

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗАХИСТУ РОСЛИН**

ГУНЧАК МИХАЙЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.95:632.93:634.11

**ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМ
ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ВІД ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ У
ПЕРЕДКАРПАТСЬКІЙ ПРОВІНЦІЇ КАРПАТСЬКОЇ ГІРСЬКОЇ ЗОНИ
УКРАЇНИ**

03.00.16 - екологія

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук**

КИЇВ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті захисту рослин Національної академії аграрних наук України.

Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
ГАВРИЛЮК Людмила Леонідівна,
Інститут захисту рослин НААН,
заступник директора – учений секретар

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
ЛАВРОВ Віталій Васильович,
Білоцерківський національний аграрний університет,
завідувач кафедри загальної екології та екотрофології

доктор сільськогосподарських наук, професор
ЧАЙКА Володимир Миколайович,
Національний університет біоресурсів і природокористування
України, завідувач кафедри екології, агросфери та
екологічного контролю

Захист відбудеться “12” грудня 2019 р. о 10⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.376.01 в Інституті захисту рослин НААН за адресою: 03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 33, корпус № 1, зала засідань.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту захисту рослин НААН за адресою: 03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 33, корпус № 1, кімната 65.

Автореферат розісланий “8” листопада 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат сільськогосподарських наук

Т.П. Панченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Садівництво – галузь, де інтенсивно застосовують хімічні засоби захисту рослин від шкідливих організмів. Але для одержання екологічно безпечної плодової продукції стратегія захисту яблуневих садів повинна ґрунтуватись на посиленні екологічного підходу до розробки та реалізації захисних заходів з максимальним застосуванням біологічних засобів.

За останні роки садівництво на території Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України зазнає позитивних перетворень завдяки впровадженню новітніх технологій, залученню інвестицій та державній фінансовій підтримці. У поєднанні з родючими землями, сприятливими погодно-кліматичними умовами регіону та досвідом місцевого населення це дало поштовх для розвитку галузі, зробивши її рентабельною та перспективною.

У структурі багаторічних насаджень найбільш поширеною є яблуня, частка якої становить понад 70%. За даними Державного комітету статистики, площа насаджень яблуні у 2018 році на території Чернівецької обл. складала 10 421 га із загальним валовим збором 187,5 тис. т, за врожайності – 19,8 т/га, що значно вище за середні показники по Україні (16,0 т/га).

Потенціал врожайності яблуні знижують стресові погодно-кліматичні фактори та погіршення фітосанітарного стану, зумовлене глобальним потеплінням. Насадженням яблуні завдають збитків близько 180 видів шкідливих організмів, втрати від яких становлять біля 30%, а в періоди спалахів розмноження шкідників та епіфітотій хвороб – можуть перевищувати 60%.

Сучасні системи захисту яблуневого саду від шкідливих організмів базуються на інтенсивному застосуванні високотоксичних фунгіцидів та інсектицидів, не враховуючи необхідність чергування пестицидів різного механізму дії. Тому стратегія систем захисту яблуні має бути зорієнтована на екологічне регулювання чисельності шкідливих організмів за максимального використання біологічних засобів, зниження кількості хімічних обробок, вдосконалення асортименту пестицидів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась в Інституті захисту рослин НААН згідно з планом наукових досліджень впродовж 2014-2017 рр. В лабораторії аналітичної хімії пестицидів за завданнями «Екотоксикологічне обґрунтування хімічного захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів в різних ґрунтово-кліматичних зонах України (№ ДР 0111U004534, 2014-2015 рр.) та «Екотоксикологічний моніторинг та контроль пестицидів в агроєкосистемах України» (№ ДР 0116U003542, 2015-2017 рр.); в Українській науково-дослідній станції карантину рослин Інституту захисту рослин НААН за завданнями «Розробити методичні аспекти з встановлення географічного поширення, інфекційного навантаження та шкідливості бактеріальних хвороб зерняткових плодових культур (бактеріального опіку плодових і бактеріального некрозу кори). Розробити систему заходів обмеження їх розповсюдження» (№ ДР 0111U000425, 2014-2015 рр.) та «Розробити науково-методологічні параметри екологічно безпечних систем захисту посівів сільськогосподарських культур в органічному

землеробстві» (№ ДР 0116U002552, 2016-2017 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було екотоксикологічне та економічне обґрунтування різних систем захисту яблуні від шкідливих організмів в Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання:

- встановити видовий склад шкідливих організмів в яблуневих насадженнях;
- класифікувати пестициди сучасного асортименту за полярністю та ступенем небезпечності їх застосування;
- оцінити екологічний ризик застосування систем захисту плодового саду за агроекотоксикологічним індексом (АЕТІ);
- розробити та адаптувати до погодно-кліматичних умов системи хімічного, біологічного та біолого-хімічного захисту яблуні від шкідників і хвороб;
- розробити та обґрунтувати рекомендації з екологічно безпечних захисних заходів яблуні від шкідливих організмів;
- визначити технічну ефективність застосування пестицидів проти фітофагів і збудників хвороб;
- оцінити показники економічної ефективності систем захисту;
- встановити поріг окупності застосованих систем захисту.

Об'єкт дослідження – токсикологічні ризики захисту яблуневого саду від шкідливих організмів.

Предмет дослідження – системи захисту яблуні від шкідників і хвороб, екологічне та економічне оцінювання застосування пестицидів хімічного й біологічного походження.

Методи дослідження: лабораторний – оцінювання екотоксикологічного ризику систем захисту; польовий – оцінювання ефективності застосування засобів захисту рослин, вивчення видового складу шкідників і збудників хвороб; комп'ютерного моделювання – нормування та регламентація застосування пестицидів; математико-статистичний – встановлення достовірності одержаних результатів; розрахунковий – визначення економічної ефективності застосування систем захисту яблуні від шкідливих організмів.

Наукова новизна одержаних результатів. Науково обґрунтовано та розроблено еколого-економічні параметри систем хімічного, біологічного та біолого-хімічного захисту яблуні від шкідливих організмів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України, що дозволяє одержати якісний врожай плодової продукції, економічно ефективно вести господарську діяльність та забезпечити охорону навколишнього природного середовища.

Вперше:

- на основі проведеного моніторингу фітосанітарного стану яблуневих агроєкосистем уточнено видовий склад шкідників і збудників хвороб Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України;
- встановлено домінуючі види фітофагів (яблунева плодожерка, розанна листовійка, зелена яблунева попелиця, садовий павутинний кліщ) та хвороб (парша, борошниста роса, моніліоз) у регіоні досліджень;

- вивчено вплив екологічних чинників на поширення та розвиток шкідливих організмів;
- визначено ступінь небезпечності сучасного асортименту пестицидів для захисту яблуні за інтегральною класифікацією, що враховує токсиколого-гігієнічні та екотоксикологічні властивості;
- проведено оцінку екотоксикологічного ризику застосування пестицидів за АЕТІ;
- розроблено системи хімічного, біологічного та біолого-хімічного захисту яблуні від шкідників і хвороб;
- оцінено технічну та економічну ефективність інтенсивної та удосконаленої систем хімічного, біологічного та біолого-хімічного захисту яблуні від шкідливих організмів.

Удосконалено:

- систему хімічного захисту яблуні, яку адаптовано до умов Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України;
- складові біологічного методу захисту яблуні, які включено в розроблену систему біологічного захисту, що контролює комплекс шкідливих видів на рівні ЕПШ.

Одержало подальший розвиток:

- наукові положення щодо принципів формування врожайності залежно від систем захисту яблуні від шкідливих організмів; елементи екологічно безпечного захисту яблуневих насаджень; моделі оцінки екотоксикологічного ризику застосування пестицидів.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень впроваджено у Державному підприємстві «Дослідного господарства Придністровської дослідної станції садівництва Інституту садівництва НААН» та ПП «Збіри І.Р.». Встановлено, що технічна ефективність біолого-хімічної системи захисту яблуні від шкідливих організмів становить 66,0-96,0%, урожайність 20,7 т/га (з них I сорту – 13,5 т/га). Прибуток отриманий від застосування інтенсивної хімічної системи складає 108,2 тис. грн/га, а рентабельність – 96,3%. Застосування удосконаленої системи хімічного захисту дає змогу отримати прибуток у розмірі 110,8 тис. грн/га, за рентабельності 104,9%. Прибуток від вирощування яблуневої продукції за застосування системи біологічного захисту становить 99,0 тис. грн/га, рентабельність – 119,0%. За застосування біолого-хімічної системи захисту рентабельність склала 127,2%, прибуток – 107,6 тис. грн/га.

Товаровиробникам запропоновано екологічно безпечні та економічно обґрунтовані системи захисту яблуні, які включають застосування пестицидів сучасного асортименту за полярністю та за ступенем їх небезпечності, що дасть змогу зменшити пестицидне навантаження на екосистему яблуневого саду.

Дані проведених досліджень використано для включення препаратів Блюз, КС (д.р. фунгіциди крезоксим-метил, 100 г/л та дифеноконазол, 200 г/л), Блокбастер, КЕ (д.р. інсектицид біфентрин, 100 г/л) до «Переліку пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Особистий внесок здобувача. Полягає в одержанні наукових результатів,

викладених у дисертації; розробленні програми і методики досліджень; виконанні лабораторних й польових дослідів; економічній оцінці систем захисту яблуні; проведенні оцінки екотоксикологічного ризику застосування пестицидів; статистичному аналізу та узагальненні результатів досліджень; їх апробації та написанні дисертаційної роботи.

Особистий внесок автора у виконану роботу складає більше 90%.

Співавторами наукових праць є науковий керівник та науковці, спільно з якими проведені дослідження. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить фактичний матеріал і основний творчий доробок. Права співавторів не порушені.

