

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОІНСЕКТИЦИДІВ

за різного застосування проти основних шкідників редиски

Мета. Визначити технічну ефективність біоінсектицидів проти основних комах-шкідників редиски (*Raphanus sativus* (L.) *convar. radicularis* (Pers.) Sazon.) за вирощування у відкритому ґрунті, їх вплив на рослини, врожайність та якість коренеплодів.

Методи. Дослідження проведено відповідно до загальноприйнятих в ентомології та овочівництві методів. Упродовж 2020—2022 рр. в умовах відкритого ґрунту на трьох гібридах редиски різних груп стиглості (Адель, Еліза і Стеллар) порівнювали ефективність застосування біоінсектицидів Бітоксикацилін-БТУ, р. (клітинні бактерії *Bacillus thuringiensis*-ендоспори, титр $1,0 \times 10^9$ КУО/см³, КС +), 2 л/га, АКТОВЕРМ ФОРМУЛА, КЕ (аабамектин, 18 г/л), 5 л/га, Лепідоцид-БТУ, р. (клітини бактерії *Bacillus thuringiensis*-var. *Kurstaki* 9708 Л, ендоспори менше 1×10^9 КУО/см³), 4 л/га, (контроль). Препарати вносили способом обприскування рослин і фертигації (введення добрив або пестицидів у зрошувальну систему іригації). **Результати.** Встановлено, що на 14-ту добу після обприскування рослин редиски препаратом Бітоксикацилін-БТУ чисельність блішки хрестоцвітої зменшувалась у 3,9—5,2 рази і за фертигації — в 2,8—3,9 рази; попелиці капустиної відповідно в 3,9—4,8 і 3,0—3,5 рази, молі капустиної — в 5,0—9,0 і 2,7—5,0 рази. Технічна ефективність препарату Бітоксикацилін-БТУ становила 76 і 68% проти блішки хрестоцвітої, 78 і 70% — попелиці капустиної, 83 і 73% — молі капустиної. Застосування біоінсектициду АКТОВЕРМ ФОРМУЛА способом обприскування зменшувало на 14-ту добу чисельність блішки хрестоцвітої в у 2,6—3,3 рази, способом фертигації — в 2,5—2,7 рази, попелиці капустиної — в 2,9—3,6 і 2,5—2,8 рази відповідно, молі капустиної — в 2,0—3,0 і 2,0—5,0 рази залежно від гібриду редиски. Технічна ефективність біоінсектициду АКТОВЕРМ ФОРМУЛА проти зазначених видів фітофагів становила за обприскування — 67%, 70 і 77%, за фертигації — 60%, 62 і 73%. Не виявлено негативної дії від обприскування чи внесення бі-

¹С.В. ЩЕТИНА,
кандидат сільськогосподарських наук

¹І.І. МОСТОВ'ЯК,
доктор сільськогосподарських наук

²В.П. ФЕДОРЕНКО,
доктор біологічних наук
¹Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20300, Україна

²Інститут захисту рослин НААН України, вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна

оінсектицидів способом фертигації на рослини редиски. Проте встановлено, що у варіантах досліду із обприскуванням біоінсектицидами, порівняно з фертигацією, рослини редиски мали вищу висоту (на 2—3 см), більшу кількість листків на рослині (на 1 шт.) з більшою площею поверхні (на 0,2—0,8 тис. м²/га) залежно від гібриду і виду препарату. У варіантах досліду із дворазовим обприскуванням рослин біопрепаратами АКТОВЕРМ ФОРМУЛА і Бітоксикацилін-БТУ збільшувалась маса коренеплоду порівняно з контролем і способом фертигації. Встановлено, що застосування в системі захисту редиски біоінсектицидів Бітоксикацилін-БТУ і АКТОВЕРМ ФОРМУЛА способом обприскування рослин (2 обробки) впродовж вегетації забезпечує врожайність гібриду Адель на рівні 25,6—25,8 т/га з товарністю коренеплодів 93—94%, гібриду Еліза — 24,0—25,1 т/га з товарністю коренеплодів 94—95%, гібриду Стеллар — 23,2—23,7 т/га з товарністю коренеплодів 95—96%. При цьому коренеплоди редиски характеризуються високим умістом сухих речовин (Адель — 7,9—8,2%, Еліза — 6,2—6,3, Стеллар — 6,5—6,7%), сумою цукрів (Адель — 2,4—2,5%, Еліза — 2,1—2,2, Стеллар — 2,6%) та аскорбінової кислоти (Адель — 26,0—26,2 мг/100 г, Еліза — 23,9—24,0, Стеллар — 25,4—25,5 мг/100 г). **Висновки.** Застосування у посівах редиски біоінсектицидів Бітоксикацилін-БТУ (2 л/га) і АКТОВЕРМ ФОРМУЛА (5 л/га) є ефектив-

