

Захист і карантин рослин, 2020. Вип. 66.

УДК 632.951

DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2020.66.58-73>

**О.Г. ВЛАСОВА**, кандидат сільськогосподарських наук

**М.П. СЕКУН**, доктор сільськогосподарських наук

**М.Д. ЗАЦЕРКЛЯНА**, науковий співробітник

Інститут захисту рослин НААН, вул. Васильківська, 33, м. Київ,  
03022, Україна, e-mail: [toxicology\\_ipp@ukr.net](mailto:toxicology_ipp@ukr.net)

## АНТИРЕЗИСТЕНТНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ШКІДЛИВИХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ

---

**Мета.** Обґрунтувати і розробити антирезистентну систему захисту сільськогосподарських культур і багаторічних насаджень від шкідливих членистоногих. **Методи.** Чутливість фітофагів на природних популяціях, зібраних на посівах пшениці озимої, сої, ріпаку, визначали за різних методів отруєння — занурювання комах на заселених рослинах та занурювання комах у марлевих мішечках на 3 с у відповідний розчин інсектициду. В основі методик лежить вивчення реакції шкідника на серію доз препарату — від мінімальної, що викликають смертність 5—10% нормальних за чутливістю особин, до максимальної (смертність 90% і більше). Токсикологічні параметри розраховували за допомогою програми PROBAN. **Результати.** Виявлено різну чутливість природних популяцій членистоногих до сучасних інсектицидів. Розроблено прийоми раціонального використання інсектоакарицидів і використання альтернативних біологічних та імунологічних методів. **Висновки.** Ефективним заходом для запобігання і гальмування формування резистентних популяцій шкідливих видів членистоногих до інсектоакарицидів є антирезистентна система захисту рослин. Вона включає моніторинг резистентності природних популяцій шкідливих видів фітофагів, виявлення типу резистентності та раціональне використання хімічних препаратів.

**інсектоакарициди; чутливість; резистентність; середня смертельна концентрація; реверсія; членистоногі**

Вважається, що використання інсектоакарицидів впливає на популяції членистоногих у трьох напрямках: призводить до зміни чисельності, індукує генетичну нестабільність, спричиняє розвиток резистентності.

Формування популяції фітофагів, резистентної до інсектоакарицидів, є одним із негативних наслідків хімічного захисту сільськогосподарських культур і багаторічних насаджень. Безсистемне, з порушен-

ням регламенту, застосування хімічних препаратів, особливо однакового механізму дії, призвело до загострення ситуації з резистентністю найбільш небезпечних видів шкідників. Резистентність (*resistente* — протистояти, чинити опір) — це стійкість організму до впливу різних чинників навколишнього середовища. Із загальних біологічних позицій явище резистентності характеризується як зміна генетичної структури популяції у зв'язку з появою і поширенням стійкого біотипу внаслідок відбору під впливом пестицидів.

У токсикології під резистентністю (набутою стійкістю) розуміють несприйнятливність живого організму до дії токсичної речовини.

У ряді публікацій зустрічається термін «звикання до отрути», який не вірний за своєю суттю [1]. Ніякого звикання у процесі розвитку резистентності немає, а відбувається протилежний процес — чутливі (нормальні) особини не звикають, а гинуть під впливом пестициду, стійкі ж форми отримують кількісну перевагу і, коли резистентність популяції досягає високого рівня, пестицид повністю втрачає свою ефективність [2].

Інтенсивність відбору за хімічних обробок визначається тривалістю життєвого циклу природних популяцій членистоногих. Полівольтинні види (попелиці, кліщі) можуть набути стійкості вже через 3—4 роки з початку систематичного застосування токсиканту. Для моновольтинних видів формування резистентності закінчується протягом 6—8 років безперервного розмноження. На швидкість формування резистентних популяцій впливає також інтенсивність дії добору — збільшення кількості обробок за сезон, застосування високої норми витрат хімічного препарату, його властивість.

Це явище має генетичну і біохімічну природу [3—6]. Суть генетичного відбору полягає у накопиченні стійких особин, які вже мали місце у чутливій популяції до її обробки пестицидами. В основі трансформації чутливої популяції на стійку лежать кількісні зміни її фенотипового складу.

Суть біохімічного відбору полягає у взаємодії токсиканту з біохімічними системами організму, результатом якої є порушення транспорту іонів через мембрани нервових клітин, дихальної системи, активності ферментів нервової системи.

Існує така класифікація типів резистентності до пестицидів у шкідливих організмів:

- ◆ групова — стійкість до двох або кількох близьких за хімічним складом і механізмом токсичної дії пестицидів, що виникла при застосуванні одного препарату певної групи;
- ◆ перехресна (кросрезистентність) — стійкість до двох або кількох пестицидів, різних за хімічною природою, що виникла при застосуванні одного препарату;

- ◆ множинна — коли за використання пестицидів визначається розвиток стійкості водночас до кількох токсикантів різної хімічної природи.