Постановка мети та завдань, обговорення результатів проведені разом з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи викладено та обговорено на засіданнях лабораторії аналітичної хімії пестицидів Інституту захисту рослин НААН (2014-2017 рр.), Вчених Рад Інституту захисту рослин та Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин НААН (2014-2018 рр.) та на науково-практичних конференціях різного рівня: Міжнародному симпозіумі «Захист рослин – результати і перспективи» (м. Кишинів, 27-28 жовтня 2015 року); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Актуальні проблеми та перспективи інтегрованого захисту рослин» (м. Київ, 7-9 листопада 2016 року); II Всеукраїнській конференції молодих науковців «Сучасні проблеми природничих наук» (м. Ніжин, 19-20 квітня 2017 року); Міжнародній науковій конференції «Біологічний захист рослин: успіхи, проблеми, перспективи» (м. Санкт-Петербург, 24-27 квітня 2017 року); Всеукраїнській науковій конференції «Оптимізація земельних угідь як основна складова їх ефективного використання» (м. Київ, 8-9 червня 2017 року); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН «Новітні агротехнології: теорія і практика» (м. Київ, 11 липня 2017 року); VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (м. Київ, 29 березня 2018 року); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 80-річчю Української науково-дослідної станції карантину рослин ІЗР НААН (с. Бояни, 2-6 липня 2018 року); Міжнародній науковій конференції «Захист рослин в традиційному та екологічному землеробстві» (м. Кишинів, 10-12 грудня 2018 року).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 20 наукових праць (з них 10 – одноосібно), з яких 9 статей у наукових фахових виданнях (в тому числі, 2 – у міжнародних та 2 – у зарубіжних), тези доповідей на 5 міжнародних наукових конференціях, 5 методичних рекомендацій, 1 патент на корисну модель.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 228 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 26 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 134 сторінки друкованого тексту. Робота ілюстрована 34 таблицями та 9 рисунками. Список використаних джерел містить 220 найменувань, з них 180 кирилицею та 40 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ВІД ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ (аналітичний огляд літератури)

На основі аналізу даних літературних джерел з питань хімічного, біологічного та інтегрованого захисту, поширення та розвитку шкідливих організмів висвітлено особливості захисту яблуневих насаджень від фітофагів й збудників хвороб і показано необхідність проведення фітосанітарного моніторингу, оцінки екотоксикологічного ризику застосування пестицидів та застосування екологічно безпечних методів захисту рослин.

МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в плодovому саду Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин Національної академії аграрних наук України на насадженнях яблуні 2005 року садіння на сорті Айдаред, підщепа М-106. Схема садіння: 4 x 2,5 м., система утримання ґрунту – багаторічні трави. Досліджували 4 системи захисту яблуні від шкідливих організмів: інтенсивна хімічна, удосконалена хімічна, біологічна, біолого-хімічна системи та контроль. Система захисту досліджувалася на ділянці 0,1 га (100 дерев). Загальна площа дослідної ділянки – 0,5 га. Польові досліді проводили згідно з загальноприйнятими методиками (Трибель С.О., 2001; Доспехов Б.А., 1985). Догляд та підживлення на всіх дослідних ділянках проводили за загальноприйнятими рекомендаціями (Кондратенко П.В., 1996). Обліки заселення фітофагами, наявності та розвитку хвороб проводились за загальноприйнятими методиками в фази розвитку яблуні: «набрякання бруньок», «зелений конус», «висування бутонів», «відокремлення бутонів», «рожевий бутон», «цвітіння», «кінець цвітіння», «формування плодів», «ріст плодів» та «дозрівання плодів». Класифікацію пестицидів за ступенем небезпечності здійснювали за інтегральною семиступеневою шкалою, а ризик їх застосування за величиною АЕТІ (Васильєв В.П., Кавецький В.М., Бублик Л.І., 1989). Економічну ефективність застосування засобів захисту визначали за методиками О.М. Шестопаля (2006) та В.А. Черкасова (1970). Статистичну обробку одержаних даних здійснювали методами кореляційного, регресійного та дисперсійного аналізів (Доспехов Б.А., 1985).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ЯБЛУНЕВИХ ЕКОСИСТЕМ В ПЕРЕДКАРПАТСЬКІЙ ПРОВІНЦІЇ КАРПАТСЬКОЇ ГІРСЬКОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

На основі проведеного багаторічного моніторингу в яблуневих насадженнях Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України встановлено видовий склад фітофагів і збудників хвороб. Зокрема, найпоширенішими шкідниками були:

яблунева плодожерка (36,3%), попелиці (19,0%), листовійки (11,2%), кліщі (10,0%), яблунева міль (8,8%), квіткоїд (7,8%), оленка волохата (6,3%); найпоширенішими хворобами: парша (40,5%), борошниста роса (32,0%), моніліоз (12,5%), плодова гниль (9,7%).

Встановлено, що яблунева плодожерка розвивалася у двох поколіннях. Початок льоту метеликів яблуневої плодожерки першого покоління відмічали в I декаді травня за СЕТ 173-307⁰С, другої генерації – в III декаді червня за СЕТ 1182-1332⁰С. Середні показники виловів на феромонну пастку становили 3-7 екземплярів/пастку за 7 діб. Заселеність яблуні яблуневою плодожеркою під час осінніх обстежень склала 2-5 гусениць на дерево. Серед листовійок, крім розанної, яка є найбільш поширеною, шкодили також брунькова та сітчаста листовійки. В фазу «формування» та «росту плодів» пошкодження плодів становило до 8%. Чисельність зеленої яблуневої попелиці (більше 20 колоній/100 листків), була найбільшою у фенофазі «ріст плодів». Чисельність яблуневої молі складала в середньому 1-1,2 гнізда/дерево, за максимального заселення в фазу «росту плодів» (плід розміром волоського горіха) – до 2 гнізд/дерево. Заселеність кліщами у фазу «цвітіння» сягала до 450 особин/100 листків. Період масового заселення та пошкодження яблуні оленкою волохатою припадав під час «цвітіння» яблуні за СЕТ 173-199⁰С за чисельності жуків 15-17 екземплярів/дерево. Чисельність сірого брунькового довгоносика, букарки, казарки, яблуневої листоблішки, шовкопрядів була невеликою, але у комплексі з іншими шкідниками вони наносили незначні пошкодження яблуневих насаджень, в середньому до 5%, що значно нижче ЕПШ (рис. 1).

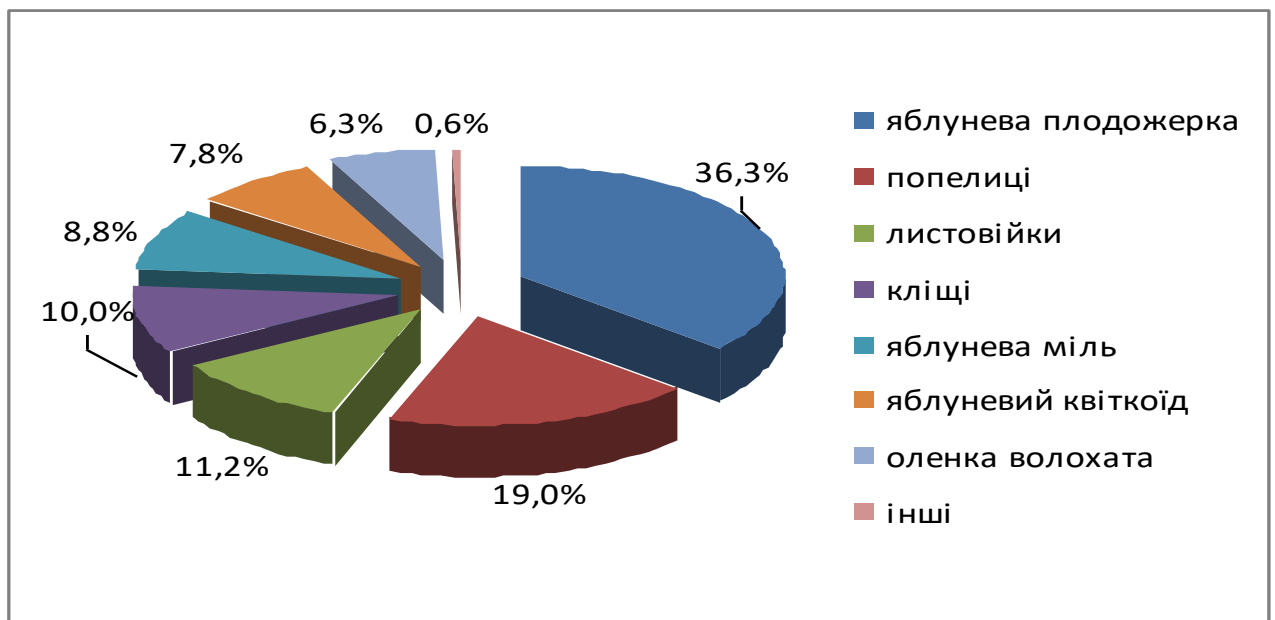


Рис. 1. Видовий склад фітофагів в яблуневих насадженнях (сад УкрНДСКР ІЗР, сорт Айдаред, 2015-2017 рр.)

Серед комплексу хвороб (рис. 2) домінувала парша, яка проявлялася у фенофазу «кінець цвітіння» за ураження 2-3% листків яблуні. Помірно тепла волога погода та збільшення середньодобових температур до 15-17⁰С у фазу «формування

плодів» сприяли розвитку парші, рівень ураження якої зростав до 6% листків, а в фази «росту плодів» та «дозрівання плодів» – до 17% листків яблуні та до 10% плодів.