ним методом контролю чисельності сисних шкідників. Дворазове обприскування рослин редиски у фазі ВВСН 0—9 і ВВСН 12—19 біоінсектицидом Бітоксикацилін-БТУ (2 л/га) забезпечує контроль чисельності блішки хрестоцвітої на рівні 76%, попелиці капустиної — 78, молі капустиної — 83%. Дві обробки рослин редиски у фазі ВВСН 0—9 і ВВСН 12—19 біоінсектицидом АКТОВЕРМ ФОРМУЛА (5 л/га) забезпечують ефективність проти блішки хрестоцвітої на рівні 67%, попелиці капустиної — 70, молі капустиної — 77%.

редиска; біоінсектициди; технічна ефективність; урожайність коренеплодів; товарність плодів

Протягом багатьох років синтетичні пестициди використовували у значних кількостях для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, що поряд із користю мало низку негативних екологічних наслідків для навколишнього природного середовища і здоров'я людини [1—3]. Доведено, що лише близько 10% внесених синтетичних пестицидів досягають цільових об'єктів, а майже 90% пестицидів залишаються в навколишньому середовищі та різними шляхами потрапляють в організм людини [4].

Небезпека, пов'язана з використанням пестицидів, викликала необхідність пошуку альтернативних безпечних засобів і методів контролю шкідливих організмів в агроценозах, які мають бути екологічними, стійкими та економічно вигідними. Серед таких альтернативних методів особливе місце у системі захисту рослин від шкідливих організмів займають біопестициди [5, 6]. Вони є ефективними, економічними та безпечними сполуками для навколишнього середовища і людини, специфічними за механізмом дії, не залишають за-

лишків і не впливають на виділення парникових газів [7]. Проте існують певні обмеження щодо їхнього застосування, зокрема — ефективність і повільніший вплив на шкідників та фітопатогенів, короткий термін придатності тощо.

Біопестициди виготовляють із природних речовин (рослини, мікроорганізми та наночастинки біологічного походження) [8]. Вони можуть бути у вигляді фітопестицидів (рослинного походження, наприклад, з їх ексудатів, ефірної олії та екстрактів кори, кореня та листя), мікробних пестицидів (мікробного походження, наприклад, метаболітів мікроорганізмів) і нанобіопестицидів (наночастинок біологічного походження, наприклад, наночастинок срібла та золота) [5]. Механізм дії біоінсектицидів проти комах-шкідників залежить від хімічного складу, токсикологічної дії та способу проникнення [9].

Нині як популярність, так і ринок біопестицидів стрімко зростають, оскільки використання хімічних пестицидів у світі стало обмеженим, а більшість країн прийняли амбітну політичну мету розширення органічного сільського господарства, тому регулятивні дозволи для біопестицидів було спрощено [10]. Водночас в Україні рівень застосування біометоду в землеробстві становить 4—5% у загальних обсягах захисту рослин, а частка оброблюваних площ біологічними засобами захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів — 2,9—8,5% усіх оброблюваних площ [11, 12].