Вперше явище стійкості було виявлено 1902 р. у популяції каліфорнійської щитівки до вапняно-сірчаного відвару. Інтенсивне застосування нових ефективних, але вузько селективних синтетичних інсектицидів, спричинило швидкий розвиток стійкості до токсикантів у великої кількості видів шкідників.

Нині це явище носить глобальний характер — стійкі популяції спостерігаються у понад 600 видів. Результати моніторингу резистентності свідчать про те, що цим явищем охоплена більшість важливих шкідників незалежно від їхньої систематичної належності. Наслідок резистентності — зниження ефективності препаратів, збільшення норм витрат, кількості обробок, потенційне забруднення одержаної продукції і навколишнього середовища в цілому.

Зниження чутливості колорадського жука до хлорорганічних інсектицидів в Україні вперше виявлено 1969 року у Закарпатській області, тобто через 10 років з моменту появи шкідника у цій зоні. Протягом 1969—1974 рр. стійкість шкідника до ДДТ виросла у 46 разів. У 90-х роках минулого століття резистентність жука до піретроїдних препаратів сягала 66—47-кратного рівня. Це призвело до значного зниження ефективності Децису і Карате (клас піретроїди), особливо у приватному секторі. Перехресна резистентність виявлена і у злакових попелиць. Показник резистентності черемхово-злакової попелиці до Бі-58 нового (фосфорорганічні сполуки) досягнув 30-ти, до Децису — 25-кратного рівня. Для великої і звичайної попелиць він сягав 11- і 16-кратного рівня відповідно.

Вперше виявлена резистентність яблуневої плодожерки до хлорорганічних препаратів. У Радгоспі «Кам'янка» і Мелітопольській дослідній станції садівництва, де препарат використовували з 1950 р., у гусені резистентність до ДДТ виросла у 13 і 9 разів відповідно [7].

Нині з павутинних кліщів для плодових культур найбільш небезпечним є глодовий кліщ. У 1963 р. показник резистентності до Тіофосу деяких популяцій його з Кримської дослідної станції і Державного Нікітського ботанічного саду становив 7—18. У 1967 р. стійкість шкідника до Рогору у деяких господарствах Криму виросла у 5—11 разів [7, 8].

Тому, нині розробка екологічно та токсикологічно обґрунтованої антирезистентної системи захисту рослин від шкідливих членистоногих залишається найбільш актуальним питанням, що і сформувало напрям наших досліджень.

**Метою** роботи є обґрунтування і розробка антирезистентної системи захисту рослин на основі моніторингу формування резистент-

ності в природних популяціях фітофагів, раціонального використання інсектоакарицидів.

**Матеріали і методи досліджень.** Об'єкт досліджень — звичайна злакова попелиця (*Schizaphis graminum* Rond.), ріпаковий квіткоїд (*Meligethes aeneus* F.), хрестоцвіті блішки (*Phyllotreta* spp.), звичайний павутинний кліщ (*Tetranychus urticae* Koch.), зібрані на посівах пшениці, ріпаку, сої в ННЦ «Інститут землеробства» НААН.

Схеми дослідів включали варіанти: Конфідор 200, р.к. (імідаклоприд); неонікотиноїди; Бі-58 новий, к.е. (диметоат); фосфорорганічні сполуки; Децис Профі, в.г. (дельтаметрин); синтетичні піретроїди; Карате 050 Е.С., к.е. (лямбда-цигалотрин).

В основі проведених методик лежить реакція шкідника на серію дозувань препарату — від мінімальної, яка викликає загибель 5–10% нормальних чутливих особин, до максимальної, за використання якої гине понад 90% особин. Отруєння попелиці і кліща проводили методом занурювання заселеного ним листка, а блішок і квіткоїда — занурюванням їх у марлевих мішечках на 3 с у відповідний розчин інсектициду. Водні розчини використовували у 5-ти концентраціях, повторність 3-разова, у кожній повторності не менше 50 особин. Токсикологічні параметри розраховували за допомогою комп'ютерної програми Proban [9].

За еталонний рівень чутливості комах і кліща до інсектоакарицидів брали дані, наведені у методичних вказівках [10].

Кількісним показником чутливості комах до інсектоакарицидів була величина концентрації, яка викликала 50% смертності особин ( $СК_{50}$ , % діючої речовини).

Показник резистентності (ПР) — відношення  $СК_{50}$ , % д.р. для популяції, що обробляється, до  $СК_{50}$ , % д.р. для чутливої популяції [11].

**Результати та обговорення.** Антирезистентна система захисту сільськогосподарських культур і багаторічних насаджень від шкідливих видів членистоногих базується на принципах, які сприяють максимальному зниженню токсичного навантаження на агроценози за збереження ефективності захисних заходів на задовільному рівні та забезпечення реверсії резистентних популяцій до інсектицидів на рівні початкових показників.

Потрібен постійний моніторинг чутливості природних популяцій шкідників до інсектицидів з метою раннього виявлення процесу розвитку резистентності економічно значущих видів, визначення типу резистентності до препаратів споріднених та інших хімічних класів.