Борошниста роса проявлялася у фенофази «висування бутонів» – «рожевий бутон» за ураження 1-3% листя яблуні, рівень ураження збільшувався до 15% у фазу «росту плодів». В подальшому температура повітря понад 20°C та відносна вологість повітря нижче 70% стримували наростання хвороби.

Моніліоз проявлявся у фазу росту плодів, коли плід мав розмір волоського горіха, за ураження 2-3% плодів яблуні. Високі температури та висока відносна вологість повітря сприяли розвитку хвороби і у період дозрівання плодів, рівень поширення хвороби зростав до 7% ураження. Плодова гниль уражала до 9% плодів.

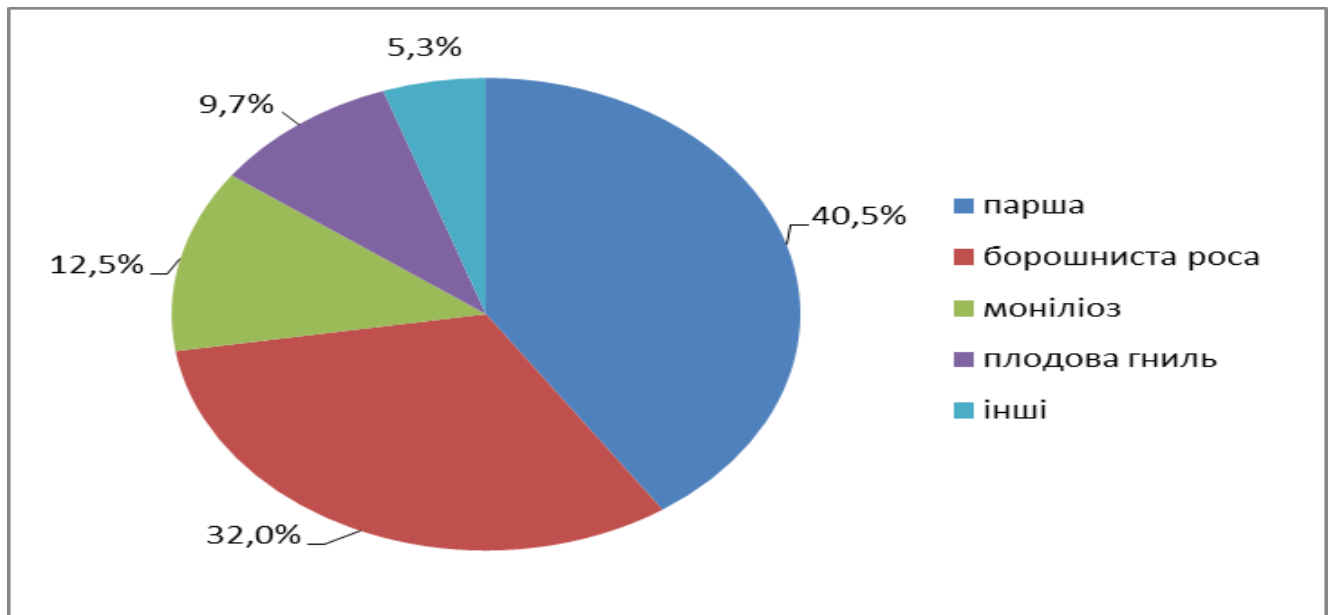


Рис. 2. Ураження яблуневих насаджень хворобами (сад УкрНДСКР ІЗР, сорт Айдаред, 2015-2017 рр.)

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ВІД ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ

Визначення дипольних моментів та характеристика властивостей пестицидів за полярністю. Для оцінки застосування пестицидів з точки зору екологічної безпеки було здійснено класифікацію пестицидів за величиною дипольних моментів. Це дозволило вивчити їх поведінку в екосистемі яблуневого саду. Адже, фізико-хімічні властивості органічних сполук є функцією їх молекулярної будови, залежать від їх полярності і характеризуються за величиною дипольних моментів (μ).

За величиною дипольного моменту пестициди поділено на: неполярні, малополярні та полярні (табл. 1). Встановлено, що неполярні пестициди з μ від 0 до 2 Дебай (препарати з групи карбоксамідів) є найбільш небезпечними і вимагають регламентації, нормування та контролю. Рекомендується застосовувати малополярні пестициди з груп антраніламідів, анілінопіримідинів, дитіокарбаматів,

піридилетиламідів, фталімідів та ін., що є одним із необхідних елементів раціонального та екологічно безпечного застосування хімічних засобів захисту.

Таблиця 1

Характеристика за полярністю пестицидів, що застосовуються для захисту яблуні

Пестицид (клас сполук: призначення)	Емпірична формула	Рухома фаза		Rf $\pm 0,02$		$\mu \pm$ 0,05, Д
		ϵ_1	ϵ_2	Rf ₁	Rf ₂	
Неполярні (μ від 0 до 2 Д)						
Гекситіазокс (КМ:Ін.)	C ₁₇ H ₂₁ ClN ₂ O ₂ S	1,89	2,82	0,32	0,44	0,85
Малополярні ($\mu > 2$ до 6 Д)						
Метирам (Т:Ф)	C ₁₂ H ₁₂ N ₆ S ₁₆ Zn	3,65	4,34	0,20	0,32	3,20
Пропінеб (ДД:Ф)	C ₅ H ₈ N ₂ S ₄ Zn	3,65	4,34	0,10	0,18	3,95
Піриметаніл (АП:Ф)	C ₁₂ H ₁₃ N ₃	5,77	6,74	0,15	0,19	4,10
Каптан (Ф:Ф)	C ₉ H ₈ Cl ₃ NO ₂ S	5,77	6,74	0,16	0,20	4,32
Хлорантраніліпрол (А:Ін.)	C ₁₈ H ₁₄ BrCl ₂ N ₅ O ₂	5,77	6,74	0,16	0,21	4,42
Флуопірам (ПЕ:Ф)	C ₁₆ H ₁₁ ClF ₆ N ₂ O	5,77	6,74	0,15	0,20	4,50
Манкоцеб (Д:Ф)	C ₈ H ₁₂ MnN ₄ S ₈ Zn	5,77	6,74	0,14	0,19	4,55
Спіродиклофен (К:Ін.)	C ₂₁ H ₂₄ Cl ₂ O ₄	6,74	8,36	0,09	0,14	5,44
НІР ₀₅						0,8

Примітки: 1. А – антраніламіди, АП – анілінопіримідини, Д – дитіокарбамати, ДД – диметилдитіокарбамати, К – кетеноли, КМ – карбоксаміди, ПЕ – піридилетиламідів, Т – триазолі, Ф – фталіміди, Ін. – інсектициди, Ф – фунгіциди

2. Rf $\pm 0,02$ – довірчий інтервал за P=0,95; n=5, критерій Ст'юдента t_α 2,78

3. μ – величина дипольного моменту, Дебай.

Динаміка детоксикації пестицидів в екосистемі яблуневого саду. Для оцінки екотоксикологічної небезпеки застосування пестицидів вивчено швидкість та динаміку їх детоксикації в екосистемі яблуневого саду впродовж вегетаційного періоду.

Встановлено, що цей процес під впливом абіотичних, біотичних та антропогенних чинників, відбувається за експоненційною моделлю:

$$C_t = C_0 / e^{kt}, \quad (1)$$

де C₀ – початкова концентрація, та C_t – концентрація в певний момент часу t, мг/кг, k – константа швидкості детоксикації, діб⁻¹.

За цим рівнянням можна розрахувати кількість пестициду в будь-який момент часу, що може бути використано для нормування і регламентації раціонального, екологічно безпечного їх застосування.

Зменшення токсичного потенціалу пестицидів в екосистемі розглядається як багатофакторний процес їх детоксикації, що характеризується константою швидкості (k, частин за добу), періодом напіврозпаду (T₅₀) і розпаду на 95% (T₉₅). Ці показники дозволяють оцінювати інтенсивність процесу детоксикації пестицидів та прогнозувати забруднення навколишнього природного середовища.

За результатами досліджень, швидкість детоксикації пестицидів в листках та

плодах яблуні залежить від їх фізико-хімічних властивостей та корелює з полярністю сполук. Динаміка детоксикації різнополярних пестицидів з першої по десятю добу в плодах та листках яблуні (табл. 2) характеризує процес швидкості розпаду пестицидів.

Таблиця 2

**Динаміка вмісту різнополярних пестицидів у плодах та листках яблуні
(яблуневий сад, УкрНДСКР ІЗР НААН, 2015-2017 рр.)**

Препарат (норма витрати, кг, л/га); діюча речовина (норма витрати, г/га)	μ ± 0,05, Д	Виявлено (мг/кг) на...добу після обприскування						k± 0,05, діб ⁻¹
		1		5		10		
		п	л	п	л	п	л	
Фенофаза «ріст плодів» (обробка – I декада червня)								
Актара 25 WG, ВГ (0,14): тіаметоксам (35)	5,55	0,46	2,10	0,19	0,86	0,06	0,29	0,22
Канонір Дуо, КС (0,1): лямбда-цигалотрин (10) + імідаклоприд (30)	1,30	0,15	0,44	0,09	0,27	0,05	0,15	0,12
	5,50	0,40	1,25	0,17	0,53	0,06	0,18	0,21
Флінт Стар 520, КС (0,5): трифлосістробін (60) + піриметаніл (200)	3,53	0,86	2,84	0,47	1,55	0,22	0,74	0,15
	4,10	2,75	8,35	1,34	4,06	0,55	1,65	0,18
Фенофаза «ріст плодів» (обробка – III декада червня)								
Енвідор 240, КС (0,5): спіродиклофен (120)	5,44	1,04	3,17	0,47	1,26	0,17	0,40	0,20
Кораген 20, КС (0,2): хлорантраніліпрол (40)	4,32	0,57	1,30	0,26	0,59	0,09	0,21	0,20
Скор 250 ЕС, КЕ (0,2): дифеноконазол (50)	4,70	0,68	1,64	0,31	0,74	0,11	0,27	0,20
Делан, ВГ (0,5): дитіанон (350)	3,90	3,79	9,87	1,92	5,00	0,82	2,14	0,17
Блокбастер, КЕ (0,5): Біфентрин (50)	0,38	2,32	1,39	1,75	1,05	1,23	0,74	0,07
Фенофаза «ріст плодів» (обробка – III декада липня)								
Нурел Д, КЕ (1,0): хлорпірифос (500) + циперметрин (50)	0,32	3,05	10,86	2,04	7,28	1,24	4,41	0,10
	1,27	0,30	0,89	0,19	0,59	0,10	0,30	0,12
Луна Сенсейшн, КС (0,35): трифлосістробін (175) + флуопірам (175)	3,53	2,50	7,53	1,36	4,13	0,65	1,95	0,15
	4,50	2,39	7,16	1,07	3,21	0,40	1,18	0,20
Моспілан, ВП (0,2): ацетаміприд (80)	5,51	0,54	1,84	0,22	0,76	0,07	0,25	0,22

