

Фітосанітарна безпека. 2022. Вип. 68.

УДК: 543.544 + 632.911

DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.3-26>

<sup>1</sup>О.І. БОРЗИХ, доктор сільськогосподарських наук

<sup>1</sup>Л.І. БУБЛИК, доктор сільськогосподарських наук

<sup>2</sup>М.В. ГУНЧАК, кандидат сільськогосподарських наук

<sup>1</sup>Л.Л. ГАВРИЛЮК, кандидат сільськогосподарських наук

<sup>1</sup>О.В. ШЕВЧУК, кандидат сільськогосподарських наук

<sup>1</sup>О.Г. ВЛАСОВА, кандидат сільськогосподарських наук

<sup>1</sup>Інститут захисту рослин НААН,

вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна,

<sup>2</sup>Українська науково-дослідна станція карантину рослин

Інституту захисту рослин НААН, вул. Наукова, 1, с. Бояни

Чернівецького р-ну, Чернівецької обл., 60321, Україна

e-mail: [lbublik41@gmail.com](mailto:lbublik41@gmail.com), [gunchak00@ukr.net](mailto:gunchak00@ukr.net)

## **ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПЕСТИЦИДІВ, РОЗРОБКА ТА АДАПТАЦІЯ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ВІД ШКІДНИКІВ ТА ХВОРОБ ДО ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ АГРОЦЕНОЗУ**

---

**Мета.** Екотоксикологічне та економічне обґрунтування біологічної системи захисту яблуні від шкідників та хвороб, її оптимізація та адаптація до погодних умов і фітосанітарного стану яблуневого агроценозу в Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України задля зменшення втрат урожаю та покращення його якості. **Методи.** Фітосанітарний моніторинг проводили візуально та за допомогою феромонних пасток. Ступінь небезпечності застосування пестицидів

оцінювали за інтегральною 7-ступеневою шкалою, ризик — за агроекотоксикологічним індексом (АЕТИ). **Результати.** За даними моніторингу фітосанітарного стану яблуневого агроценозу в 2015—2017 рр. розроблено науково-методологічні параметри екологічно безпечних і економічно ефективних систем захисту яблуні біологічної та біолого-хімічної, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України. Системи базуються на 7-ми обробках біологічними або хімічними й біологічними препаратами у критичні для розвитку шкідливих організмів фенофази культури. Ефективність біологічної системи проти шкідливих організмів становила 65,7—72,8%, біолого-хімічної — 66,4—96,5%. Показано, що заміна низки хімічних обробок на біологічні дає можливість мінімізувати негативний вплив пестицидів на яблуневий агроценоз. **Висновки.** Розроблено модель екологічно-безпечного захисту яблуневого саду від комплексу шкідливих організмів. Показано, що сучасний асортимент біологічних засобів захисту дає змогу розробити систему, яка забезпечує ефективний захист яблуневого саду від комплексу хвороб та шкідників. Розрахунки показали, що більш ефективною за рівнем рентабельності за роки досліджень була система біолого-хімічного захисту (71,4—127,23%). Прибуток, отриманий від застосування даної системи, становив від 49 898,9 до 107 586,4 грн/га.

**яблуня; фітосанітарний стан; біопрепарати; пестициди; небезпечність; екоотоксикологічні нормативи та регламенти; зональні системи захисту; економічна ефективність**

Садівництво — важлива галузь національної економіки України, що має велике значення для Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України. У структурі багаторічних насаджень найбільш поширеними є насадження яблуні, частка яких становить понад 70%. За даними Державної служби статистики України площа плодоносних насаджень яблуні в Україні в 2021 р. становила 84,4 тис. га, в тому числі на території Чернівецької області — 15,4 тис. га із загальним валовим збором 265,4 тис. т за врожайності 17,2 т/га, що значно вище за середні показники по Україні (15,1 т/га) [1]. Плоди за якістю є конкурентоспроможними на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Екологічні проблеми захисту яблуневих насаджень зумовлені особливостями агроекосистеми: монокультурний характер вирощування багаторічних насаджень створює постійно високий інфекційний фон. У ланцюгу живлення «плодові дерева — фітофаги — хижаки та паразити» найбільш вразливою ланкою до абіотичних, біотичних та антропоічних чинників є рослина.

В умовах стрімких кліматичних змін, особливо в останні роки, основною екологічною і виробничою проблемою в аграрному секторі економіки залишається збереження родючості земельних ресурсів та

збільшення їхньої продуктивності. Інтенсивне потепління спостерігається в Україні з 1988 р. і особливо відчутне в зимові місяці. Зміни клімату в Україні проявились через вирівнювання та підвищення середньорічної температури, збільшення суми ефективних температур, подовження вегетаційного періоду, ґрунтові та повітряні посухи в період росту і дозрівання плодів. По всій території зменшилися показники гідротермічного коефіцієнта (ГТК) та здатності до самоочищення ( $\dot{I}_{\text{зон}}$ ), особливо в умовах Лісостепу [2]. Цю тенденцію підтверджують результати досліджень у Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України у 2015—2020 рр. Кліматичні умови за роки досліджень відрізняються від середніх багаторічних показників більшою контрастністю. Зими з різкими перепадами температур (від відлиги до морозів) та заморозки в період «цвітіння» впливають на продуктивність садів регіону й погіршують їхній фітосанітарний стан.

Сучасні системи захисту яблуневого саду від шкідників та хвороб базуються на інтенсивному застосуванні хімічних препаратів, включають в середньому 15—18 обробок високотоксичними фунгіцидами та інсектицидами [3]. За використання таких систем захисту знищується корисна ентомофауна та виникає резистентність у шкідливих організмів до пестицидів. Застосування пестицидів призвело до порушення природних біоценозів і зниження процесів саморегуляції, появи нових економічно значущих шкідників. Виникла потенційна загроза здоров'ю людини і непередбачуваних наслідків [4—5]. Внаслідок цього, особливістю стратегії систем захисту має бути екологічне регулювання чисельності шкідливих організмів за максимального використання біологічних засобів, зниження кількості хімічних обробок, вдосконалення асортименту пестицидів [4—7].

Сільськогосподарська наука в усьому світі визнає використання хімічного захисту рослин як одного із методів управління якістю агроценозів, який враховує економічну доцільність та екологічну безпеку. Наукові основи захисту рослин від шкідливих організмів в агроценозах розроблені вченими Інституту захисту рослин у ХХ сторіччі і продовжують удосконалюватися в ХХІ.