На основі цих принципів розроблено антирезистентну систему контролю чисельності шкідників сільськогосподарських культур, схему якої наведено на рисунку.



*Рис. Концептуальна схема антирезистентної системи захисту сільськогосподарських культур від шкідників*

Як показали результати досліджень, формування резистентних популяцій фітофагів значною мірою залежить від особливостей шкідника, властивостей інсектицидів та строків їх використання у практиці захисту рослин (табл.).

**Моніторинг резистентності фітофагів до інсектицидів  
(лабораторний дослід, 2015–2018 рр.)**

Варіант	Показник резистентності			
	Звичайна злакова попелиця	Хрестоцвіті блішки	Ріпаковий квіткоїд	Звичайний павутинний кліщ
Бі-58 новий, 40% к.е. (диметоат)	16,4	3,0	4,7	21,9
Децис Профі, 25% в.г. (дельтаметрин)	10,1	5,4	34,7	11,5
Карате 050, к.е. (лямбда-цигалотрин)	8,2	5,6	21,0	8,8
Конфідор 200, р.к. (імідаклоприд)	1,6	1,8	1,0	4,1

У популяції звичайної злакової попелиці виявлено 10- і 8-кратний рівень резистентності до піретроїдних інсектицидів. Серед них більш високий цей показник для Децису порівняно з Карате, що пояснюється більш тривалим періодом застосування його на посівах зернових колосових (різниця майже 10 років). Але ще більш тривалий термін використання Бі-58 нового, що підтверджується і показником резистентності. Крім того, тривала токсична дія препарату сприяє більш швидкому формуванню резистентних популяцій членистоногих.

Останнім часом арсенал інсектицидів поповнився сполуками нового хімічного класу — неонікотиноїди. Інсектициди цього класу з діючою речовиною імідаклоприд широко використовують для захисту сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових, як за обприскування посівів, так і за передпосівної обробки насіння. За таких умов уже спостерігається початок формування резистентних популяцій особливо у полівольтинних видів [12].

Високий показник резистентності блішок до Конфідору пояснюється широким використанням, останнім часом, препаратів з діючою речовиною імідаклоприд, як окремо, так і в суміші з іншими інсектицидами, для передпосівної обробки посівного матеріалу (Ін Сет, Команч, Нупрід, Чинук) і для обробки посівів ріпаку (Альфазол, Лорд). Навпаки, для синтетичних піретроїдів і фосфорорганічних сполук склались сприятливі умови для реверсії резистентних форм до початкової чутливості (обробки культури цими препаратами значно скоротились).

Пояснення можна знайти в тому, що Бі-58 новий обмежений у використанні на ріпаку через високу токсичність для запилювачів. В основному на культурі застосовують синтетичні піретроїди. Не випадково резистентність ріпакового квіткоїда до інсектицидів цієї групи є проблемною для Західної Європи.

Препарати на основі імідаклоприду високоефективні проти звичайного павутинного кліща, тому широке його використання сприяло формуванню резистентних популяцій з найбільш високим показником резистентності у порівнянні з іншими фітофагами.

В ситуації, яка склалася в агроценозах різних сільськогосподарських культур, виникла необхідність розробки антирезистентної системи захисту від шкідників, яка має включати оптимальну схему чергування (ротацію) препаратів різного механізму дії.

Концепція чергування інсектицидів (як антирезистентний запобіжний захід) передбачає, що групи особин, стійких до одного препарату, будуть утримуватись в період використання інших, що чергуються з цим препаратом. Тимчасовий розрив у контактах популяції шкідника з одним і тим же токсикантом протягом сезону сприяє також гальмуванню процесу формування резистентності до нього, отже й тривалому збереженню ефективності засобів захисту [13]. Враховуючи можливість швидкого розвитку перехресної резистентності до подібних сполук, небажано у схемах чергування використовувати препарати одного хімічного класу незалежно від їхньої початкової ефективності.

Для попередження розвитку резистентності у популяції тетраніхових кліщів (червоний плодовий, глодовий, звичайний павутинний) і для захисту від резистентних популяцій цих видів до фосфорорганічних інсектоакарицидів у яблуневих садах Лісостепу України рекомендовано введення в систему чергування специфічних акарицидів, які рекомендовані для використання на цих культурах. З цією метою проведено лабораторні досліді з оцінки афіцидної активності різних сполук: Аполло (клофентезин), Неорон (бромпропілат) і Ортус (фенпіроксимат).

Результати визначення токсичності афіцидів показали, що всі вони високотоксичні для звичайного павутинного кліща ( $СК_{50}, \% \text{ д.р.} - 3,28 \times 10^{-5}, 1,43 \times 10^{-6}, 5,85 \times 10^{-5}$ ). Це свідчить, що афіциди можуть захистити плодові культури від цих видів шкідників.