Примітка: п – в плодах; л – в листках; межа визначення 0,01-0,05 мг/кг; похибка $\delta < 20\%$ за $P=0,95$ і $n=15$

Неполярні пестициди розпадаються зі швидкістю $0,07-0,12 \pm 0,05$ частин за добу. Це означає, що процес їх детоксикації відбувається повільніше, ніж у малополярних пестицидів, швидкість розпаду яких складає $0,15-0,22 \pm 0,05$ частин за добу. На десяту добу після обприскування у плодах яблуні було виявлено від 0,05 до 1,24 мг/кг досліджуваних інсектицидів та від 0,11 до 0,82 мг/кг фунгіцидів.

В листках яблуні швидкість процесу також проходить за експоненційною моделлю, але вміст пестициду (мг/кг) після обробки в декілька разів перевищує вміст у плодах за рахунок адсорбційної властивості листкової поверхні. Так, на першу добу після обприскування у листі яблуні містилося від 0,89 до 10,86 мг/кг досліджуваних пестицидів. Внаслідок їх детоксикації, через 10 діб після обробки їх залишки складали від 0,15 до 4,41 мг/кг, що значно менше МДР.

Таким чином, визначивши полярність пестицидів, можна прогнозувати їх поведінку в екосистемі яблуневого саду, а за константою швидкості детоксикації – моделювати динаміку цього процесу, що дає змогу уникнути забруднення урожаю та навколишнього природного середовища.

Інтегральна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності їх застосування була розроблена в Інституті захисту рослин (автори В.П. Васильєв, В.Н. Кавецький, Л.І. Бублик, 1989). Вона представлена шкалою, яка містить сім ступенів, які визначали за рівнянням:

$$C_n = (K_A + K_B) - 1 \quad (2)$$

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

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

Інсектициди, що застосовувались для захисту яблуні від шкідників, відносяться до небезпечних та помірно небезпечних препаратів. За полярністю їх діючі речовини належать до неполярних та малополярних сполук.

Найбільш небезпечними є неполярні інсектициди з класу піретроїдів та фосфорорганічних сполук, які за токсичністю або стійкістю в екосистемі відносяться до другого класу небезпечності, за інтегральною класифікацією мають ступінь небезпечності 3 (Пірінекс Супер 420, КЕ; Нурел Д, КЕ; Блокбастер, КЕ) або 4 (Енжіо 247, КС; Альфагард 100, КЕ). Інсектициди з класу неонікотиніоїдів є малополярними сполуками і за інтегральною класифікацією мають ступінь небезпечності 4-5 (Актара 25, ВГ; Каліпсо 480 SC, КС; Канонір Дуо, КЕ; Моспілан, ВП; Ніссоран, ЗП). Інсектициди з класу антраніламідів та кетенолів є більш полярними та менш токсичними сполуками за інтегральною класифікацією мають ступінь небезпечності 6 (Кораген 20, КС та Енвідор 240, КС). Розрахунковий вміст залишків інсектицидів в урожаї був від $5,8 \cdot 10^{-14}$ до 0,01 мг/кг, що значно нижче максимально допустимого рівня залишків для кожного пестициду.

Малополярні фунгіциди, які застосовувались для захисту яблуні, відносяться до помірно та мало небезпечних препаратів. Фунгіциди з класу анілінопіримідинів та стробілуринів відносяться до другого класу небезпечності й за інтегральною класифікацією мають ступінь небезпечності 4 (Блюз, КС; Луна Сенсейшн 500 SC,

КС; Флінт Стар 520 SC, КС; Хорус 75 WG, ВГ). Їх розрахунковий вміст залишків у врожаї був від $4,2 \cdot 10^{-10}$ до $0,0008$ мг/кг, що значно нижче МДР. Помірно небезпечними зі ступенем небезпечності 5 є фунгіциди з класу дитіанів, анілінопіримідинів, піридилетиламідів, фталімідів та бензимидазолів (Делан, ВГ; Малвін 80, ВГ; Полірам ДФ, ВГ; Скала 400 SC, КС; Скор 250 ЕС, КЕ та Топсін-М, ЗП), розрахунковий вміст залишків у врожаї яких складав від $2,2 \cdot 10^{-16}$ до $0,08$ мг/кг. Фунгіциди з класу дитіокарбаматів та диметилдитіокарбаматів є мало небезпечними сполуками зі ступенем небезпечності їх застосування 6 (Пенкоцеб, ЗП; Антракол 70 WP, ЗП). Розрахунковий вміст залишків цих пестицидів у врожаї складав $4,8 \cdot 10^{-8}$ та $3,1 \cdot 10^{-5}$ мг/кг.

Виходячи з цієї класифікації, за необхідності застосування хімічного методу захисту рослин рекомендується проводити обробку препаратами із ступенем небезпечності 4-6. Пестициди, які віднесені до 3 ступеня, є більш небезпечними для людини і біоти та вимагають детальної регламентації, нормування й контролю.

ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ВІД ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ

Особливості хімічного захисту яблуневих насаджень від шкідливих організмів було досліджено у 2 системах хімічного захисту: інтенсивній (рис. 3) та удосконаленій (рис. 4).

Енжіо (0,15 л/га) Косайд (2,5 кг/га)	Енжіо (0,2 л/га) Делан (0,8 кг/га) Кумулус (6,0 кг/га)	Каліпсо (0,3 л/га) Хорус (0,2 кг/га) Скала (0,8 л/га) Делан (0,5 кг/га)	Пірінекс (1,5 л/га) Ніссоран (0,5 кг/га)	Малвін (2 кг/га) Флінт Стар (0,5 л/га)	Актара (0,14 л/га) Антракол (2 кг/га)	Енвідор (0,5 л/га) Кораген, (0,2 л/га) Скор (0,2 л/га)	Кораген (0,2 л/га) Канонір (0,1 л/га) Малвін (2 кг/га)	Нурел Д (1,0 л/га) Джуна Сенсейшн (0,35 л/га)	Кораген (0,2 л/га) Пенкоцеб (2,0 л/га)	Моспілан (0,2 кг/га) Полірам (2,5 кг/га)	Топсін-М (2,0 л/га)
зелений конус	відокремлення бутонів	рожевий бутон	кінець цвітіння	формування плодів	ріст плодів (плід розміром ліщини)	ріст плодів (плід розміром грецького горіха)	ріст плодів	ріст плодів	ріст плодів	ріст плодів	дозрівання плодів
III декада березня – I декада квітня	I-II декада квітня	II-III декада квітня	III декада квітня – I декада травня	I-III декада травня	III декада травня - I декада червня	II-III декада червня	I-II декада липня	II-III декада липня	I декада серпня	II декада серпня	III декада серпня - I декада вересня
											

Рис. 3. Система інтенсивного хімічного захисту яблуні (сад УкрНДСКР ІЗР, сорт Айдаред, 2015-2017 рр.)

Розроблено систему інтенсивного хімічного захисту, яка включала 12 обробок хімічними пестицидами (9 обробок сумішшю інсектицидів та фунгіцидів, 2 обробки фунгіцидами та одну обробку інсектицидами) відповідно до 12 основних фаз розвитку яблуні, в які найбільше шкідливі організми заселяють та шкодять екосистемі саду. Урожайність за використання даної системи становила від 25,6 до 26,5 т/га, що свідчить про повну реалізацію потенціалу яблуні. Технічна ефективність даної системи захисту яблуні складала у середньому від 90,5 до 97,8%. Показник сезонного навантаження пестицидів (Н) для даної системи становив 29,5 кг/га, а середньозважений ступінь небезпеки (Q) становив 5,0.

Удосконалену систему хімічного захисту, адаптовано до умов Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України (рис. 4), яка враховує біологічні особливості розвитку шкідливих організмів у регіоні, за застосування малополярних пестицидів з низькими нормами витрати (0,15-2,0 л, кг/га).