Наразі особлива увага біопестицидам, зокрема біоінсектицидам, приділяється у технологіях вирощування овочевих культур, що пов'язано із екологічними ризиками застосування хімічних препаратів, забрудненням вирощеної продукції, введенням суворих правил щодо (максимальних) лімітів залишків діючих речовин пестицидів у продуктах, зростанням вартості хімічних пестицидів, збільшенням суспільного попиту на органічні овочі. Найважливішою перевагою застосування

біоінсектицидів є відсутність накопичення в рослинах і урожаї токсичних сполук, неможливість формування резистентності у шкідника [13].

Біоінсектициди на основі мікроорганізмів найчастіше застосовують для контролю популяції комах-фітофагів у сільському господарстві. Як біоагенти використовують віруси, гриби, бактерії та їхні токсини [14]. Найчастіше використовуваними мікробними пестицидами є ентомопатогенні гриби (*Metarhizium*, *Beauveria*, *Verticillium*), ентомопатогенні бактерії (*Bacillus thuringiensis*), ентомопатогенні нематоди (*Steinernema*, *Heterorhabditis*) та бакуловіруси (NPV, GV). За належного застосування мікробні інсектициди здатні забезпечувати стійкість глобального сільського господарства для виробництва продуктів харчування та продовольчої безпеки, оскільки не створюють ризику залишкових ефектів для споживачів [15, 16].

Ефективність біоінсектицидів щодо контролю чисельності шкідників та позитивного впливу на врожайність овочевих культур перевірена багатьма польовими дослідженнями. Застосування біоінсектициду Спіносад на основі бактерії *Saccharopolyspora spinosa* забезпечило зниження щільності популяції трипсів на 26—85% та збільшення врожаю цибулі на 10—26% [17]. При вирощуванні баклажана мікробні інсектициди Сіносад 45 SC і Абамекстін 1,2% + Емабектін бензоат 1% виявилися ефективними для зменшення пошкодження рослин і плодів *Leucinodes orbonalis* L., що забезпечило збільшення товарного врожаю плодів [18]. Застосування *Bacillus thuringiensis* (var. *kurstaki*) (Btk) було ефективним проти яєць і личинок другого віку діамантової молі (*Plutella xylostella* L.) на капусті і зменшувало пошкодження плодів на 85,7%—94,6% [19]. У посівах редиски було показано ефективність застосування біоінсектицидів на основі екстрактів різних рослин проти блішок *Phyllotreta chotanica* Duv., що було на рівні з інсектицидом Малатіон 50 ЕС [20]. У польових

умовах вирощування томатів доведено ефективність застосування проти білокрилки (*Bemisia tabaci*) препаратів на основі ентомопатогенних грибів *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* і *Verticillium lecanii* у концентрації 1×10^9 спор/мл. Відсоток зниження чисельності шкідника варіював від 52 до 100% для всіх досліджуваних концентрацій, а штам *V. lecanii* був більш вірулентним ніж *B. bassiana* та *M. anisopliae* проти *B. tabaci* [21]. Дослідження показали ефективність рослинних біоінсектицидів на основі олії німі (*Azadirachta indica*), *Beauveria bassiana* та *Metarhizium robertsii* проти блішки смугастої і хрестоцвітої на редисці на рівні 38—39% та збереження природних ентомофагів, що свідчить про перспективність їхнього застосування в органічних технологіях [22].

Мета досліджень — визначити технічну ефективність біоінсектицидів проти основних комах-шкідників редиски (*Raphanus sativus* (L.) convar. *radicula* (Pers) Sazon.) за вирощування у відкритому ґрунті, вплив на рослини, врожайність та якість коренеплодів.

Матеріалу та методи. Дослідження виконано в Уманському національному університеті садівництва, впродовж 2020—2022 рр., в умовах відкритого ґрунту. На трьох гібридах редиски різної стиглості Адель, Еліза і Стеллар порівнювали ефективність різних способів застосування біоінсектицидів, які вносили способом обприскування рослин і фертигації (табл. 1).