З урахуванням властивостей хімічних препаратів і стану популяцій кліщів рекомендовано чергувати специфічні хлор- і сірковмісні акарициди за 2–3-разової обробки за сезон. У фазу набрякання бруньок рекомендовано використовувати хлорвмісні препарати: Аполло — похідні тетразинів, Блейк — піридазинони, Ніссоран — карбоксаміди. У фазу кінець цвітіння рекомендовано Демітан — похідні хінозаміни, Омайт — сульфокислот. Ці препарати містять олово і сірку.

Оскільки кліщі полівольтинні (розмножуються у 11–13 генерацій у відкритому ґрунті за сезон), чергування слід проводити через кожні 2 роки. Для зниження хімічного навантаження на агроценоз, в систему чергування слід включати препарат 30 В (масло індустріаль-

не) до розпускання бруньок або мікробіологічний препарат Актофит (аверсектин).

Задля попередження і гальмування розвитку резистентності колорадського жука з наявних у арсеналі сучасних інсектицидів з різних класів доцільно в систему чергування включати препарати класів неонікотиноїди, антраміламіди, похідних бензоїлсечовини (інгібітор синтезу хітину — тефлубензурон (Номолт)). Чергування інсектицидів ефективне через кожних 4—5 років.

Таким чином чергування інсектицидів є профілактичним прийомом, що перешкоджає розвитку резистентності до традиційних або запроваджених у практику нових токсикантів, але при цьому приходить, як правило, до розвитку перехресної резистентності до препарата-замінника за інтенсивного його використання.

Ефективним прийомом є використання сумішей різних препаратів з різних хімічних класів. У даному випадку допускається, що механізми, які визначають розвиток резистентності до кожного компоненту суміші, відрізняються і зустрічаються з такою низькою частотою, що не можуть взаємодіяти в одному генотипі. В результаті цього резистентні форми, які вижили на фоні використання одного токсиканта, будуть знищені іншим, що знаходиться у суміші.

Існують чисельні повідомлення про те, що проти резистентних до фосфорорганічних сполук популяцій шкідників ефективні суміші їх з піретроїдними інсектицидами. При цьому за виявлення синергізму або адитивності такі суміші забезпечують зниження норм витрат компонентів без зниження ефективності, запобігають формуванню резистентних популяцій членистоногих і тим самим дозволяють одержати максимальний економічний ефект та знизити пестицидне навантаження на агроценоз.

В лабораторних дослідах вивчали токсичність суміші Дурсбан (хлорпірифос) з Карате (лямбда-цигалотрин) у співвідношенні 1:1 (половинні норми витрат за препаратом) для звичайної злакової попелиці (з показником резистентності 17). При цьому  $СК_{50}$ , % д.р. для Дурсбану становить  $1,7 \times 10^{-5}$ ; для Карате —  $2,1 \times 10^{-4}$ ; а суміші —  $1,4 \times 10^{-6}$ . Коефіцієнт сумісної дії (відношення  $СК_{50}$ , % д.р. теоретичне до  $СК_{50}$ , % д.р. експериментальне) дорівнював 1,3 (синергетичний ефект).

У дослідах з личинками шкідливої черепашки вивчали токсичність сумішей Бі-58 новий з Децисом (співвідношення 1:1).  $СК_{50}$ , % д.р. для Бі-58 дорівнював  $7,3 \times 10^{-4}$ ; Децису —  $4,7 \times 10^{-3}$ ; а суміші —  $2,5 \times 10^{-4}$ . КСД досягав 1,9. Однак, слід мати на увазі, що систематичне використання сумішей інсектицидів різних хімічних класів може викликати формування перехресної резистентності у членистоногих, контролювання яких складне.

Зниження пестицидного навантаження на агроценоз може бути досягнуто способом сумісного використання інсектицидів з мікробіологічними препаратами за рахунок половинної норми витрат інсектициду. У лабораторних дослідах із звичайним павутинним кліщем встановлено, що чутливість до Децису Профі була найменшою, ( $СК_{50} 3,8 \times 10^{-4}$ ); тоді як суміш Децису з Актофітом виявилась високотоксичною ( $СК_{50} 2,7 \times 10^{-6}$ ). У польових дослідах також показана висока технічна ефективність (88,9–98,4%) цих сумішей.

Комплексність діючої основи і глибокі порушення у клітинах і тканинах членистоногих, пов'язаних з підвищенням провідності клітинних мембран і блокуванням нервово-м'язових імпульсів, роблять цей препарат перспективним для використання у антирезистентних системах захисту сільськогосподарських культур від шкідників.

Використання мікробіологічних препаратів окремо представляє певний інтерес у контролюванні резистентних до інсектицидів хімічного синтезу популяцій шкідників сільськогосподарських культур через їх селективність і швидку біодеградацію. Потенціал заходів біологічного захисту в обмеженні резистентних популяцій фітофагів невеликий, але дуже значимий для закритого ґрунту, оскільки біопрепарати використовуються переважно в теплицях. Є дані про розвиток в популяціях низки видів членистоногих резистентності до деяких біопрепаратів, створених на основі спор і екзотоксину *Bacillus thuringiensis* та вірусу ядерного поліедрозу. Тому найбільш раціональною тактикою використання мікробіологічних препаратів є включення їх у системи чергування інсектицидів різних хімічних класів.