Інтегровану систему захисту рослин розглядають як розвиток комплексних заходів з управління агроценозом та популяціями шкідливих та корисних видів з метою зменшення втрат урожаю, покращення його якості, оптимізації застосування хімічних засобів за рахунок доступних методів і заходів профілактичного характеру, а також за рахунок уточнення критеріїв і способів застосування пестицидів [8—9].

Рациональне використання пестицидів може здійснюватися в тих інтегрованих системах захисту рослин, в яких враховуються екологічні особливості шкідливих та корисних організмів, а застосування

хімічних засобів проводиться з урахуванням збереження останніх. При цьому важливим є ефективне використання хімічних препаратів з біологічними засобами захисту в конкретних умовах [8, 10].

Проблеми отримання екологічно чистої сільськогосподарської продукції та оздоровлення навколишнього середовища потребують розробки екологічно безпечних систем інтегрованого захисту рослин, які базуються на переважному використанні біологічних засобів, систем спрямованих на активізацію природних захисних сил агробіоценозів, зниження резистентності шкідливих комах до пестицидів. Серед біологічних методів і безпечних засобів захисту рослин велике місце відводиться біорациональним препаратам, створеним на основі біологічно активних речовин, виділених з рослин або комах і їх синтетичним аналогам: препаратам гормональної природи, інгібіторам синтезу хітину (регуляторам росту, розвитку і розмноження комах), феромонам, атрактантам, репелентам, детерентам (регуляторам поведінки комах), стимуляторам росту та стійкості рослин проти хвороб і шкідників, рослинним екстрактам і маслам, уловлювачам з біофізичними атрактантами, натуральним хімічним засобам зі зниженою токсичністю [4—5, 11—15].

Назріла необхідність переходу до адаптивного садівництва та удосконалення всіх елементів технології вирощування яблуні, зокрема зональних системи захисту від шкідливих організмів [8, 16—18].

**Мета досліджень** полягала в екотоксикологічному та економічному обґрунтуванні біологічної системи захисту яблуні від шкідників та хвороб, її оптимізації та адаптації до погодно-кліматичних умов і фітосанітарного стану яблуневого агроценозу в Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України задля зменшення втрат урожаю та покращення його якості.

**Методика досліджень.** Роботу виконували впродовж 2015—2017 років в Інституті захисту рослин Національної академії аграрних наук України (ІЗР НААН) в лабораторії аналітичної хімії пестицидів, в Українській науково-дослідній станції карантину рослин ІЗР НААН (УкрНДСКР ІЗР) в лабораторії органічного землеробства та біоенергетичних культур.

Дослідження проводили в плодкових садах УкрНДСКР ІЗР (Чернівецька обл., с. Бояни Новоселицького р-ну), Державного підприємства «Дослідного господарства Придністровської дослідної станції садівництва Інституту садівництва НААН» (Чернівецька обл., с. Звениччин Заставнівського р-ну) та на базі господарств (ПП Збіра І.Р. та СФГ «Бояни-Глинниця»), які займаються вирощуванням яблуневої продукції. Досліджували за загальноприйнятими методиками [4, 19].

Фітосанітарний моніторинг проводили візуально та за допомогою феромонних пасток [4]. Класифікацію пестицидів за полярністю і ве-

личиною дипольного моменту, визначення залишків, вивчення процесів детоксикації пестицидів у яблуневому агроценозі проводили з використанням фізико-хімічних методів аналізу. Ступінь небезпечності застосування пестицидів оцінювали за інтегральною 7-ступеневою шкалою, ризик — за агроекотоксикологічним індексом (АЕТІ) [2, 8].

**Результати досліджень та обговорення.** Сучасна стратегія застосування пестицидів заснована на співвимірюванні їх властивостей та навантаження зі здатністю агроценозів до самоочищення, тобто включення пестицидів у біотичний кругообіг елементів [8]. Прогнозування забруднення яблуневих агроценозів пестицидами та розробка заходів щодо запобігання негативних наслідків (порушення природних біоценозів і зниження саморегуляції, поява нових економічно значущих шкідників, знищення корисної флори й фауни, резистентність у шкідливих організмів, забруднення урожаю та накопичення в ґрунті залишкових кількостей, потенційна загроза здоров'ю людини) можливі лише за глибокого розуміння механізмів токсичної дії на живі організми, взаємодії пестицидів з об'єктами навколишнього середовища, встановлення критеріїв оцінки цих процесів для формування екологічно безпечного асортименту, нормування та регламентів їх застосування.

Оцінку екологічного ризику систем хімічного захисту яблуні від шкідливих організмів проводили за агроекотоксикологічним індексом (АЕТІ) [2, 8]:

$$\text{АЕТІ} = \frac{10V(1+V)^3}{(1+V)^4 + 5000}, \quad (1)$$

де  $V$  — прогнозоване забруднення пестицидами сільськогосподарського ландшафту (умовних кг/га).

За АЕТІ ризик характеризували за 10-бальною шкалою: 0—1 — малонебезпечний, 1—4 — середньонебезпечний, 4—8 — підвищеної небезпечності, 8—10 — високонебезпечний. Модель відображає хвилеподібну залежність ризику від пестицидного навантаження, їх властивостей та толерантності агроценозу. Спочатку з ростом навантаження крива повільно піднімається до порогового значення — 4 умовних кг/га. На цьому відрізку масове навантаження пестицидів співвимірюється зі здатністю агроценозу до самоочищення, а АЕТІ має значення від 0 до 1. Далі створюється «хвиля», коли ризик зростає пропорційно збільшенню навантаження. Висота «хвилі» лімітується потенційними можливостями виживання фауни та збереження гігієнічних нормативів якості продукції: максимально допустимий рівень в урожаї, продуктах харчування (МДР, мг/кг); гранично допустима концентрація в ґрунті, воді, повітрі (ГДК, мг/кг, мг/л, мг/м<sup>3</sup>); строки очікування до збирання урожаю.

Прогнозоване забруднення ( $V$ , умовних кг/га) залежить від сезонного навантаження пестицидів на одиницю площі ( $\Sigma H$ , кг/га), середньозваженого ступеня небезпечності застосованого асортименту ( $Q$ ) і розраховується за формулою:

$$V = \frac{\Sigma H}{k \cdot \dot{I}_{\text{зон}} \cdot Q}, \quad (2)$$

де  $\dot{I}_{\text{зон}}$  — зональний індекс здатності території до самоочищення (оцінюється за шкалою від 0 до 1);  $k$  — коефіцієнт абсорбційної властивості листової поверхні, який змінюється залежно від типу культури і для польових культур становить 1, для плодового саду — 3.