Для обприскування використовували трактор з обприскувачем. Фертигацію здійснювали за допомогою системи краплинного зрошення.

У контролі рослини обробляли препаратом Лепідоцид-БТУ, р.; перший раз — після появи шкідників, як правило у фазі першого справжнього листка (ВВСН 10—11). У варіантах дослідження потребу повторного внесення препаратів визначали за наявністю шкідників, а не за фазою розвитку рослин. Так робили в обох способах внесення препаратів. Препарати вносили згідно

1. Схеми дослідження

Препарат (норма витрат)	Спосіб застосування
АКТОВЕРМ ФОРМУЛА, КЕ (аабамектин, 18 г/л), 5 л/га, дві обробки	Обприскування Фертигація
Лепідоцид-БТУ, р. (клітини бактерії <i>Bacillus thuringiensis</i> - var. Kurstaki 9708 Л, ендоспори менше 1×10^9 КУО/см ³), 4 л/га, (контроль), дві обробки	Обприскування Фертигація
Бітоксубацилін-БТУ, р., (клітинні бактерії <i>Bacillus thuringiensis</i> -ендоспори, титр $1,0 \times 10^9$ КУО/см ³ , КС +), 2 л/га, дві обробки	Обприскування Фертигація

з рекомендаціями виробника — 2 обробки проти кожного покоління шкідників з інтервалом 5—10 діб. Норми витрат були встановлені відповідно до рекомендацій виробника і Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.

Характеристика біологічних препаратів, використаних у досліді:

АКТОВЕРМ ФОРМУЛА, КЕ (аабамектин, 18 г/л) — біопрепарат із інсектицидною дією на основі життєздатних клітин бактерії *Bacillus thuringiensis* кишкової дії. Застосування препарату забезпечує захист рослин від комах-шкідників (кліщів, жука колорадського, попелиць, трипсів, біланів, совок, плодожерки, молі, листовійок, п'ядунів та ін.), а також для захисту від личинок різного віку та імаго на сільськогосподарських, садових, декоративних культурах та квітах відкритого і закритого ґрунту, має подовжений період дії, не викликає звикання у комах-шкідників. Тривалість між обробкою та першими ознаками його дії — 1—3 доби, тривалість захисної дії — до 14 діб. Препарат безпечний для людей, тварин, корисних комах, навколишнього природного середовища. Клас токсичності — 4.

Лепідоцид-БТУ, р. (клітини бактерії *Bacillus thuringiensis*-var. Kurstaki 9708 Л, ендоспори менше 1×10^9 КУО/см³) — біопрепарат із інсектицидною дією на основі клітин бактерії *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki. Має широкий спектр дії. Застосовують для захисту квітів, овочевих та плодово-ягідних культур від гусениць лускокрилих комах-шкідників (біланів, молі яблунової та плодової, метелика американського білого, совок,

вогнівок, листокруток, метелика кукурудзяного та лучного, трачів та ін.). Має подовжений період дії, не викликає звикання у комах-шкідників. Забезпечує захист рослин проти лускокрилих комах шкідників до 93% Максимальний ефект досягається за обробки рослин у ранні строки розвитку гусениць. Сумісний в баковій суміші з біологічними та хімічними препаратами захисту рослин. Препарат безпечний для людей, тварин, корисних комах, навколишнього середовища. Клас токсичності — 4.

Бітоксубацилін-БТУ, р. (клітинні бактерії *Bacillus thuringiensis*-ендоспори, титр $1,0 \times 10^9$ КУО/см³, КС +) — біопрепарат із інсектицидною дією на основі життєздатних клітин бактерії *Bacillus thuringiensis*. Застосовують для захисту від личинок різного віку та імаго шкідників (кліщів, жука колорадського, попелиць, біланів, совок, плодожерок, молей, листовійок, п'ядунів тощо) на сільськогосподарських, садових, декоративних культурах та квітах відкритого і закритого ґрунту. Біопрепарат кишкової дії, має подовжений період дії, не викликає звикання у шкідників. Період між обробкою та першими ознаками дії — 1—3 доби, тривалість захисної дії до — 14 діб. Препарат безпечний для людей, тварин, корисних комах, навколишнього середовища. Клас токсичності — 4.