Вирощування і впровадження у практику стійких проти фітофагів сортів (гібридів) сільськогосподарських культур — це найбільш ефективний метод довготривалого управління чисельністю популяцій шкідливих видів членистоногих.

Стан популяції фітофага значною мірою визначається достатньою кількістю і якістю корму. У свою чергу поживна цінність кормової рослини визначається її видовими і сортовими особливостями. У вітчизняній і зарубіжній літературі є свідчення про те, що живлення на сортових посівах залежно від якості корму істотно змінює формування чисельності біотопічної популяції фітофагів, призводить до різноякісного морфологічного і фізіологічного стану членистоногих. Якісний корм покращує їхній фізіологічний стан, підвищує життєздатність, адаптацію до зовнішніх умов середовища, в той час як при живленні кормом низької якості ці показники знижені [14, 15].

У певних біотопах, що відрізняються поживністю корму, спостерігається неоднакова чутливість окремих популяцій одного і того ж виду шкідника до інсектицидів, а самі хімічні препарати проявляють «ефект дози», тобто діють вибірково.

Для підтвердження даних літератури нами у лабораторних дослідах визначено чутливість личинок колорадського жука до інсектицидів при живленні на різних за стійкістю проти шкідника сортах картоплі.

За одержаними даними при отруєнні Карате Зеоном, Корагеном і Конфідором величина  $СК_{50}$  в 1,5—2,7 раза менша для личинок, які живилися на стійких (несприятливих) сортах (Повінь, Доброчин, Серпанок) у порівнянні з такими для личинок, які живились на сприятливих для фітофага сортах (Зов, Слов'янка).

Аналогічна картина спостерігалася і в дослідах з шкідливою черепашкою, проведених раніше (2009—2011 рр.). Для личинок, що жили на сортах пшениці озимої Одеська напівкарликова, Спартанка показники  $СК_{50}$ , % д.р. Базудину і Децису були у 2—3 рази нижчими для личинок, що живились на сорті Айсберг Одеський.

Різниця чутливості до інсектицидів у популяціях фітофагів, що живляться різноякісним кормом, важлива для вирішення практичних питань диференціації норми витрати препаратів, можливого їхнього зниження, навіть зменшення кількості хімічних обробок. Все це пов'язано з уповільненням формування резистентних популяцій членистоногих.

До заходів, що сприяють зниженню токсичного навантаження на агроценози при збереженні ефективності захисних заходів на екологічно і економічно задовільному рівні, сприяють сповільненню швидкості формування резистентних популяцій, слід віднести обробку посівного матеріалу інсектицидами-протруйниками, вибіркове застосування токсикантів відповідно до показників ЕПШ, характер розподілу шкідників на посівах (крайові, осередкові, смугасті обробки), що сприяють скороченню кількості хімічних обробок, зниженню гектарної норми витрат препарату, зниженню розміру площ, що обробляються, чисельності популяцій шкідників, що зазнають дії токсикантів [16].

Рациональне застосування інсектицидів різного механізму токсичної дії і спектра активності у сезонних схемах їхнього чергування призводить до різкого зменшення пестицидного навантаження на популяції шкідливих видів членистоногих. Це у свою чергу сприяє поступовій реверсії чутливості (повернення чутливості до початкового рівня). Процес має велике практичне значення, оскільки може визначати строки вилучення препарату або повторне включення його у систему хімічних обробок. Незважаючи на це, дані в літературі обмежені [16, 17].

Проведено лабораторні дослідження з реверсії колорадського жука щодо Децису і Карате. Як зазначалось раніше, показники резистентності шкідника до цих препаратів у середині 90-х років минулого століття сягали 66 і 48-кратного рівня. За цей період для захисту кар-

топлі, інших пасльонових від шкідника використовували інсектициди з іншим механізмом дії: на основі імідаклоприду, ацетаміприду, хлорантраніліпролу, аверсектину. Результати досліджу вказують на підвищення чутливості фітофага до цих інсектицидів: до Децису з 66 до 13-кратного рівня, а Карате — із 48 до 11-кратного рівня. Це свідчить про те, що ці препарати можна включати у систему захисту пасльонових від колорадського жука.

Розмежування інсектицидів впродовж 26 генерацій сприяло реверсії чутливості до Децису і Карате з 8,2 і 6,4-кратного рівня до 6,8 та 5,3 відповідно. Однак на попередньому рівні (10,1 та 1,6) збереглися показники резистентності до Бі-58 нового та Конфідору. Аналогічні зміни в показниках чутливості відбулися і в популяціях звичайного павутинного кліща до Актофіту, Вертимеру, Карате Зеону та Конфідору.