Відповідно модель набуває вигляду:

$$\text{АЕТІ} = \frac{10 \frac{\Sigma H}{k \cdot \dot{I}_{\text{зон}} \cdot Q} \left(1 + \frac{\Sigma H}{k \cdot \dot{I}_{\text{зон}} \cdot Q}\right)^3}{\left(1 + \frac{\Sigma H}{k \cdot \dot{I}_{\text{зон}} \cdot Q}\right)^4 + 5000}. \quad (3)$$

Плануючи хімічні заходи слід добирати асортимент пестицидів та норму їх витрати на одиницю орної площі з таким розрахунком, щоб значення АЕТІ були як можна меншими й не перевищували 1. Такому значенню АЕТІ відповідає прогнозована доза в розмірі 4 умовних кг/га, тобто має виконуватись обмеження:

$$\frac{\Sigma H}{3 \cdot Q \cdot \dot{I}_{\text{зон}}} \leq 4. \quad (4)$$

У плодovому саду толерантність агроценозу збільшується втричі за рахунок абсорбційної властивості листової поверхні, тому рівняння граничного безпечного навантаження пестицидів набуває вигляд:

$$\Sigma H = 12 \cdot Q \cdot \dot{I}_{\text{зон}}. \quad (5)$$

Таким чином, сезонна доза залежить від середньозваженого ступеня небезпечності ( $Q$ ) та толерантності території ( $\dot{I}_{\text{зон}}$ ).

Для оцінки препаратів за нормою витрати використовували середньозважений ступінь безпеки ( $Q$ ), який розраховували за формулою:

$$Q = (C_{n_1} \times H_1 + C_{n_2} \times H_2 + \dots + C_{n_n} \times H_n) / \Sigma H, \quad (6)$$

де  $C_n$  — ступінь небезпечності пестициду за інтегральною класифікацією;  $H_n$  — норма витрати препарату, кг/га;  $\Sigma H$  — сумарна норма витрати препаратів, кг/га.

Для оцінювання небезпечності застосування пестицидів краще використовувати інтегральний показник — ступінь небезпечності застосування ( $C_n$ ), який враховує як токсиколого-гігієнічний (1—4 клас,

$K_A$ ), так і екотоксикологічний (1—4 клас,  $K_B$ ) аспекти застосування пестициду. Інтегральна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності їх застосування була розроблена в Інституті захисту рослин [2]. Вона представлена шкалою, що містить сім ступенів, які визначають за рівнянням:

$$C_n = (K_A + K_B) - 1. \quad (7)$$

Ступінь небезпечності характеризує пестициди таким чином: 1 і 2 — високонебезпечні, 3 — небезпечні, 4 і 5 — помірно небезпечні, 6 і 7 — малонебезпечні.

Ступінь небезпечності, що характеризує екотоксикологічні властивості сполук, може використовуватися для оновлення їх асортименту за рахунок помірно та малонебезпечних пестицидів, ефективних з малими нормами витрати.

Застосування біологічних препаратів має низку переваг: вибірковість дії та безпечність для ентомофагів і комах-запилювачів; малу вірогідність виникнення резистентності у комах до мікроорганізмів; безпечність для людини та теплокровних тварин; відсутність впливу на смакові якості урожаю; малий термін очікування, можливість застосування у різні фази вегетації рослин; відсутність загрози накопичення токсичних речовин в урожаї, ґрунті та навколишньому середовищі. За токсикологічною оцінкою біопрепарати, як правило, відносяться до малонебезпечних речовин.  $LD_{50}$  для теплокровних становить 6000—15000 мг/кг,  $СК_{50}$  для риб — 500—600 мг/кг. Термін очікування (час від моменту застосування до збирання урожаю) не перевищує 2—3 дні [8].

Індекс самоочищення території ( $I_{зон}$ ) характеризує інтенсивність розпаду пестицидів залежно від ґрунтово-кліматичних умов. Він вимірюється за допомогою балів від 0,1 до 1: дуже інтенсивна — понад 0,8; інтенсивна — 0,8—0,6; помірна — 0,6—0,4; слабка — 0,4—0,2; дуже слабка — менше 0,2. Значення  $I_{зон}$  корелюють із значенням ГТК [2, 8].

Толерантність сільськогосподарських угідь до пестицидного навантаження зумовлена інтенсивністю фізико-хімічних і мікробіологічних процесів детоксикації біологічно активних сполук, яка, в свою чергу, залежить від погодно-кліматичних умов [2, 8].

Протягом останніх 10-ти років зміни клімату пришвидшилися, за вегетаційний період на всій території України значення ГТК та  $I_{зон}$  зменшились. У передгірній провінції зони українських Карпат, де ГТК знизилася з 2,1—2,2 до 0,7—1,3, показник здатності території до самоочищення ( $I_{зон}$ ) за час досліджень дорівнював 0,45—0,65. Відповідно до наведених показників здатність території до самоочищення характеризується як помірна.

Погодні умови за роки досліджень відрізнялись від середніх багаторічних показників більшою контрастністю. При цьому відновлення весняних процесів відбувалося, як правило, на 1—2 тижні раніше, відзначено збільшення тривалості вегетаційного періоду.

За результатами фітосанітарного моніторингу в роки досліджень найбільш поширеними шкідниками були зелена яблунева попелиця (*Aphis pomi* Deg.), садовий павутинний кліщ (*Schisotetranychus pruni* Oudms) та яблунева плодожерка (*Laspeyresia pomonella* L.). Серед них найшкідливішою була яблунева плодожерка, на частку якої припало 38% усіх пошкоджень. Значну шкідливість проявили кліщі, молі, листоблішки, квіткоїд та інші, питома частка яких у шкідливому комплексі склала 30%. Значної шкоди яблуневим деревам завдала зелена яблунева попелиця — 19%.

Система біологічного захисту яблуні від шкідливих організмів включала обробки біопрепаратами, проведені у критичні для розвитку шкідливих організмів фенофази культури (табл. 1). Першу обробку проводили у фенофазу «відокремлення бутонів» біоінсектицидом Натургард, в.р. (1 л/га) та біофунгіцидом Планриз, в.с. (5 л/га). Наступну — у фенофазу «рожевий бутон» біоінсектицидом Лепідоцид, р. за норми витрати 4,0 л/га та біофунгіцидом Бактофіт, з.п. (2,0 кг/га). Ця обробка дозволила знизити чисельність низки шкідників яблуневого саду, зокрема молей, листовійок, попелиць та забезпечила захист насаджень від борошністої роси.

Третю обробку здійснювали у фенофазу «формування плодів» біоінсектицидами Гаупсин, р. (6 л/га) й Мітігейт, в.р. (0,4 л/га) та біофунгіцидом ФітоДоктор, п. (2 кг/га), що дозволило контролювати гусениць яблуневої плодожерки, молей, листовійок та кліщів і стримувати розвиток хвороб яблуні.