Висівали редиску в березні — квітні, як тільки можна було вийти у поле, за досягання середньодобової температури повітря +10°C та температури ґрунту на глибині висіву насіння — +8°C. Тип ґрунту — чорнозем опідзолений малогумусний, рН — 5,7, вміст гумусу — 2,9—3,8%. Вміст

азоту легкогідролізованих сполук (за Корнфілдом) — 124,5 мг/кг ґрунту; рухомих сполук фосфору (за Чириковим) — 155 мг/кг і калію (за Чириковим) — 140 мг/кг. Площа облікової ділянки — 5 м², повторність дослідів 4-разова. Рослини редиски розміщували за схемою 45 + 15 + 15 + 15 + 15 × 5 см, що відповідає кількості рослин 761 тис. шт./га. Технологічні заходи проводили відповідно до вимог культури і поставлених завдань згідно з методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур [23].

Під час досліджень здійснювали фенологічні спостереження, біометричні вимірювання рослин, облік урожаю, біохімічні аналізи коренеплодів редиски, використовуючи загальноприйняті методи [24, 25]. Обліковували врожай по мірі настання технічної стиглості плодів, з кожної ділянки, ваговим методом. Продукцію з облікової ділянки за кожного збору розділяли на товарну і нетоварну відповідно до вимог чинного стандарту [26].

Одержані в досліді експериментальні дані обробляли статистично з використанням стандартного пакету Microsoft Office Excel.

Результати та обговорення. Попередньо з'ясували, що в регіоні досліджень рослинам редиски значної шкоди завдавали блішки хрестоцвіті, попелиця капустияна і міль капустияна, чисельність яких перевищувала економічний поріг шкідливості (ЕПШ) [27, 28].

Серед досліджуваних біоінсектицидів найвищу ефективність проти зазначених фітофагів виявлено за дворазового застосування препарату Бітоксубацилін-БТУ, р. (ВВСН 0—9, ВВСН 12—19), що призводило на 14-ту добу до зменшення чисельності блішки хрестоцвітої в 3,9—5,2 рази за обприскування рослин і в 2,8—3,9 рази — за фертигації, попелиці капустияної — в 3,9—4,8 і 3,0—3,5 рази, молі капустияної — в 5,0—9,0 і 2,7—5,0 рази відповідно (табл. 2). Отримані результати свідчать про високу ефективність препарату Бітоксубацилін-БТУ у захисті посівів редиски від сис-

них фітофагів, яка становила 76% і 68% проти блішки хрестоцвітої, 78 і 70 — попелиці капустиної, 83% і 73% — проти молі капустиної.

На 14-ту добу після обприскування рослин біоінсектицидом АКТОВЕРМ ФОРМУЛА чисельність блішки хрестоцвітої знизилась у 2,6–3,3 раза, за фертигації — в 2,5–2,7 раза, попелиці капустиної — в 2,9–3,6 і 2,5–2,8 раза, молі капустиної — в 2,0–3,0 і 2,0–5,0 раза відповідно, залежно від гібриду редиски. Технічна ефективність біоінсектициду АКТОВЕРМ ФОРМУЛА проти зазначених видів фітофагів становила за обприскування — 67%, 70 і 77, за фертигації — 60, 62 і 73%.

Найменшу ефективність проти сисних фітофагів на редисці одержали за застосування препарату Лепідоцид-БТУ, технічна ефективність препарату через 14 діб становила 56–73% за дворазового обприскування рослин і 48–63% — за фертигації. Обліки шкідників на 14-ту добу після обприскування рослин препаратом Лепідоцид-БТУ показали зменшення чисельності блішки хрестоцвітої в 2,1–2,5 раза, попелиці капустиної — в 2,3–2,8, молі капустиної — в 2,0–3,0 раза залежно від гібриду редиски. За внесення препарату способом фертигації ефективність була нижчою, чисельність шкідників зменшилася: блішки хрестоцвітої в 1,7–1,8 раза, попелиці капустиної — в 1,9–2,3, молі капустиної — в 3,0–4,0 раза.