Встановлено закономірність: чим більш тривала токсична дія інсектициду, тим повільніше відбувається реверсія чутливості популяції. Аналіз результатів вивчення закономірностей формування резистентності дає змогу рекомендувати вибір того чи іншого засобу захисту для попередження її виникнення, залежно від показників розвитку до окремих препаратів або їх груп у конкретних популяціях. У початковий період розвитку резистентності (період низької і відносно стабільної стійкості, або так званої толерантності), яка перевищує природну чутливість особин у 2—5 разів, можна обмежитись підбором ефективної норми витрат препарату (в межах регламенту), чергуванням інсектицидів цього ж хімічного класу, використанням суміші препаратів.

У другий період — швидкого, стрибкоподібного зростання резистентності, коли стійкість популяції перевищує початковий рівень у 80—100 разів, виправданий вибір заходів, які сприяють ослабленню пестицидного навантаження на популяцію: використання ЕПШ, крайові, локальні обробки, чергування інсектицидів з різних хімічних класів, суміші інсектицидів з мікробіологічними препаратами, використання стійких сортів.

Третій період характеризується стабілізацією резистентності на максимальному для даного препарату і даного організму рівні. Показники резистентності досягають високого рівня (ПР > 100). Інсектициди стають неефективними за різних норм витрат. Необхідне повне виключення інсектицидів із системи захисту культури і перехід на альтернативні методи: біологічні, імунологічні.

У всі періоди розвитку резистентності важливим є превентивна тактика захисту рослин, яка дає можливість попередити або загальмувати процес розвитку резистентності до інсектицидів. Ця мета може бути досягнута тільки за використання хімічних препаратів в інтегрованих системах.

Дослідження проведені в рамках ПНД 12 «Наукові основи сучасних технологій прогнозу і управління фітосанітарним станом агроценозів» (Захист рослин); № ДР 0116U003531.

## ВИСНОВКИ

Для Лісостепу України резистентність природних популяцій фітофагів даного рівня до сучасних інсектицидів істотно не позначається на ефективності. Однак необхідним є моніторинг чутливості особин за подальшого застосування цих препаратів, більш економічно небезпечних шкідників на стратегічних сільськогосподарських культурах.

Стратегія запобігання появи резистентних популяцій фітофагів базується на підходах, які сприяють зниженню токсичного навантаження на агроценози за рахунок раціонального використання інсектицидів та альтернативних методів захисту рослин.

Пестицидне навантаження на агроценози можна значно знизити за рахунок зміни технології застосування хімічних препаратів (передпосівна обробка посівного матеріалу, локальні обробки посівів, використання ЕПШ, впровадження стійких сортів) або суміші однофункціональних препаратів без зниження технічної ефективності.

Розмежування застосування інсектицидів у часі призводить до поступової реверсії чутливості резистентних популяцій комах і кліщів (повернення чутливості до початкового рівня). Швидкість реверсії значно залежить від властивостей хімічних чи мікробіологічних препаратів. Більш швидке відновлення чутливості відбувається при застосуванні менш персистентних інсектицидів.

На основі вивчення закономірностей формування резистентності у членистоногих можна рекомендувати найбільш оптимальний вибір прийомів для запобігання розвитку цього явища залежно від показника його розвитку.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Берим Н.Г. Пути преодоления физиологической устойчивости насекомых к ДДТ и ГХЦГ. Доклады АН СССР, 1954. Т. 63. № 2. С. 425—428.
2. Hama Hiroshi, Iwato Toshikazu. Mechanism of resistance to malathion in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* uneer. *Sci Pest Contr.* 2007. V. 42. № 4. P. 188—197.
3. Зильберминц И.В., Абрамова Т.Л. Генетические механизмы резистентности членистоногих к пестицидам. *Сельскохозяйственная биология*, 1985. № 2. С. 56—60.
4. Ballantyne G.H., Harrison R.A. Genetic and biochemical comparisons of organophosphate resistance between strains of spider mites *Tetranychus* Sp. *Entomol. exptl et appl.* 1967. V. 10. № 2. P. 231—239.