У фенофазу «ріст плодів» (плід розміром ліщини) четверту обробку здійснювали біоінсектицидом Бітоксисабацилін-БТУ, р. (7 л/га), біофунгіцидами Триходермін, п. (5 кг/га) та Планриз, в.с. (5 л/га). Вона стримувала шкідливість яблуневої плодожерки, листовійок, молей, кліщів, попелиць на 68,5% та розвиток борошністої роси й парші на 67,9%.

П'яту обробку проводили у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром грецького горіха) біоінсектицидами Гаупсин, р. (6 л/га), Колорадоцид, п. (3 кг/га) й біофунгіцидом ФітоДоктор, п. (2 кг/га). Технічна ефективність біопрепаратів становила 67,5—75,0%.

У третій декаді липня (шоста обробка) насадження обприскували біоінсектицидом Лепідоцид, р. (4 л/га) та біофунгіцидом Триходермін, р. (5 л/га).

Останню, сьому обробку проводили у фенофазу «дозрівання плодів» (кінець серпня) біопрепаратом Гаупсин, р. (6 л/га) для знищення

яблуневої плодожерки та біофунгіцидами Триходермін, р. (5 л/га) і Планриз, в.с. (5 л/га).

Біологічні препарати, які застосовані за ЛД<sub>50</sub>, здебільшого відносяться до малонебезпечних. Урожайність становила 21,0–22,4 т/га, в т.ч. I сорт — 57%, II сорт — 32%, нестандарт — 11%. Технічна ефективність досліджуваної системи захисту яблуні складала у середньому 65,7–72,8% (табл. 1). Система є екологічно безпечною, не несе пестицидного навантаження на довкілля та дозволила на високому рівні захистити яблуневі насадження від шкідників та хвороб.

Разом з тим, існують певні обмеження, що стосуються погодних умов під час застосування біопрепаратів. Найкраще обробки проводити за температури 22–28°C вранці або ввечері за відсутності сонячної інсоляції. Мінімальні пороги для обробок не нижче +16°C. У зв'язку з цим більш доцільно застосовувати біологічні засоби захисту після цвітіння, коли температура повітря підвищується. На початку вегетації яблуні, коли середньодобова температура нижче +16°C, слід використовувати хімічні засоби захисту, адже активність мікроорганізмів за таких умов низька. Крім того, біологічні препарати можна використовувати під час цвітіння.

Система біолого-хімічного захисту яблуні від шкідливих організмів базується на 7-ми обробках хімічними чи біологічними препаратами, за використання феромонних пасток для моніторингу та контролю яблуневої плодожерки (табл. 2).

Першу обробку проводили у фенофазу «зелений конус» хімічними пестицидами — інсектицидом Каліпсо 480 SC, КС (0,3 л/га) та фунгіцидом Скор 250 EC, KE (0,15 л/га)

Наступні обробки з використанням біологічних препаратів здійснювали у фенофази «кінець цвітіння», «ріст плодів» (плід розміром ліщини), «ріст плодів» (плід розміром грецького горіха), «ріст плодів» (друга декада липня), «ріст плодів» (початок першої декади серпня), «дозрівання плодів» (кінець серпня).

Технічна ефективність даної системи захисту яблуні від комплексу шкідників та хвороб становила від 66,4 до 96,5%. За три роки досліджень (2015–2017 рр.) урожайність плодів яблук становила 23,4 т/га, з них 60% — I сорт, 30% — II сорт, 10% — нестандартні плоди.

Суть даної системи захисту полягає в тому, що кількість обробок хімічними засобами захисту зменшується до однієї — низькотоксичними пестицидами, на початку вегетації для знищення зимуючих стадій шкідників та шкідників, які шкодять яблуні на ранніх стадіях, а далі використовують біологічні препарати. Заміна низки хімічних обробок на обробки біологічними препаратами дає можливість суттєво зменшити обсяги застосування хімічних засобів та мінімізувати негативний вплив пестицидів на яблуневий агроценоз.

1. Екотоксикологічні нормативи і параметри біологічної системи захисту яблуку від шкідників та хвороб (2015–2017 рр., яблуневий сад УкрНДДСР ІЗР)

№ п/п	Назва препарату (призначення) вміст діючої речовини	Норма витрати, г, кг, л/га	Максимальна кількість обробок / назва ураженого органа	Об'єкт (ЕПШ)	Технічна ефективність, %	Клас небезпечності за ЛД <sub>50</sub> (К <sub>х</sub> ) <sup>30</sup>
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Відокремлення бутонів / І–ІІ декада квітня</b>					
	Натургард, в.р., екстракт матрину, 0,5% (І)*	1,0	4 / бутони	Листовійки (4–6 гус./100 суцвіть), попелиці (5 колоній/100 квіткових розеток), кліщі (300 екз./100 листків)	71,5	3
	Планриз, в.с., бактерії штаму АР-33 <i>Pseudomonas fluorescens</i> , 3×10 <sup>9</sup> КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша	68,4	4
2	<b>Рожевий бутон / ІІ–ІІІ декада квітня</b>					
	Лепідоцид, р., <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>Kurstaki</i> , 3 серотип, титр 1,5×10 <sup>9</sup> спор/мл (І)	4,0	2 / бутони, суцвіття, листки	Попелиці (5 колоній/100 квіткових розеток), яблунева міль (1 гус./100 листків), листовійки (4–6 гус./100суцвіть)	65,7	4
	Бактеріфіт, з.п., спори бактерії <i>Bacillus subtilis</i> ИПМ-215, титр спор — не менше 2 млрд/г (Ф)	2,0	4 / листки	Борошниста роса	71,0	4
3	<b>Формування плодів / І–ІІІ декада травня</b>					
	Гаупсин, р., бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> В-111 та В-306, титр життєздатних клітин 1×10 <sup>4</sup> /мкг преп. (І-Ф)	6,0	4 / листки, плоди	Яблунева плодожерка (5 метеликів/фером. пастку), яблунева міль (5 колоній/дерево), листовійки (2 гус./100 плодів), попелиці (15 кол./100 листків), кліщі (400 екз./100 листків)	71,2	3