Аналізуючи стан рослин редиски різних строків стиглості не виявлено негативної дії від обприскування рослин біоінсектицидами чи за внесення їх способом фертигації. Однак встановлено, що у варіантах досліді із обприскуванням біоінсектицидами порівняно з фертигацією рослини редиски мали вищу висоту (на 2–3 см), більшу кількість листків на рослині (на 1 шт.) з більшою площею поверхні (на 0,2–0,8 тис. м²/га) залежно від гібриду і виду препарату.

У варіантах досліді із препаратом Лепідоцид-БТУ, як за об-

2. Технічна ефективність біоінсектицидів (на 14-ту добу після внесення) на рослинах редиски залежно від способу застосування, середнє за 2020–2022 рр.

Варіант досліді		Чисельність шкідника, екз./рослину									
		Блішки хрестоцвітої			Попелиця капустиная			Міль капустиная			
		До обробки	Після обробки	Технічна ефективність, %	До обробки	Після обробки	Технічна ефективність, %	До обробки	Після обробки	Технічна ефективність, %	
АКТОВЕРМ ФОРМУЛА, КЕ, 5 л/га, дві обробки	О*	1**	23	9	64,0	53	18	66,7	11	2	80,0
		2	24	8	68,0	51	16	70,4	12	3	70,0
		3	26	8	68,0	54	15	72,2	10	2	80,0
	Ф	1	27	11	56,0	55	22	59,3	11	3	70,0
		2	25	10	60,0	52	21	61,1	9	3	70,0
		3	24	9	64,0	54	19	64,8	8	2	80,0
Лепідоцид-БТУ, р., 4 л/га, (контроль), дві обробки	О	1 К	25	12	52,0	54	23	57,4	10	3	70,0
		2	23	11	56,0	53	22	59,3	11	3	70,0
		3	25	10	60,0	53	19	64,8	9	2	80,0
	Ф	1	24	14	44,0	51	27	50,0	10	4	60,0
		2	23	13	48,0	52	26	51,9	10	4	60,0
		3	22	12	52,0	55	24	55,6	11	3	70,0
Бітоксубацилін-БТУ, р., 2 л/га, дві обробки	О	1	27	7	72,0	51	13	75,9	12	2	80,0
		2	26	6	76,0	52	12	77,8	10	2	80,0
		3	26	5	80,0	53	11	79,6	9	1	90,0
	Ф	1	25	9	64,0	54	18	66,7	8	3	70,0
		2	24	8	68,0	51	16	70,4	9	3	70,0
		3	27	7	72,0	52	15	72,2	10	2	80,0
НІР ₀₅	A***	0,38	0,12		0,73	0,32		0,05	0,13		
	B	0,31	0,10		0,60	0,26		0,04	0,11		
	C	0,38	0,12		0,73	0,32		0,05	0,13		
	AB	0,54	0,17	-	1,03	0,46	-	0,07	0,18	-	
	AC	0,66	0,20		1,26	0,56		0,09	0,22		
	BC	0,54	0,17		1,03	0,46		0,07	0,18		
	ABC	0,94	0,29		1,79	0,79		0,12	0,32		

Примітка: *О — обприскування, Ф — фертигація, К — контроль; **1 — гібрид Адель, 2 — гібрид Еліза, 3 — гібрид Стеллар; ***А — фактор «Препарат», В — фактор «Спосіб внесення препарату», С — фактор «Гібрид»

прискування, так і фертигації, виявлено найменші значення структурних показників продуктивності рослин редиски, що є наслідком низької ефективності препарату проти шкідників і значного пошкодження рослин.