5. Баканова Е.И., Еремина О.Ю., Рославцева С.А. Исследование биохимических механизмов резистентности различных популяций комнатных мух. *Современное положение с резистентностью вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам*. Тезис. докл., Уфа, 1992. С. 40—41.
6. Georghion P. Genetic and biological influences the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 2017. № 3. P. 319—322.
7. Гонтаренко М.А. Об устойчивости яблонной плодовой гнили к ДДТ. *Защита растений*. 1961. № 1. С. 17—21.
8. Лившиц И.З., Петрушова Н.И. К вопросу о повышении резистентности клещей к акарицидам. Тезис. докл. I совещания по резистентности клещей к акарицидам. Ленинград, 1968. С. 7—10.
9. Секун М.П., Шевчук О.В. Випробування токсичності інсектицидів за методом топікальної обробки комах. *Захист і карантин рослин*. 2016. № 62. С. 216—220.
10. Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих. Методические рекомендации. СПб, 2004. 128 с.
11. Секун М.П., Манько О.В. Резистентність шкідливих членистоногих до сучасних інсектоакарицидів та шляхи подолання формування резистентності популяцій. *Інтегрований захист на початку ХХІ століття*. Матер. міжнар. наук.-практ. конференції. Київ, 2004. С. 294—298.
12. Секун М.П., Власова О.Г., Березовська-Бригас В.В. Моніторинг формування резистентності популяцій шкідників сільськогосподарських культур до інсектицидів. *Захист і карантин рослин*, 2019. № 65. С. 149—160.
13. Секун Н.П. Проблемы резистентности вредных организмов к пестицидам. *Вісник аграрної науки*, 2000. № 10. С. 19—21.
14. Смелянец В.П., Педько В.Р. Влияние различных по устойчивости генотипов картофеля на структуру популяции колорадского жука. *Захист і карантин рослин*. Київ, 1996. Вип. 43. С. 67—73.
15. Кошевська Н.М., Секун М.П. Роль сортових особливостей кормової рослини у чутливості фітофагів до інсектицидів. *Захист і карантин рослин*. 2001. Вип. 47. С. 94—100.
16. Захаренко В.А. Стратегия преодоления устойчивости вредных организмов к пестицидам. *Современное состояние проблемы резистентности вредителей, болезней и сорняков к пестицидам на рубеже ХХІ века*. Материалы 9 совещания. С.-Петербург, 2010. С. 8—9.
17. Иванова Г.П., Корнилов В.Г. Реверсия резистентности у обыкновенного паутиного клеща к акарицидам. *Современное состояние проблемы резистентности вредителей, болезней и сорняков к пестицидам*. Материалы 9 совещания. С.-Петербург, 2010. С. 54—55.

**Власова О.Г., Секун Н.П., Зацеркляная М.Д.**

Институт защиты растений НААН, ул. Васильковская, 33, г. Киев,  
03022, Украина, e-mail: toxicology\_ipp@ukr.net

### **Антирезистентная система защиты растений от вредных членистоногих**

**Цель.** Обосновать и разработать антирезистентную систему защиты сельскохозяйственных культур и многолетних насаждений от вредных членистоногих. **Методы.** Чувствительность фитофагов естественных популяций, собранных на посевах пшеницы озимой, сои и рапса, определяли различными методами их отравления — погружение насекомых на заселенных растениях и погружение насекомых в марлевых мешочках на 3 с в соответствующий раствор инсектицида. В основе методик лежит изучение реакции вредителя на серию доз препарата — от минимальной, вызывающую смертность 5—10% нормальных по чувствительности особей, до максимальной (смертность 90% и более). Токсикологические параметры рассчитывали с помощью программы **PROBAN**. **Результаты.** Определена различная чувствительность природных популяций членистоногих к современным инсектицидам. Разработаны приемы рационального использования инсектоакарицидов, которые позволяют снижать их давление на популяции членистоногих, использование альтернативных биологических и иммунологических методов. **Выводы.** Эффективной мерой для предотвращения и торможения формирования резистентных популяций вредных видов членистоногих к инсектоакарицидам является антирезистентная система защиты растений. Она включает мониторинг резистентности природных популяций вредных видов фитофагов, выявление типа резистентности и рациональное использование химических препаратов.

**инсектоакарициды; чувствительность; резистентность; средняя смертельная концентрация; реверсия; членистоногие**

**Vlasova O., Sekun M., Zatserklyana M.**

Institute of Plant Protection NAAS, 33, Vasylkivska str., Kyiv, 03022, Ukraine,  
e-mail: toxicology\_ipp@ukr.net

### **Anti-resistant plant protection system against harmful arthropods**

**Goal.** To substantiate and develop an anti-resistant system of protection of crops and perennials from harmful arthropods. **Methods.** The sensitivity of phytophages on natural populations collected on winter wheat, soybean, and rapeseed crops was determined by various methods of their poisoning: immersion of insects on inhabited plants, immersion of insects in gauze bags for 3 seconds. in a suitable solution of insecticide. The methods are based on the study of the pest's response to a series of doses of the drug — from the minimum, causing mortality of 5—10%

of normal-sensitive individuals, to the maximum (mortality of 90% or more). Toxicological parameters were calculated using the PROBAN program. **Results.** Different sensitivity of natural populations of arthropods to modern insecticides is revealed. Techniques for the rational use of insecticides populations and the use of alternative biological and immunological methods. **Conclusions.** An effective measure to prevent and inhibit the formation of resistant populations of harmful arthropod species to insecticides is an anti-resistant plant protection system. It includes monitoring the resistance of natural populations of harmful phytophagous species, identifying the type of resistance and the rational use of chemicals.