1	2	3	4	5	6	7
	Мітгейт, в.р., рослинний алкалоїд, 200 г/л (А)	0,4	4 / листки	Кліщі (400 екз./100 листків)	70,5	4
	ФітоДоктор, п., бактерії <i>Bacillus subtilis</i> ІМВ В-7100 (26Д), титр життєздатних бактерій — не менше $5 \times 10^9$ /г препарату (Ф)	2,0	3 / листки	Борошниста роса, парша	68,0	4
4	Ріст плодів (плід розміром ліщини) / III декада травня — I декада червня					
	Бітоксинацилін-БТУ, р., життєздатні клітини бактерії <i>Bacillus thuringensis</i> , $1,0 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup> (І)	7,0	2 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку), листовійки (2 гус./100 плодів), попелиці (15 колоній/100 листків)	68,5	3
	Планриз, в.с., бактерії штаму АР-33 <i>Pseudomonas fluorescens</i> , $3 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша	67,9	4
	Триходермін, п., спори гриба <i>Trichoderma viride</i> , штаб Т-23, титр спор 5 млрд КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша, борошниста роса	67,9	4
5	Ріст плодів (плід розміром греського горіха) / II—III декада червня					
	Гаупсин, р., бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> В-111 та В-306, титр життєзд. кл. $1 \times 10^4$ /мкг преп. (І)	6,0	4 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку), листовійки (2 гус./100 плодів), яблунева міль (5 колоній/дереву)	72,8	3

1	2	3	4	5	6	7
	Колорадоид, р., бактерії <i>Bacillus thuringiensis</i> , типр не менше $1 \times 10^9$ КУО/мл (І)	3,0	4 / листки, плоди	Попелиці (15 кол./100 листків), кліщі (700 екз./100 листків)	71,7	4
	ФітоДоктор, п., бактерії <i>Bacillus subtilis</i> ІМВ В-7100 (26Д), типр житгезд. бактерій — не менше $5 \times 10^9$ /г препарату (Ф)	2,0	3 / листки	Борошниста роса, парша	68,0	4
6	<b>Ріст плодів / II—III декада липня</b>					
	Леплоцид, р., <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>Kurstaki</i> , 3 серотип, типр $1,5 \times 10^9$ спор/мл (І)	4,0	2 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку), листовійки (2 гус./100 плодів)	66,1	4
	Триходермін, п., спори гриба <i>Trichoderma viride</i> , штам Г-23, типр спор $5$ млрд КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша, моніліоз	69,5	4
7	<b>Дозрівання плодів / III декада серпня — I декада вересня</b>					
	Гаупсин, р., бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> В-111 та В-306, типр житгездатних клітин $1 \times 10^4$ /мкг препарату (І)	6,0	4 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку)	67,5	3
	Планриз, в.с., бактерії штаму АР-33 <i>Pseudomonas fluorescens</i> , $3 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша, моніліоз	67,0	4

1	2	3	4	5	6	7
	Триходермін, п., спори гриба <i>Trichoderma viride</i> , штам Т-23, титр спор 5 млрд КУО /см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша, моніліоз	67,0	4
Примітка: І — інсектицид, Ф — фунгіцид, А — акарицид						

2. Екотоксикологічні нормативи і параметри біолого-хімічної системи захисту яблуні від шкідників та хвороб, адаптованої до погодно-кліматичних умов Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України в 2015—2017 рр. (яблуневий сад УкрНДСКР ІЗР)

№ п/п	Назва препарату (призначення) вміст діючої речовини, г/л, кг	Норма витрати, г, кг, л/га	Максимальна кількість обробок / назва ураженого органа	Об'єкт (ЕПШ)	Технічна ефективність, %	Сп	Клас небезпечності за ЛД <sub>50</sub> (К <sub>30</sub> )
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Зелений конус / III декада березня — I декада квітня						
	Каліпсо 480 СС, КС тіаклоприд, 480 (І)	0,3	1 / бутони	Попелиці (4—8 яєць/10 см гілок)	96,5	5	3
	Скор 250 ЕС, КЕ дифеноконазол, 250 (Ф)	0,15	4 / листки	Парша, борошниста роса	95,0	5	3
2	Кінець півлітня / III декада квітня — I декада травня						
	Актофіт, к.е., (аверсектин С, 0,2%)	2,0	3 / бутони, суцвіття, листки	Попелиці (5 колоній/100 квіткових розеток), кліщі (300 екз./100 листків)	80,4	—	3

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
	Гаупсин, р., бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> В-111 та В-306, титр життєзд. клітин $1 \times 10^8$ /мкг преп.	6,0	4 / листки, плоди	Яблунева міль (1 гус./100 листків), листовійки (4–6 гус./100суцвітть)	71,0	–	3
	Планриз, в.с., бактерії штаму АР-33 <i>Pseudomonas fluorescens</i> , $3 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup>	5,0	4 / листки	Парша	70,8	–	4
3	<b>Ріст плодів (плід розміром ліщини) / III декада травня — I декада червня</b>						
	Актофіт, к.е., (аверсектин С, 0,2%)	2,0	3 / бутони, суцвіття, листки	Попелиці (15 кол./100 листків), кліщі (400 екз./100 листків)	78,0	–	3
	Лепідоцид, р., <i>Vaccillus thuringiensis</i> var. <i>Kurstaki</i> , 3 серотип, титр $1,5 \times 10^8$ спор/мл	4,0	2 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку), листовійки (2 гус./100 плодів), ябл. міль (5 колоній/дереву)	73,3	–	4
	ФітоДоктор, п., бактерії <i>Vaccillus subtilis</i> ІМВ В-7100 (26Д), титр життєзд. бактерій — не менше $5 \times 10^9$ /г преп.	2,0	3 / листки	Борошнеста роса, парша	68,0	–	4
	Триходермін, п., спори гриба <i>Trichoderma viride</i> , штам Т-23, титр спор 5 млрд КУО/см <sup>3</sup>	5,0	4 / листки	Парша, борошнеста роса	68,0	–	4
4	<b>Ріст плодів (плід розміром грешького горіха) / II—III декада червня</b>						
	Гаупсин, р., бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> В-111 та	6,0	4 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером.	67,5	–	3