Енжіо (0,15 л/га) Медян Екстра (2,0 л/га)	Каліпсо (0,25 л/га) Скор (0,2 л/га)	Енжіо (0,18 л/га) Ніссоран (0,3 кг/га) Делан (0,5 кг/га)	Моспілан (0,15 кг/га) Скор (0,15 л/га) Блюз, к.с. (0,35 л/га)	Канонір Дуо (0,1л/га) Луна Сенсейшн (0,35л/га) Флінт Стар(0,5 л/га)	Кораген (0,2 л/га) Блокбастер(0,5 л/га) Делан (0,5 кг/га) Скор (0,2 л/га)	Луна Сенсейшн (0,35л/га) Моспілан (0,2 кг/га)	Кораген (0,2 л/га) Делан (0,5 кг/га) Флінт Стар (0,5 л/га)	Альфавард (0,15 л/га) Топсін-М (2,0 л/га)
зелений конус	рожевий бутон	кінець цвітіння	формування плодів	ріст плодів (плід розміром ліщини)	ріст плодів (плід розміром грецького горіха)	ріст плодів	ріст плодів	дозріван- ня плодів
III декада березня – I декада квітня	II-III декада квітня	III декада квітня – I декада травня	I-III декада травня	III декада травня - I декада червня	II-III декада червня	II-III декада липня	II декада серпня	III декада серпня - I декада вересня
								

Рис. 4. Система удосконаленого хімічного захисту яблуні (сад УкрНДСКР ІЗР, сорт Айдаред, 2015-2017 рр.)

Для удосконалення даної системи було враховано всі недоліки, які були у інтенсивній хімічній системі: зменшено кількість обробок з 12 до 9, виключено ті обробки, де період захисної дії препаратів попередньої обробки був більшим, ніж період між двома обробками; виключено препарати, спектр дії яких у бакових сумішах направлений на один і той самий об'єкт (Скала 400 SC, КС, Малвін 80, ВГ, Канонір Дуо, КЕ), а також виключено ті препарати, які за ступенем інтегральної класифікації пестицидів відносяться до небезпечних та помірно небезпечних.

Урожайність за використання даної системи склала 25,4-26,2 т/га, а технічна ефективність була на рівні 90-95%. Показник сезонного навантаження пестицидів (Н) становив 10,5 кг/га, а середньозважений ступінь небезпеки (Q) – 4,9.

Розроблена біолого-хімічна система захисту яблуні від шкідливих організмів (рис. 5), яка базується на застосуванні однієї обробки малополярними пестицидами на початку вегетації і 6 обробок біопрепаратами впродовж вегетації. Урожайність за використання даної системи у середньому склала 23,4 т/га. Технічна ефективність біолого-хімічної системи захисту була на рівні 73-75%. Показник сезонного навантаження пестицидів (Н) – 0,45 кг/га, середньозважений ступінь небезпеки (Q) – 6,8.

Скор (0,15 л/га) Каліпсо (0,3 л/га)	Актофіт (2 л/га) Гаупсин (6 л/га) Планриз (5 л/га)	Актофіт (2 л/га) Лепідонід (4 л/га) Фіто Доктор (2 л/га) Триходермін (5л/га)	Гаупсин (6 л/га) Колорадоцид (3 л/га) Планриз (5 л/га) Триходермін (5л/га)	Лепідонід (4 л/га) Фіто Доктор (2 л/га)	Гаупсин (6 л/га) Бітоксикацілін (7л/га) Триходермін (5л/га)	Гаупсин(6 л/га) Триходермін (5л/га)
зелений конус	кінець цвітіння	ріст плодів (плід розміром ліщини)	ріст плодів (плід розміром грецького горіха)	ріст плодів	ріст плодів	дозрівання плодів
III декада березня – I декада квітня	III декада квітня – I декада травня	III декада травня - I декада червня	II-III декада червня	II-III декада липня	II декада серпня	III декада серпня - I декада вересня
						

Рис. 5. Система біолого-хімічного захисту яблуні (сад УкрНДСКР ІЗР, сорт Айдаред, 2015-2017 рр.)

Розроблена система біологічного захисту яблуні від шкідливих організмів в умовах Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України (рис. 6) базується на 7 обробках біопрепаратами. Урожайність за використання даної системи у середньому склала 22,0 т/га, технічна ефективність була на рівні 70-72%. Дана система є екологічно безпечною, не несе пестицидного навантаження на екосистему саду та навколишнє природне середовище та дозволяє на високому рівні захистити яблуневі насадження від шкідників та хвороб.

Натургارد (1,0 л/га) Планриз (5 л/га)	Лепідоцид (4 л/га) Бактофіт (2 л/га)	Гаупсин(6 л/га) Мітігейт (0,4л/га) ФітоДоктор (2 л/га)	Бітоксикацін (7л/га) Планриз (5 л/га) Триходермін (5л/га)	Гаупсин(6 л/га) Колорадоцид (3л/га) ФітоДоктор (2 л/га)	Лепідоцид (4 л/га) Триходермін (5л/га)	Гаупсин(6 л/га) Планриз(5 л/га) Триходермін (5л/га)
відокрем- лення бутонів	рожевий бутон	формування плодів	ріст плодів (плід розміром ліщини)	ріст плодів (плід розміром грецького горіха)	ріст плодів	дозрівання плодів
I-II декада квітня	II-III декада квітня	I-III декада травня	III декада травня - I декада червня	II-III декада червня	II-III декада липня	III декада серпня - I декада вересня
						

Рис. 6. Система біологічного захисту яблуні (сад УкрНДСКР ІЗР, сорт Айдаред, 2015-2017 рр.)

Оцінка екологічного ризику застосування різних систем захисту яблуні від фітофагів і хвороб. Для збереження сприятливої екологічної ситуації необхідно нормувати кількість та асортимент пестицидів на рівні, що відповідає інтенсивності самоочищення сільськогосподарських ландшафтів.

З цією метою екотоксикологічний ризик застосування пестицидів встановлено за агроекотоксикологічним індексом способом аналізу системи: властивості пестицидів – сезонне навантаження – толерантність території. Властивості пестицидів характеризували за ступенем небезпечності інтегральної класифікації, толерантність екосистеми до пестицидного навантаження – зональним індексом самоочищення – $I_{зон}$, який для Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України становить від 0,6 до 0,75. Це свідчить про те, що територія характеризується інтенсивним розпадом пестицидів. Було розраховано показник АЕТІ за різних індексів зональності, оскільки територія знаходиться на кордоні лісостепової і передгірської зони, а межа між ними достатньо умовна, адже кліматичні умови, характерні для Лісостепу, характерні і для передгірської частини регіону.

Оцінку екологічного ризику систем хімічного захисту яблуні від шкідливих організмів проводили за АЕТІ, який описується рівнянням:

$$AETI = \frac{10 \frac{\sum H}{Q \cdot 3I_{зон}} (1 + \frac{\sum H}{Q \cdot 3I_{зон}})^3}{(1 + \frac{\sum H}{Q \cdot 3I_{зон}})^4 + 5000}, \quad (3)$$

де АЕТІ – агроекотоксикологічний індекс, який характеризується таким чином:

0-1 – малонебезпечний, 1-4 – середньонебезпечний, 4-8 – підвищеної небезпечності, 8-10 – високонебезпечний;

$\sum H$ – сезонне навантаження пестицидів, кг/га;

Z – коефіцієнт адсорбційної здатності листової поверхні;

Q – середньозважений ступінь небезпечності пестицидів;

$I_{зон}$ – зональний індекс здатності території до самоочищення.

Середньозважений ступінь небезпечності (Q) визначали за формулою:

$$Q = C_{H_1} * m_1 + C_{H_2} * m_2 + \dots + C_{H_n} * m_n / M, \quad (4)$$

де m – запланована або використана кількість одного пестициду (кг); C_{nc} – ступінь небезпеки цього пестициду; M – загальна кількість усіх пестицидів.

Екологічний ризик є мало небезпечним (рис. 7).

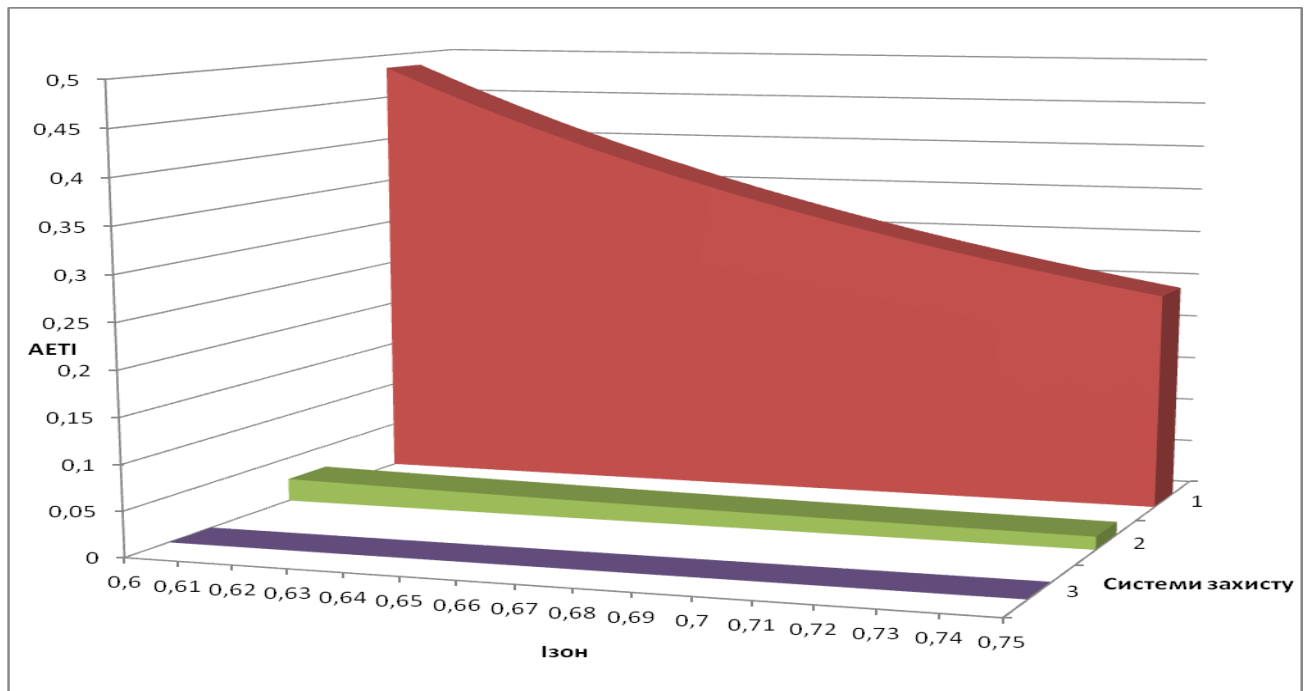


Рис. 7. Екотоксикологічний ризик систем захисту екосистеми яблуневого саду від шкідливих організмів в Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України:

1. Інтенсивна хімічна система; $Q = 5,0$; $\sum H = 29,5$ кг/га
2. Удосконалена хімічна система; $Q = 4,9$; $\sum H = 10,5$ кг/га
3. Біолого-хімічна система; $Q = 6,8$; $\sum H = 0,5$ кг/га

Агроекотоксикологічний індекс (АЕТІ) для всіх систем захисту був меншим 1, що означає, що всі системи захисту є мало небезпечними та не призводять до забруднення екосистеми. Для інтенсивної системи хімічного захисту цей показник становив від 0,24 до 0,49, для удосконаленої – від 0,014 до 0,025. Для системи біолого-хімічного захисту він становив від $6 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-5}$, адже у цій системі використовувалася лише 1 хімічна обробка малополярними пестицидами.