**insecticides; sensitivity; resistance; moderate lethal concentration; reversion; arthropods**

## REFERENCES

1. Berym N.H. (1954). Puti preodoleniya fiziologicheskoi ustoichivosti nasekomykh k DDT y HXCH. [Ways to overcome the physiological resistance of insects to DDT and HCH]. Doklady AN SSSR. Vol. 63. № 2. P. 425—428. (in Ukrainian).
2. Hama Hiroshi, Iwata Toshikazu. (2007). Mechanism of resistance to malathion in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* uncer. *Sci Pest Contr*. V. 42. № 4. P. 188—197. (in Japan).
3. Zylbermynts I.V., Abramova T.L. (1985). Heneticheskyye mekhanizmy rezistentnosti chlenistonohikh k pestitsidam. [Genetic mechanisms of arthropod resistance to pesticides]. *Selskokhoziaistvennaia biolohiia*. № 2. P. 56—60. (in Ukrainian).
4. Ballantyne G.H., Harrison R.A. (1967). Genetic and biochemical comparisons of organophosphate resistance between strains of spider mites *Tetranychus* Sp. *Entomol. exptl et appl*. V. 10. № 2. P. 231—239.
5. Bakanova E.I., Eremina O.Yu., Roslavtseva S.A. (1992). Isledovanye byokhimicheskikh mekhanizmov rezistentnosti razlichnykh populiatsyi komnatnykh mukh. [Investigation of the biochemical mechanisms of resistance in various populations of houseflies]. *Sovremennoe polozheniye s rezystentnostiu vreditel'ei, vzbudytel'ei boleznei i sorniakov k pestitsidam*. Tezys. dokl., Ufa. P. 40—41. (in Russia).
6. Georghion P. (2017). Genetic and biological influences the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* № 3. P. 319—322.
7. Hontarenko M.A. Ob ustoichivosti yablonnoi plodozhorky k DDT. [On the resistance of the codling moth to DDT]. *Zashchita rasteniy*. 1961. № 1. P. 17—21. (in Ukrainian).
8. Livshits I.Z., Petrushova N.I. (1968). K voprosu o povyshenii rezistentnosti kleshchei k akaritsidam. [To the question of increasing the resistance of ticks to acaricides].

acaricides]. Tezys. dokl. 1 soveshchanyia po rezistentnosti kleshchei k akaritsidam. Lenynhrad. P. 7—10. (in Russia).

9. *Cekun M.P., Shevchuk O.V.* (2016). Vyprobuvannia toksychnosti insektytsydiv za metodom topikalnoi obrobky komakh. [Toxicity testing of insecticides by the method of topical treatment of insects]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. № 62. P. 216—220. (in Ukrainian).

10. Monitorinh rezistentnosti k pestitsidam v populiatsiiakh vrednykh chlenistonohikh. [Monitoring of pesticide resistance in populations of harmful arthropods]. Metodicheskie rekomendatsii. SPb, 2004. 128 p. (in Russia).

11. *Cekun M.P., Manko O.V.* (2004). Rezystentnist shkidlyvykh chlenystonohykh do suchasnykh insektoakarytsydiv ta shliakhy podolannia formuvannia rezystentnosti populiatsii. [Resistance of harmful arthropods to modern insecticides and ways to overcome the formation of population resistance]. *Intehrovanyi zakhyst na pochatku XXI stolittia*. Mater. mizhnar. nauk.-prakt. konferentsii. Kyiv. P. 294—298. (in Ukrainian).

12. *Cekun M.P., Vlasova O.H., Berezovska-Bryhas V.V.* (2019). Monitorynh formuvannia rezystentnosti populiatsii shkidnykh silskohospodarskykh kultur do insektytsydiv. [Monitoring the formation of resistance of crop pests to insecticides]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. № 65. P. 149—160. (in Ukrainian).

13. *Cekun N.P.* (2000). Problemy rezistentnosti vrednykh orhanizmov k pestitsidam. [Problems of pest resistance to pesticides]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. № 10. P. 19—21. (in Ukrainian).

14. *Smelianets V.P., Pedko V.R.* (1996). Vlyianie razlichnykh po ustoichivosti henotipov kartofelia na strukturu populiatsii koloradskoho zhuka. [Influence of potato genotypes of different resistance on the structure of the population of the Colorado potato beetle]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. Kyiv. V. 43. P. 67—73. (in Ukrainian).

15. *Koshevska N.M., Sekun M.P.* (2001). Rol sortovykh osoblyvostei kormovoi roslyny u chutlyvosti fitofahiv do insektytsydiv. [The role of varietal characteristics of forage plants in the sensitivity of phytophagous to insecticides]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. V. 47. P. 94—100. (in Ukrainian).

16. *Zakharenko V.A.* (2010). Stratehiia preodoleniia ustoichivosti vrednykh orhanizmov k pestitsidam. [Strategy to overcome pest resistance to pesticides]. *Sovremennoe sostoianie problemy rezistentnosti vreditelei, boleznei i sorniakov k pestitsidam na rubezhe XXI veka*. Materialy 9 soveshchaniia. S.-Peterburh. P. 8—9. (in Russia).

17. *Ivanova H.P., Kornilov V.H.* (2010). Reversiia rezistentnosti u obyknovennoho pautinnoho kleshcha k akaritsidam. [Reversal of acaricide resistance in the common spider mite]. *Sovremennoe sostoianie problemy rezistentnosti vreditelei, boleznei i sorniakov k pestitsidam*. Materyaly 9 soveshchaniia. S.-Peterburh. P. 54—55. (in Russia).