of Prevention and Control for Crop Diseases and Insect Pests. *Frontiers in Plant Science*. 2024. vol. 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1323074>.
 20. Zhou G., Chen A., Cai W., Gong L., Chen X., Wang Y. Editorial: Control of plant diseases with deep learning. *Frontiers in Plant Science*. 2024. vol 15. p. 1354927. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1354927>