1	2	3	4	5	6	7	8
	В-306, титр життєзд. клітин $1 \times 10^4$ /мкг преп. (І)			пастку), листовійки (2 гус./100 плодів), яблунева міль (5 колоній/дереву)			
	Колорадоцид, р., бактерії <i>Vacillus thuringiensis</i> , титр не менше $1 \times 10^9$ КУО/мл (І)	3,0	4 / листки, плоди	Попеліці (15 колоній/100 листків), кліщі (700 екз./100 листків)	71,7	–	4
	Планриз, в.с., бактерії штаму АР-33 <i>Pseudomonas fluorescens</i> , $3 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша	70,2	–	4
	Триходермін, п., спори гриба <i>Trichoderma viride</i> , штам Т-23, титр спор 5 млрд КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша, борошниста роса	67,9	–	4
5	<b>Ріст плодів / II—III декада липня</b>						
	Лепілоцид, р. <i>Vacillus thuringiensis</i> var. <i>Kurstaki</i> , 3 серотип, титр $1,5 \times 10^9$ спор/мл (І)	4,0	2 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку), листовійки (2 гус./100 плодів), яблунева міль (5 колоній/дереву)	69,8	–	4
	ФітоДоктор, п., бактерії <i>Bacillus subtilis</i> ІМВ В-7100 (26Д), титр життєздатних бактерій — не менше $5 \times 10^9$ /г препарату (Ф)	2,0	3 / листки	Борошниста роса, парша	68,9	–	4
6	<b>Ріст плодів / I декада серпня</b>						
	Біоксидацилін-БТУ, р., життєзд. клітини бактерії <i>Vacillus thuringiensis</i> , $1,0 \times 10^9$ КУО / см <sup>3</sup> (І)	7,0	2 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку), листовійки (2 гус./100 плодів)	67,0	–	3

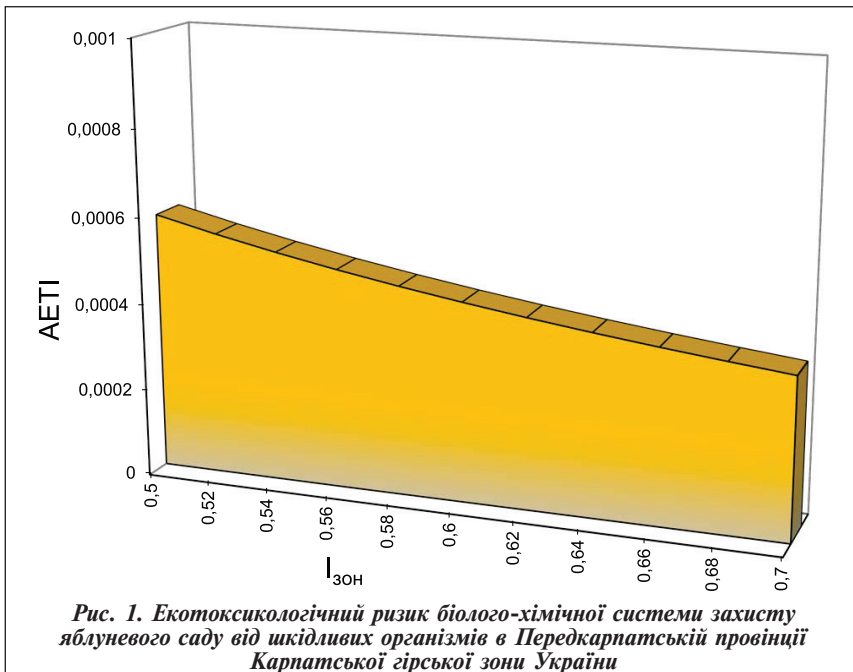
1	2	3	4	5	6	7	8
	Гауспин, р., бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> В-111 та В-306, титр життєзда. клітин $1 \times 10^4$ /мкг преп. (Ф)	6,0	4 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку), листовійки (2 гус./100 плодів)	67,0	—	3
	Триходермін, п., спори гриба <i>Trichoderma viride</i> , штам Т-23, титр спор 5 млрд КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша, моніліоз	66,9	—	4
7	Дозрівання плодів / III декада серпня — I декада вересня						
	Гауспин, р., бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> В-111 та В-306, титр життєзда. клітин $1 \times 10^4$ /мкг препарату (І)	6,0	4 / листки, плоди	Плодожерка (3 метелики/фером. пастку)	69,7	—	4
	Триходермін, п., спори гриба <i>Trichoderma viride</i> , штам Т-23, титр спор 5 млрд КУО/см <sup>3</sup> (Ф)	5,0	4 / листки	Парша, моніліоз	66,4	—	4
<b>Примітка:</b> І — інсектицид, Ф — фунгіцид, А — акарицид							

Для того, щоб зберегти сприятливу економічну ситуацію, потрібно нормувати кількість та асортимент пестицидів на рівні, що відповідає інтенсивності самоочищення сільськогосподарських ландшафтів.

З цією метою екотоксикологічний ризик застосування пестицидів встановлено за агроекотоксикологічним індексом (АЕТІ), способом аналізу системи: властивості пестицидів — сезонне навантаження — толерантність території. Властивості пестицидів характеризували за ступенем небезпечності за інтегральною класифікацією, толерантність екосистеми до пестицидного навантаження — за зональним індексом самоочищення ( $I_{\text{зон}}$ ) [2, 8].

Було розраховано показник АЕТІ за різних індексів зональності (від 0,5 до 0,7), оскільки територія знаходиться на кордоні лісостепової і передгірської зони, а межа між ними достатньо умовна. Агроекотоксикологічний індекс для розглянутої системи становив  $4,0 \times 10^{-4}$  (рис.). Тож система є малонебезпечною та не призводить до забруднення екосистеми.

Проведено економічну оцінку вирощування яблуни за застосування хімічної системи захисту від шкідливих організмів (шкідників та хвороб) у 2015–2017 рр. Для контролю розраховували показники еко-



номічної ефективності вирощування яблуні без застосування захисних заходів (табл. 3).

Дослідження та розрахунки показали, що застосування біолого-хімічної системи захисту яблуні дозволило отримати прибуток від 49 898,90 до 107 586,40 грн/га, за рівня рентабельності 72,17—127,23%. Середня врожайність становила 23,4 т/га, з них 60% — I сорт.

За біологічної системи захисту прибуток складав 41 222,60—99 035,72 грн/га, рентабельність — 62,22—119,01%. Середня врожайність становила 22,0 т/га, з них 56,7% — I сорт.

За вирощування яблуні без застосування захисних заходів отримали прибуток у розмірі 16 512,00—58 245,90 грн/га, за рівня рентабельності — 47,78—118,46%. Врожайність становила 12,8—15,50 т/га, з них 1,66—2,33 т/га — I сорту.

## **ВИСНОВКИ**

Розроблено модель екологічно-безпечного захисту яблуневого саду від комплексу шкідливих організмів, яка адаптована до ґрунтово-кліматичних умов та особливостей фітосанітарного стану Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України.

Показано, що сучасний асортимент біологічних засобів захисту дає змогу розробити систему, яка забезпечує ефективний захист яблуневого саду від комплексу хвороб та шкідників.

Дослідження та розрахунки показали, що більш ефективною за рівнем рентабельності за роки досліджень була система біолого-хімічного захисту (71,4—127,23%). Прибуток, отриманий від застосування даної системи, становив від 49 898,9 до 107 586,4 грн/га.