За дворазового обприскування рослин біопрепаратами АКТОВЕРМ ФОРМУЛА і Бітоксубацилін-БТУ збільшувалась маса коренеплоду, порівняно з контролем і способом фертигації. Зокрема, у гібриду Адель маса коренеплоду зросла на 7,4% за обприскування препаратом АК-

ТОВЕРМ ФОРМУЛА і на 4,4% — препаратом Бітоксубацилін-БТУ, у гібриду Еліза — на 13,5% і 5,6% відповідно. У гібриду Стеллар не виявлено змін у масі коренеплоду залежно від способу внесення біоінсектицидів.

Найвищу врожайність за застосування біоінсектицидів та достовірний приріст урожаю отримано при вирощуванні гібриду Адель, порівняно з іншими гібридами (табл. 3).

У варіантах досліді із дворазовим обприскуванням рослин гібриду Адель біоінсектицида-



3. Урожайність, товарність та показники хімічного складу коренеплодів редиски залежно від біоінсектицидів та способу застосування, середнє за 2020—2022 рр.

Варіант досліджу		Врожайність, т/га	Товарність плодів, %	Вміст сухої речовини, %	Сума цукрів, %	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Вміст нітратів, мг/кг	
АКТОВЕРМ ФОРМУЛА, КЕ, 5 л/га, дві обробки	O*	1***	25,6	93,3	6,37	2,41	26,15	
		2	24,0	94,2	6,24	2,14	24,00	718
		3	23,2	95,0	6,54	2,57	25,50	682
	Ф	1	23,8	91,7	6,25	2,38	26,09	712
		2	21,1	92,6	6,12	2,12	23,93	717
		3	22,5	93,7	6,52	2,55	25,42	690
Лепідоцид-БТУ, р., 4 л/га, (контроль), дві обробки	O	1 K	24,3	87,8	6,24	2,40	26,11	720
		2	23,8	88,4	5,97	2,12	23,95	724
		3	23,0	90,1	6,47	2,51	25,48	700
	Ф	1	23,4	86,9	6,18	2,35	26,05	718
		2	22,7	87,3	5,90	2,08	23,84	724
		3	23,1	88,7	6,43	2,48	25,36	705
Бітоксисабацилін-БТУ, р., 2 л/га, дві обробки	O	1	25,8	93,8	6,44	2,45	26,00	712
		2	25,1	94,7	6,32	2,15	23,88	715
		3	23,7	95,5	6,70	2,60	25,44	668
	Ф	1	24,8	92,0	6,36	2,43	25,97	710
		2	23,8	93,1	6,14	2,11	23,82	714
		3	23,4	94,2	6,65	2,58	25,29	689
НІР ₀₅	Д***	0,36	1,27	0,11	0,09	0,37	35,15	
	В	0,29	1,04	0,09	0,07	0,30	31,15	
	С	0,36	1,27	0,11	0,09	0,37	38,15	
	АВ	0,50	1,80	0,15	0,12	0,52	53,96	
	АС	0,62	2,21	0,19	0,15	0,63	66,08	
	ВС	0,50	1,80	0,15	0,12	0,52	53,96	
	АВС	0,87	3,12	0,27	0,21	0,90	93,46	

Примітка: *O — обприскування, Ф — фертигація, К — контроль; **1 — гібрид Адель, 2 — гібрид Еліза, 3 — гібрид Стеллар; ***А — фактор «Препарат», В — фактор «Спосіб внесення препарату», С — фактор «Гібрид»

ми АКТОВЕРМ ФОРМУЛА і Бітоксисабацилін-БТУ приріст до контролю становив 1,3 т/га та 1,5 т/га відповідно, а товарність коренеплодів була на рівні 93,3—93,8% (у контролі 87,8%). Коренеплоди у цих варіантах досліджу були типовими для даних гібридів і не мали пошкоджень.