Отже, оцінка екологічного ризику на етапі планування захисних заходів дає можливість визначити потенційну небезпеку системи хімічного захисту і вибрати оптимальний варіант з урахуванням як фітосанітарної ситуації, так і екологічної безпеки.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ

Економічна ефективність різних систем захисту яблуні від шкідливих організмів. Дослідження та розрахунки показали (табл. 3), що найефективнішою за рівнем рентабельності за роки проведення досліджень була біолого-хімічна система, застосування якої дало змогу отримати найвищий показник рентабельності в середньому за роки досліджень 90% та прибуток в розмірі 71304 грн.

Таблиця 3

Економічна ефективність різних систем захисту яблуні від шкідливих організмів в умовах Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України в 2015-2017 рр. (яблуневий сад, УкрНДСКР ІЗР НААН)

Показник	Контроль	Інтенсив-на	Удоскона-лена	Біолого-хімічна	Біологіч-на
Вартість системи та витрати на її застосування, грн/га	-	19837,60	15230,77	6315,93	8658,27
Урожайність, т	13,90	26,17	25,90	23,37	22,03
у т.ч. I сорт, %	16,34	66,68	65,41	59,94	56,48
II сорт, %	40,00	25,99	27,04	30,28	32,37
нестандарт, %	43,69	7,33	7,56	9,78	11,14
Продукція за цінами реалізації, грн/га	73250,60	170676,67	168180,00	148883,33	139022,00
Вартість збереженого врожаю, грн/га	-	97426,07	94929,40	75632,73	65771,40
Витрати, пов'язані з додатковим врожаєм, грн/га	-	3047,33	2973,33	2329,33	2006,33
Собівартість плодів, грн/т	2947,53	3805,90	3649,03	3317,23	3431,10
Прибуток, грн/га	32073,11	70957,78	73576,27	71303,99	63295,61
Рівень рентабельності, %	73,39	69,65	76,26	90,27	81,70

Високі показники економічної ефективності забезпечила удосконалена система хімічного захисту, прибуток від застосування якої був найбільшим серед досліджуваних систем – 73576 грн/га. Рівень рентабельності становив 76%.

Прибуток від застосування системи біологічного захисту становив 63296 грн/га, а рівень рентабельності – 82%.

Найменш ефективною за рівнем рентабельності була система інтенсивного хімічного захисту (70%), хоча прибуток від її застосування становив 70958 грн/га. Низькому рівню рентабельності сприяла висока вартість даної системи, а високому прибутку – найвища урожайність, а відповідно і вартість збереженого врожаю.

Високий рівень рентабельності 73% та прибутку 32073 грн/га забезпечив

дослід у контролі, тобто без застосування захисних заходів, чому сприяло суттєве зростання ціни на плодову продукцію класу нестандарт у 2017 році. Рівень рентабельності у 2015-2016 роках становив 48-54%, а прибутку – 16512-21461 грн/га, що значно нижче, ніж у дослідних варіантах.

Поріг окупності застосування захисних заходів в яблуневих насадженнях. Поріг окупності дає можливість оцінити доцільність застосування тієї чи іншої системи та показує, яку величину прибавки врожаю потрібно отримати, щоб окупити захисні заходи (рис. 8).

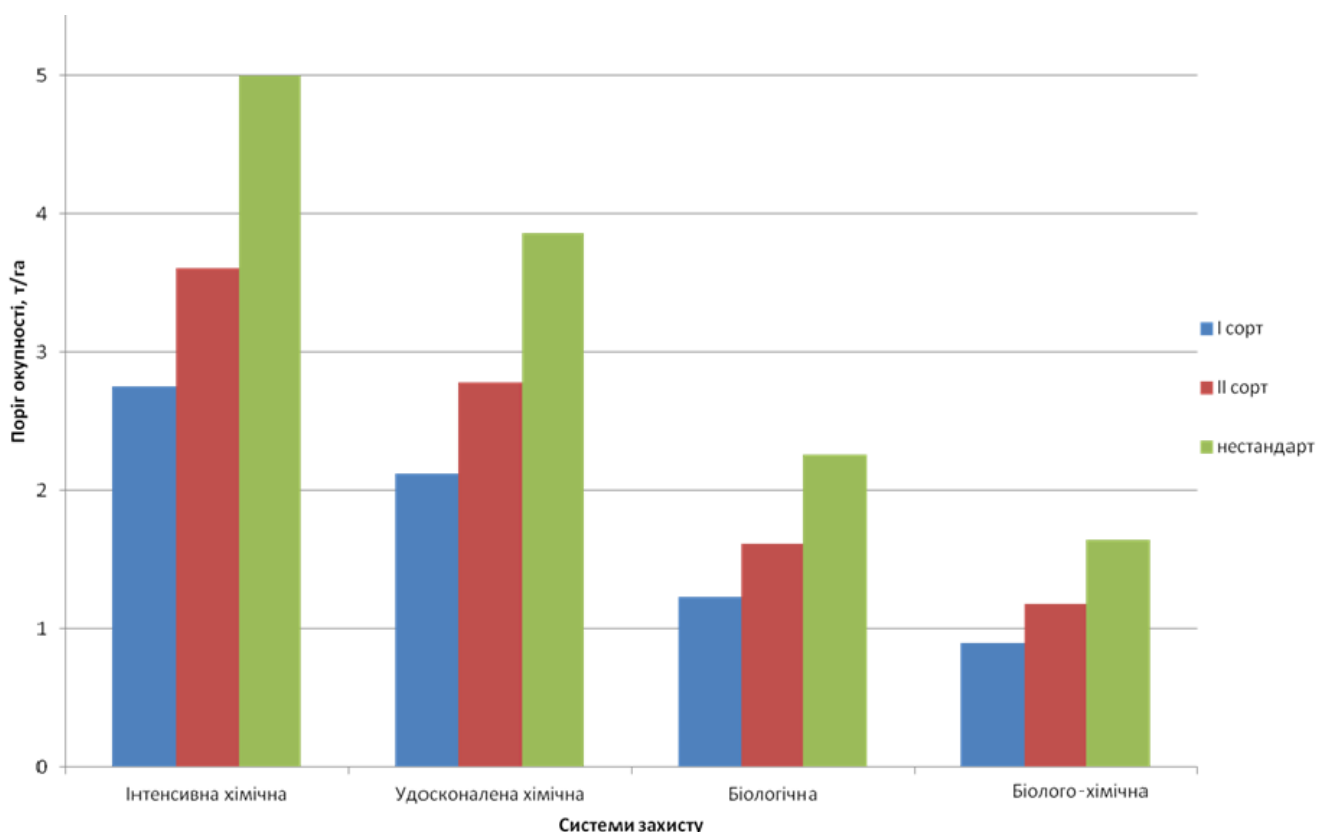


Рис. 8. Поріг окупності застосування різних систем захисту яблуні в Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України (2015-2017 рр., сорт Айдаред)

Для інтенсивної хімічної системи даний показник становив від 2,7 т/га плодової продукції I-го сорту до 5,0 т/га плодів класу нестандарт, удосконаленої хімічної – від 2,1 до 3,8 т/га, біологічної – від 1,2 до 2,3 т/га; біолого-хімічної – від 0,9 до 1,6 т/га.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що полягає в екотоксикологічному та економічному обґрунтуванні систем хімічного, біологічного та біолого-хімічного захисту яблуні від шкідливих організмів у Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України.

1. Встановлено видовий склад шкідників (13 видів), серед яких домінували

яблунева плодожерка (36,3%), попелиці (19,0%), листовійки (11,2%), кліщі (10,0%), яблунева міль (8,8%), квіткоїд (7,8%), оленка волохата (6,3%). Серед хвороб основними були парша (40,5%), борошниста роса (32,0%), моніліоз (12,5%), плодова гниль (9,7%).

2. Одним із необхідних елементів екологічно безпечного застосування хімічних засобів захисту яблуні від шкідників і хвороб є використання малополярних пестицидів зі ступенем небезпечності 4-6. Неполярні пестициди є найбільш небезпечними та за інтегральною класифікацією відносяться до 3 класу небезпечності (Канонір Дуо, КС; Пірінекс Супер 420, КЕ; Блокбастер, КЕ; Нурел Д, КЕ) і потребують детальної регламентації, нормування та контролю.

3. Встановлено, що агроекотоксикологічний індекс (АЕТІ) для всіх систем становить менше 1: для інтенсивної – 0,49, удосконаленої – 0,025, біолого-хімічної – 0,00008. Тому дані системи є мало небезпечними та не приводять до забруднення екосистеми плодового саду.