**Фінансування:** Дослідження виконували в рамках завдань 24.05.02.01.Ф «Еколого-токсикологічні основи оптимізації хімічного захисту сільськогосподарських культур від шкідників для фітосанітарного оздоровлення агроценозів», 24.04.02.02.П «Наукове обґрунтування формування біокомплексів на основі біологічних агентів та речовин стимулюючої природи, а також їх застосування для обмеження розвитку і боротьби з шкідливими організмами», 24.01.02.03.Ф «Наукові основи управління розвитком хвороб грибної етіології в трансформованих агроценозах».

**Конфлікт інтересів:** автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

## **БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Рослинництво України. Статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2022. 183 с.
2. Борзих О.І., Бублик Л.І., Чайка В.М. та ін. Агрокліматичне та агроекотоксикологічне обґрунтування зональних хімічних систем захисту по-

3. Економічна ефективність біологічної та біолого-хімічної систем захисту яблуні від шкідливих організмів  
(яблуневий сад, ПП Збіра І.Р., 2015–2017 рр.)

Показник	2015 р.			2016 р.			2017 р.		
	Контроль	Біолого-хімічна система	Біологічна система	Контроль	Біолого-хімічна система	Біологічна система	Контроль	Біолого-хімічна система	Біологічна система
	Вартість системи, грн/га	–	5093,10	7406,40	–	5377,80	7566,40	–	6432,90
Витрати, пов'язані з її застосуванням, грн/га	–	588,00	588,00	–	672,00	672,00	–	784,00	784,00
Урожайність, т	12,80	22,80	21,00	13,40	23,80	22,70	15,50	23,50	22,40
У т.ч.: I сорт	1,66	13,33	11,20	2,82	14,45	12,93	2,33	14,25	13,25
II сорт	5,12	7,10	7,25	5,36	7,12	7,37	6,20	7,00	6,75
нестандарт	6,02	2,37	2,55	5,23	2,23	2,40	6,98	2,25	2,40
Витрати, пов'язані з додатковим врожаєм, грн/га	–	1900,00	1558,00	–	2288,00	2046,00	–	2800,00	2415,00
Прибуток, грн/га	16512,00	49898,90	41222,60	21461,44	56426,68	49628,52	58245,90	107586,40	99035,72
Рівень рентабельності, %	47,78	72,17	62,22	53,92	71,40	63,86	118,46	127,23	119,01

льових культур від шкідливих організмів в умовах змін клімату в Україні. *Карантин і захист рослин*. 2022, № 4. С. 3–9. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2022.4.3-9>

3. Балакіна О.Б., Черній А.М. Системи захисту яблуневих садів різного віку від шкідників у Криму. *Захист і карантин рослин*, 2016. Вип. 62. С. 31–41.

4. Шевчук І.В., Гриник І.В., Каленич Ф.С. та ін. Агроєкологічні системи інтегрованого захисту плодових і ягідних культур від шкідників і хвороб. Рекомендації. Київ: ПП Санспарель, 2021, 188 с.

5. Яновський Ю.П. Програма захисту плодових культур. Київ: Фенікс, 2021. 146 с.

6. Трибелъ С.О. Хімічний метод: успіхи — проблеми — перспективи. *Захист і карантин рослин*. Київ, 2012. Вип. 58. С. 263–276.

7. Lamichhane J.R. Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM. *Crop Protection*, 2017, V. 97, P. 1–6, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.017>

8. *Стратегія і тактика захисту рослин*. т. 1: Стратегія ; за ред. В.П. Федоренка. Київ: Альфа-стевія, 2012. 500 с.

9. Barzman M., Bàrberi P., Birch A.N.E. et al. Eight principles of integrated pest management. *Agron. Sustain. Dev.* 2015, V. 35, P. 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>

10. Bommarco R., Vico G., Hallin S. Exploiting ecosystem services in agriculture for increased food security. *Global Food Security*. 2018, V. 17: P. 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.04.001>

11. Шерстобоева О.В., Крижанівський А.Б., Крижко А.І. Екологічні переваги застосування мікробіометоду в інтегрованій системі захисту рослин. *Агроєкологічний журнал*. 2021, № 3, С. 27–32. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240318>

12. Alaphilippe A., Simon S., Brun L. et al. Life cycle analysis reveals higher agroecological benefits of organic and low-input apple production. *Agron. Sustain. Dev.* 2013. V. 33, P. 581–592. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0124-7>

13. Gerwick B.C., Sparks T.C. Natural products for pest control: an analysis of their role, value and future. *Pest Manag Sci.* 2014. V. 70, N 8. P. 1169–85. <https://doi.org/10.1002/ps.3744>

14. Holb I.J., Abonyi F., Buurma J., Heijne B. On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop Protection*. 2017. V. 97, P. 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.023>

15. Lamichhane J.R., Arendse W., Dachbrodt-Saaydeh S. et al. Challenges and opportunities for integrated pest management in Europe: A telling example of minor uses. *Crop Protection*. 2015. V. 74. P. 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.04.005>

16. Martin E.A., Feit B., Requier F. et al. Assessing the resilience of biodiversity-driven functions in agroecosystems under environmental change. *Advances in Ecological Research*. 2019, V. 60. P. 59–123. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.aecr.2019.02.003>

17. Pertot I., Caffi T., Rossi V. et al. (2016). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*, V. 97, P. 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.025>

18. Scortichini M. Sustainable Management of Diseases in Horticulture: Conventional and New Options. *Horticulturae* 2022, V. 8, 517. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060517>

19. Ретьман С.В., Борзих О.І., Кислих Т.М. та ін. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 2. ; за ред. С.В. Ретьмана. Київ: Колобів, 2014. 352 с.

<sup>1</sup>Borzykh O., ORCID: 0000-0002-9802-5622

<sup>1</sup>Bublyk L., ORCID: 0000-0001-5620-9303

<sup>2</sup>Hunchak M., ORCID: 0000-0002-3521-8531

<sup>1</sup>Gavrylyuk L., ORCID: 0000-0003-2940-1580

<sup>1</sup>Shevchuk O., ORCID: 0000-0003-0954-1922

<sup>1</sup>Vlasova O., ORCID: 0000-0002-5704-3322

<sup>1</sup>Institute of Plant Protection of NAAS, 33, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

<sup>2</sup>Ukrainian Research Plant Quarantine Station of IPP NAAS,

1, Naukova str., Boyany, Chernivtsi district, Chernivtsi region, 60321, Ukraine

e-mail: lbublik41@gmail.com, gunchak00@ukr.net

## **Ecotoxicological parameters of the application of biopesticides, development and adaptation of biological systems of apple protection against pests and diseases to the soil-climatic and phytosanitary conditions of the agroecose**

**Goal.** *Ecotoxicological and economic substantiation of the biological system of apple protection against pests and diseases, its optimization and adaptation to the weather and climatic conditions and the phytosanitary state of apple agroecosis in the Precarpathian province of the Carpathian mountain zone of Ukraine in order to reduce crop losses and improving its quality.* **Methods.** *Phytosanitary monitoring was performed visually and using pheromone traps. The degree of hazard of pesticides was assessed by an integrated 7-point scale, the risk — by agroecotoxicological index (AETI).* **Results.** *Based on the monitoring of the phytosanitary state of the apple agroecosis in 2015–2017, scientific and methodological parameters of ecologically safe and cost-effective protection systems for apple trees adapted to the soil and climatic conditions of*

the Precarpathian province of the Carpathian mountain zone of Ukraine were developed: biological and biological-chemical. They are based on 7 treatments with biological or chemical and biological preparations, carried out in the phenophases of culture critical for the development of harmful organisms. The efficiency of the biological system against harmful organisms was in the range of 65.7–72.8%, the biological-chemical system — 66.4–96.5%. It is shown that replacing a number of chemical treatments with biological ones allows to minimize the negative impact of pesticides on the apple agrocenosis. **Conclusions.** A model of ecologically safe protection of an apple orchard against a complex of harmful organisms has been developed. It is shown that the modern assortment of biological protection means makes it possible to develop a system that provides effective protection of the apple orchard against a complex of diseases and pests. Calculations showed that the system of biological and chemical protection was more effective in terms of profitability during the years of research (71.4–127.23%). The profit obtained from the use of this system was from 49 898.9 to 107 586.4 UAH/ha.

**apple; phytosanitary conditions; biological preparations; pesticides; hazard; ecotoxicological norms and regulations; zonal protection systems; economic efficiency**

## REFERENCES

1. Roslynnystvo Ukrainy. Statystychnyi zbirnyk. [Plant Growing in Ukraine. Statistical publication]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. [State Statistics Service of Ukraine]. 2022. 183. (in Ukrainian).
2. Borzykh O., Bublyk L., Chaika V. et al. (2022). Ahroklimatychno ta ahroekotoksykologichne obgruntuvannia zonalnykh khimichnykh system zakhystu polovykh kultur vid shkidlyvykh orhanizmiv v umovakh zmin klimatu v Ukraini. [Agroclimatic and agroecotoxicological justification of zonal chemical protection systems against harmful organisms for field crops under conditions of climate change in Ukraine]. *Karantyn i zakhyst roslyn*. [Quarantine and plant protection]. V. 4. 3–9. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2022.4.3-9>. (in Ukrainian).
3. Balykina E.B., Cherniy A.M. (2016). Systemy zakhystu yablunevykh sadiv riznoho viku vid shkidnykiv u Krymu. [Systems of protection of apple orchards of different ages against pests in Crimea]. *Zakhyst i karantyn roslyn* [Plant protection and quarantine]. V. 62. 31–41 (in Ukrainian).
4. Shevchuk I.V., Hrynyk I.V., Kalenykh F.S. et al. (2021) Ahroekologichni systemy intehrovanooho zakhystu plodovykh i yahidnykh kultur vid shkidnykiv i khvorob. [Agroecological systems of integrated protection of fruit and berry crops from pests and diseases]. Kyiv: PP Sansparel. 188. (in Ukrainian).
5. Yanovskyi Yu.P. (2021). Prohrama zakhystu plodovykh kultur. [Program for the protection of fruit crops]. Kyiv: Feniks. 146. (in Ukrainian).

6. Trybel S.O. (2012). Khimichnyi metod: uspikhy — problemy — perspektyvy. [Chemical method: successes — problems — prospects]. *Zakhyst i karantyn roslyn. [Plant protection and quarantine]*. V. 58. 263–276. (in Ukrainian).
7. Lamichhane J.R. (2017). Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM. *Crop Protection*. 97. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.017>
8. Fedorenko V.P. (Ed). (2012). Stratehiia i taktyka zakhystu roslyn. T. 1: Stratehiia. [Strategy and tactics of plant protection. Vol. 1: Strategy]. Kyiv: Alfa-steviia. 500 p. (in Ukrainian).
9. Barzman M., Bärberi P., Birch A.N.E. et al. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
10. Bommarco R., Vico G., Hallin S. (2018). Exploiting ecosystem services in agriculture for increased food security. *Global Food Security*. 17, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.04.001>
11. Sherstoboieva O.V., Kryzhanivskyyi A.B., Kryzhko A.I. (2021). Ekolohichni perevahy zastosuvannia mikrobiometodu v intehrovanii systemi zakhystu roslyn. [Ecological advantages of using the microbiomethod in the integrated system of plant protection]. *Ahroekolohichniy zhurnal. [Agroecological journal]*. 3. 27–32. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240318> (in Ukrainian).
12. Alaphilippe A., Simon S., Brun L. et al. (2013). Life cycle analysis reveals higher agroecological benefits of organic and low-input apple production. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 581–592. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0124-7>
13. Gerwick B.C., Sparks T.C. (2014) Natural products for pest control: an analysis of their role, value and future. *Pest Manag Sci.* 70(8). 1169–85. <https://doi.org/10.1002/ps.3744>
14. Holb I.J., Abonyi F., Buurma J., Heijne B. (2017). On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop Protection*. 97. 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.023>
15. Lamichhane J. R., Arendse W., Dachbrodt-Saaydeh S. et al. (2015). Challenges and opportunities for integrated pest management in Europe: A telling example of minor uses. *Crop Protection*. 74. 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.04.005>
16. Martin E.A., Feit B., Requier F. et al. (2019). Assessing the resilience of biodiversity-driven functions in agroecosystems under environmental change. *Advances in Ecological Research*. 60. 59–123. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.aecr.2019.02.003>
17. Pertot I., Caffi T., Rossi V. et al. (2016). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for

the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*. 97. 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.025>

18. *Scortichini M.* (2022) Sustainable Management of Diseases in Horticulture: Conventional and New Options. *Horticulturae*. V. 8. 517. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060517>

19. *Retman S.V., Borzykh O.I., Kyslykh T.M. et al.* (S.V. Retman Ed.). (2014). Reiestratsiini vyprovuvannia funhitsydiv u silskomu hospodarstvi. V. 2. [Registration tests of fungicides in agriculture. V. 2. Kyiv: Kolobih, 352. (in Ukrainian).

**Надійшла до редакції: 05.09.2022. Прийнята до друку: 09.09.2022**

**Надруковано й онлайн опубліковано: квітень, 2023**