4. Система інтенсивного хімічного захисту, яка включала 12 обробок хімічними пестицидами за використання небезпечних препаратів (сезонне навантаження – 29,5 кг/га), забезпечила технічну ефективність проти шкідників і хвороб від 90,5 до 97,8%, урожайність на рівні 25,6-26,5 т/га.

5. Удосконалена система захисту забезпечила зниження пестицидного навантаження на садову екосистему за використання малополярних пестицидів, врожайність на рівні інтенсивної хімічної системи захисту (25,4-26,1 т/га) та технічну ефективність від 93,0 до 97,5%.

6. Біологічна система захисту, яка включала 7 обробок біопрепаратами, є екологічно безпечною, забезпечила технічну ефективність проти шкідників і хвороб на рівні 67,0-77,0%, а урожайність яблуні від 21,0 до 22,7 т/га, в т.ч. І сорту – 59,1%.

7. Система біолого-хімічного захисту яблуні за застосування однієї обробки малополярними пестицидами на початку вегетації і 6 обробок біопрепаратами впродовж вегетації знизилася чисельність шкідників і розвиток хвороб на 67,0-96,5%, за урожайності 22,8-23,5 т/га, за цього істотно знизилась обсяги використання хімічних препаратів.

8. Системи захисту яблуні забезпечили високі показники економічної ефективності: рівень прибутку від 41222,6 до 110845,4 грн/га та рентабельності від 52,7 до 127,2%. Для їх окупності необхідна прибавка врожаю в розмірі від 22,3% плодів яблуні І-го сорту до 43,8% нестандартних плодів.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Під час планування та вибору хімічних препаратів доцільно включати у системи захисту малополярні пестициди зі ступенем небезпечності 4-6, а неполярні пестициди, які за інтегральною класифікацією відносяться до 3 класу небезпечності (Канонір Дуо, КС (0,1 л/га); Пірінекс Супер 420, КЕ (1,5 л/га); Блокбастер, КЕ (0,5 л/га); Нурел Д, КЕ (1,0 л/га)), застосовувати у період від фенофази «зелений конус» до фенофази «рожевий бутон», оскільки період їх розпаду в екосистемі у декілька разів повільніший, ніж малополярних.

2. Добирати асортимент пестицидів та норму їх витрати на одиницю площі з

таким розрахунком, щоб сумарна норма витрати пестицидів була не більшою за 30 кг/га за застосування пестицидів, середній ступінь небезпечності яких 4 та 37 кг/га за середнього ступеня небезпечності 5.

3. За значного заселення яблуневих насаджень шкідниками та ураження хворобами застосовувати систему інтенсивного хімічного захисту, яка включає 12 обробок хімічними пестицидами (9 обробок сумішшю інсектицидів та фунгіцидів, 2 обробки фунгіцидами та одну обробку інсектицидами) відповідно до 12 основних фаз розвитку яблуні, в які найбільше шкідливі організми заселяють та шкодять екосистемі яблуневого саду в період від фенофази «зеленого конусу» до фенофази «дозрівання плодів».

4. За несприятливих погодних умов (значна кількість опадів, аномально високі температури повітря), коли дія препаратів біологічного походження буде низькою застосовувати удосконалену систему хімічного захисту, яка включає 9 обробок малополярними пестицидами з низькими нормами витрати (0,15-2,0 л, кг/га) у період від фенофази «відокремлення бутонів» до фенофази «дозрівання плодів». У дану систему включати фунгіцид Блюз, КС з нормою витрати 0,2-0,35 л/га та інсектицид Блокбастер, КЕ з нормою витрати 0,4-0,5 л/га, які випробовувались для державної реєстрації та включені до «Переліку...».

5. Для зменшення застосування хімічних засобів захисту в яблуневих насадженнях застосовувати біолого-хімічну систему: у фенофазу «зелений конус» одна обробка малополярними пестицидами (Каліпсо 480 SC, КС (0,3 л/га); Скор 250 ЕС, КЕ (0,15 л/га)), а у фенофази «кінець цвітіння» – «дозрівання плодів» – біологічними препаратами (Актофіт, КЕ (2 л/га); Гаупсин, Р (6 л/га); Лепідоцид, Р (4 л/га); Колорадоцид, Р (3 л/га); Бітоксикацилін, Р (7 л/га); Фітодоктор, П (2 кг/га); Триходермін, П (5 кг/га); Планриз, ВС).

6. За умови повної відміни від застосування хімічних пестицидів використовувати систему біологічного захисту яблуні, яка базується на семи обробках біопрепаратами (Натургард, ВР (1,0 л/га); Планриз, ВС (5 л/га); Гаупсин, Р (6 л/га); Лепідоцид, Р (4 л/га); Бактофіт, ЗП (2 кг/га); Мітігейт, ВР (0,4 л/га); Колорадоцид, Р (3 л/га); Бітоксикацилін, Р (7 л/га); Фітодоктор, П (2 кг/га); Триходермін, П (5 кг/га)), у фенофази «відокремлення бутонів» – «дозрівання плодів».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Гунчак М. В. Складова екологізації хімічного захисту яблуневих насаджень. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 94-99.
2. Гунчак М. В. Фітосанітарний моніторинг яблуневих насаджень в Південно-Західному Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН"*. 2017. Вип. 2. С. 115-125.
3. **Гунчак М. В.**, Гаврилюк Л. Л., Власова О.Г. Застосування біологічних препаратів для захисту яблуневого саду від основних шкідників у Західному Лісостепу України. *Захист і карантин рослин*. 2017. Вип. 63. С. 51-56. (Здобувачем опрацьовано джерела літератури, отримано й узагальнено експериментальні дані,

написано статтю).

4. Гунчак М. В. Економічна ефективність різних систем захисту яблуні (*Malus domestica* Borkh.) у Придністров'ї. *Садівництво*. 2018. Вип. 73. С. 74-81.

5. **Гунчак М. В.**, Скорейко А. М. Захист яблуневих насаджень від хвороб в умовах Західноукраїнської лісостепової провінції. *Захист і карантин рослин*. 2018. Вип. 64. С. 41-48. (Здобувачем опрацьовано літературні джерела, отримано й узагальнено експериментальні дані, написано статтю).

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз

6. Гунчак М. В. Агроекологічний ризик застосування пестицидів в яблуневих насадженнях в умовах Південно-Західного Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. № 26. С. 38-45.

7. Gunchak M. V. Biological preparations for apple protection from green apple aphid in South-Western Forest-Steppe of Ukraine. «*Наукові доповіді НУБіП*». 2018. №2 (72). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10640/9357>

Статті у наукових виданнях іншої держави

8. Гунчак В. М., **Гунчак М. В.** Результаты использования биорациональных препаратов в интегрированной защите яблони. *Информационный бюллетень ВПРС МОББ*. 2015. № 47. С. 341-344. (Здобувачем опрацьовано літературні джерела, отримано й узагальнено експериментальні дані, написано статтю).

9. Гунчак М. В. Экологизация системы защиты яблони от вредных организмов в условиях Юго-Западного региона Украины. *Информационный бюллетень ВПРС МОББ*. 2017. № 52. С. 94-99.

Патент на корисну модель

10. Спосіб зберігання культур фітопатогенних грибів – *Venturia inaequalis* (Coose) Wint, *Marssonina juglandis* P.: пат. 131033 Україна: МПК А01Н 15/00, С12Н 1/14, А01G 18/20. № у 2018 05634 ; заявл. 21.05.2018; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1. (Здобувач брав участь в патентному пошуку, проведенні експериментальних досліджень та оформленні патенту).

Тези доповідей та матеріали наукових доповідей

11. Гунчак М. В. Фізико-хімічні властивості пестицидів, як критерій оцінки екологічної небезпеки їх застосування в системі захисту яблуні. *Актуальні проблеми та перспективи інтегрованого захисту рослин: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вч. і спец., 7-9 лист. 2016 р. К., 2016. С. 22-24.*

12. Гунчак М. В. Особливості біологічного захисту яблуневих садів в умовах Південно-Західного Лісостепу України. *Новітні агротехнології: теорія та практика: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., 11 лип. 2017 р. К., 2016. С. 82-84.*

13. Гунчак М. В. Перспективи екологічно безпечного ведення садівництва в умовах Буковини. *Сучасні проблеми природничих наук: матер. II Всеукр. конф. молод. наук., 19-20 квіт. 2017 р. Ніжин, 2017. С. 34-35.*

14. **Гунчак М. В.**, Скорейко А. М. Біологічний метод захисту яблуні від парші в умовах Південно-Західного Лісостепу України. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: матер. VI Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вч., м. Київ, 29 березня 2018 р. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2018. С. 76-78. (Здобувачем отримано й узагальнено експериментальні дані, написано тези).*

15. Гунчак М. В. Биологический метод защиты яблони от вредных организмов в условиях Юго-Западной Лесостепи Украины. *Защита растений в традиционном и экологическом земледелии*: матер. докл. Междунар. науч. конф., 10-12 декабря 2018 г. Кишинев, 2018. С. 313-317.

Методичні рекомендації

16. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів Чернівецької області та рекомендації щодо захисту рослин у 2015 році / Л. Г. Фіалковський, **М. В. Гунчак** та ін.; за ред. Л. Г. Фіалковського. Чернівці, 2015. 112 с. *(Здобувачем опрацьовано джерела літератури, отримано й узагальнено експериментальні та літературні дані, написано методичні рекомендації)*.

17. Прогноз фітосанітарного стану яблуневих садів Чернівецької області та рекомендації щодо їх захисту у 2016 році / Л. Г. Фіалковський, **М. В. Гунчак** та ін.; за ред. Л. Г. Фіалковського. Чернівці, 2016. 32 с. *(Здобувачем узагальнено отримані дані, написано методичні рекомендації)*.

18. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів Чернівецької області та рекомендації щодо захисту рослин у 2017 році / О. Г. Александрюк, **М. В. Гунчак** та ін.; за ред. О. Г. Александрюка. Чернівці, 2017. 100 с. *(Здобувачем отримано експериментальні дані, їх опрацьовано та написано методичні рекомендації)*.

19. Біологічний метод захисту яблуні від шкідливих організмів / **М. В. Гунчак**, Л. Л. Гаврилюк, М. П. Соломійчук, А. М. Скорейко. Чернівці: ФОП Варвус В. В., 2018. 18 с. *(Здобувачем опрацьовано експериментальні дані та написано методичні рекомендації)*.

20. Захист яблуні від шкідливих організмів / **М. В. Гунчак**, Л. Л. Гаврилюк, М. П. Соломійчук, А. М. Скорейко. Чернівці: Місто, 2019. 36 с. *(Здобувачем отримано експериментальні та літературні дані, їх узагальнено та написано методичні рекомендації)*.

АНОТАЦІЯ

Гунчак М. В. Екотоксикологічне та економічне обґрунтування систем захисту яблуні від шкідливих організмів у Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 «Екологія». – Інститут захисту рослин НААН. – Київ, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вивченню особливостей захисту яблуні від шкідливих організмів, проведенню оцінки екологічного ризику застосування пестицидів та розрахунку показників економічної ефективності систем захисту яблуні від шкідливих організмів.

На основі проведеного багаторічного моніторингу в яблуневих насадженнях Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України встановлено видовий склад фітофагів і збудників хвороб.

Визначено параметри екотоксикологічної характеристики пестицидів сучасного асортименту, що застосовуються для захисту яблуні від шкідників і хвороб: величину дипольного моменту (μ), константу швидкості розпаду (k^{-1} , частин

за добу), період напів- та повного розпаду (T_{50} та T_{95} , діб⁻¹) в екосистемі яблуневого саду, здійснено класифікацію за ступенем небезпечності їх застосування.

Розроблено 4 системи захисту яблуневого саду від шкідливих організмів у Передкарпатській провінції Карпатської гірської зони України: інтенсивна хімічна система; удосконалена хімічна система; біологічна система та біолого-хімічна система.

Екотоксикологічний ризик застосування пестицидів встановлено за агроекотоксикологічним індексом, який для всіх систем захисту рослин був малонебезпечним.

Усі досліджувані системи захисту яблуні показали високі показники економічної ефективності, їх застосування дало змогу не лише окупити витрати на захисні заходи, а й отримати прибуток.

Ключові слова: яблуня, захист рослин, хімічний, біологічний, інтегрований захист, економічна ефективність, екотоксикологія, фітосанітарний моніторинг.

АННОТАЦИЯ

Гунчак М.В. Экотоксикологическое и экономическое обоснование систем защиты яблони от вредных организмов в Предкарпатской провинции Карпатской горной зоны Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.16 «Экология». – Институт защиты растений НААН. – Киев, 2019.

Диссертация посвящена изучению особенностей защиты яблони от вредных организмов, проведению оценки экологического риска применения пестицидов и расчета показателей экономической эффективности систем защиты яблони в Предкарпатской провинции Карпатской горной зоны Украины.

На основе проведенного многолетнего мониторинга в яблоневых насаждениях установлено видовой состав фитофагов и возбудителей болезней. В частности, наиболее распространенными вредителями были: яблоневая плодожорка (36,3%), тля (19,0%), листовертки (11,2%), клещи (10,0%), яблоневая моль (8,8%), цветоед (7,8%), аленка мохнатая (6,3%); самыми распространенными болезнями: парша (40,5%), мучнистая роса (32,0%), монилиоз (12,5%), плодовая гниль (9,7%).

Определены параметры экотоксикологической характеристики пестицидов современного ассортимента, применяемые для защиты яблони от вредителей и болезней: величину дипольного момента (μ), константу скорости распада (k^{-1} , частей в сутки), период полу- и полного распада (T_{50} и T_{95} , суток⁻¹) в экосистеме яблоневого сада, пестициды классифицированы по степени опасности их применения.

По величине дипольного момента пестициды разделены на: неполярные, малополярные и полярные. Установлено, что неполярные пестициды с μ от 0 до 2 Дебай являются наиболее опасными, по интегральной классификации относятся к 3 классу опасности (Канонир Дуо, КС; Пиринекс Супер 420, КЭ; Блокбастер, КЭ; Нурел Д, КЭ) и требуют дополнительной регламентации, нормирования и контроля. Рекомендуется применять малополярные пестициды со степенью опасности 4-6, что

является одним из необходимых элементов рационального и экологически безопасного применения химических средств защиты растений.

Разработаны 4 системы защиты яблоневого сада от вредных организмов в Предкарпатской провинции Карпатской горной зоны Украины: интенсивная химическая система; усовершенствованная химическая система; биологическая система и биолого-химическая система.

Разработана система интенсивной химической защиты растений, которая включала 12 обработок химическими пестицидами в соответствии с 12 основными фазами развития яблони, в которые наиболее вредные организмы заселяют и вредят экосистеме яблоневого сада. Урожайность при использовании данной системы составляла от 25,6 до 26,5 т/га. Техническая эффективность – 90,5 до 97,8%.

Разработана усовершенствованная система химической защиты растений, адаптированная к условиям Предкарпатской провинции Карпатской горной зоны Украины, которая учитывает биологические особенности развития вредных организмов в регионе и включает 9 обработок малополярными пестицидами с низкими нормами расхода (0,15-2,0 л, кг/га). При разработке данной системы были учтены все недостатки, которые были в интенсивной химической системе, в том числе уменьшено количество обработок с 12 до 9 и исключено те препараты, которые по степени интегральной классификации пестицидов относятся к опасным и умеренно опасным. Урожайность при использовании данной системы составляла в среднем 25,9 т/га, а техническая эффективность – на уровне 90-95%.

Система биологической защиты яблони от вредных организмов в условиях Предкарпатской провинции Карпатской горной зоны Украины базируется на 7 обработках биопрепаратами. Урожайность при использовании данной системы в среднем составила 22,0 т/га, техническая эффективность – на уровне 70-72%. Данная система является экологически безопасной и позволила на высоком уровне защитить яблоневые насаждения от вредителей и болезней.

Биолого-химическая система защиты яблони от вредных организмов базируется на 7 обработках химическими или биологическими препаратами, при использовании феромонных ловушек и включает в начале вегетации яблони использование химических средств защиты, а после цветения – биологических препаратов для уменьшения пестицидной нагрузки на экосистему сада. Урожайность при использовании данной системы в среднем составила 23,4 т/га, техническая эффективность – на уровне 73-75%.

Экотоксикологический риск применения пестицидов установлен по агроэкотоксикологическому индексу, который для всех систем защиты был меньше 1: для интенсивной системы химической защиты этот показатель составлял от 0,24 до 0,49, для усовершенствованной – от 0,014 до 0,025, для системы биолого-химической защиты – от 0,00006 ($6 \cdot 10^{-5}$) до 0,00008 ($8 \cdot 10^{-5}$).

Применение всех исследуемых систем защиты яблони дало возможность получить высокие показатели экономической эффективности, уровень прибыли от 41222,6 до 110845,4 грн/га и рентабельности от 52,7 до 127,2%. Для окупаемости интенсивной, усовершенствованной, биологической и биолого-химической систем защиты яблони необходимо получать прибавку урожая в размере от 22,3% плодов яблони I-го сорта до 43,8% нестандартных плодов.

Разработанные системы химической, биологической и биолого-химической защиты яблони от вредных организмов направлены на оценку последствий при ее выращивании, основанные на экологической эффективности, не несут пестицидной нагрузки на окружающую среду, позволяют получить плоды высокого качества и рентабельно вести экономическую деятельность.

Ключевые слова: яблоня, защита растений, химическая, биологическая, интегрированная защита, экономическая эффективность, экотоксикология, фитосанитарный мониторинг.

SUMMARY

Hunchak M.V. Ecotoxicological and economic substantiation of protection systems of apple from harmful organisms in the Precarpathean province of Carpathean mountaineous area of Ukraine. – On the rights of the manuscript.

The thesis for a candidate degree of agricultural sciences, the speciality 03.00.16 – ecology. – The Institute of Plant Protection. – Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the study of peculiarities of protection of apple from harmful organisms, carrying out of the assessment of the ecological risk of pesticide use and the calculation of the economic efficiency of apple tree protection systems in the Precarpathean province of Carpathean mountaineous area of Ukraine.

Based on the long-term monitoring carried out in the apple plantations of the Precarpathean province of Carpathean mountaineous area of Ukraine, a species composition of phytophagous and pathogens has been established.

The parameters of the ecotoxicological characteristics of the pesticides of the modern assortment used to protect the apple from pests and diseases are determined: the magnitude of the dipole moment (μ), the decay rate constant (k^{-1} , parts per day), the half-full decay period (T_{50} and T_{95} , days $^{-1}$) in apple agrocenosis, a classification was made according to the degree of their application.

4 systems of protection of an apple orchard from harmful organisms in the West Forest-steppe: an intensive chemical system; advanced chemical system; biological system and biological-chemical system.

The ecotoxicological risk of pesticides application was established according to the agroecotoxicological index, which for all protection systems was low-risk.

All studied apple tree protection systems showed high cost-effectiveness, and their application made it possible not only to pay for protective measures but also to make a profit.

Key words: apple, plant protection, chemical, biological, integrated protection, economic efficiency, ecotoxicology, phytosanitary monitoring.