За внесення біоінсектицидів способом фертигації рівень урожайності гібриду Адель був нижчим у середньому на 4—7% порівняно із способом обприскування. Залежно від препарату різниця становила: 1,8 т/га у варіанті з препаратом АКТОВЕРМ ФОРМУЛА; 1,0 т/га — з препаратом Бітоксисабацилін-БТУ; 0,9 т/га — з препаратом Лепідоцид-БТУ.

При вирощуванні середньораннього гібриду Еліза найвищу

врожайність одержано у варіантах досліджу із обприскуванням рослин препаратом Бітоксисабацилін-БТУ — 25,1 т/га з приростом врожаю 0,8 т/га до контролю і товарністю коренеплодів — 94,7%. В інших варіантах досліджу врожайність була нижче контролю і, відповідно, недобір врожаю становив: за обприскування рослин препаратом АКТОВЕРМ ФОРМУЛА — 0,3 т/га. За способу фертигації показники недобору врожаю зростали: у варіанті з препаратом АКТОВЕРМ ФОРМУЛА — до 1,2 т/га, Лепідоцид-БТУ — до 1,6 т/га, Бітоксисабацилін-БТУ — до 0,5 т/га.

Незважаючи на невисокий рівень урожайності гібриду Еліза порівняно з контролем, товар-

ність коренеплодів за застосування біоінсектицидів АКТОВЕРМ ФОРМУЛА і Бітоксисабацилін-БТУ були достатньо високими і становили: за обприскування рослин — 94,2% і 94,7%, за фертигації — 92,6% і 93,1% відповідно.

Серед досліджуваних гібридів редиски ранньостиглий гібрид Стеллар вирізнявся найменшим рівнем урожайності (22,5—23,7 т/га) і нижчим за контроль (24,3 т/га) у досліді із застосуванням біоінсектицидів. Проте варто виділити варіанти із застосуванням препаратів Бітоксисабацилін-БТУ і АКТОВЕРМ ФОРМУЛА, де товарність коренеплодів була на рівні 95,5% і 95,0% відповідно.

Щодо якісних показників коренеплодів редиски, то впродовж років досліджень не виявлено перевищення ГДК за вмістом нітратів (див. табл. 3). Встановлено, що вирощування редиски із обприскуванням біоінсектицидом Бітоксисабацилін-БТУ сприяло накопиченню у коренеплодах сухої речовини і цукрів. У коренеплодах гібриду Адель вміст сухої речовини становив 6,44%, сума цукрів — 2,45, що перевищувало контроль у середньому на 2—3%. За вмістом аскорбінової кислоти істотної різниці між варіантами досліджу не було, проте фіксували тенденцію до підвищення цього показника за обприскування рослин біоінсектицидами АКТОВЕРМ ФОРМУЛА (26,15 мг/100 г) і Лепідоцид-БТУ (26,11 мг/100 г).

Найвищий вміст сухої речовини у коренеплодах гібриду Еліза виявлено за обприскування рослин біоінсектицидами Бітоксисабацилін-БТУ і АКТОВЕРМ ФОРМУЛА, що становило 6,32% і 6,24% відповідно. У цих же варіантах досліджу фіксували найвищий вміст вітаміну С (23,88 мг/100 г і 24,00 мг/100 г відповідно). За фертигації вміст сухої речовини був меншим — 6,14% і 6,12% відповідно, вміст вітаміну С — 23,82 і 23,93 мг/100 г, сума цукрів — 2,11% і 2,12% відповідно. Найнижчі показники вмісту сухої речовини і суми цукрів фіксували за застосування препаратом Лепідоцид-БТУ.

Вирощені коренеплоди редиски гібриду Стеллар із застосуванням біоінсектицидів мали найкращі показники якості за вмістом сухої речовини 6,43—6,70% (у контролі 6,24%) і суми цукрів 2,48—2,60% (у контролі 2,40%). Натомість за вмістом вітаміну С гібрид Стеллар поступався контролю і коренеплодам гібриду Адель.

Результати досліджень показали, що вирощування ранньостиглого гібриду Стеллар із дворазовим обприскуванням біоінсектицидом Бітоксикацилін-БТУ забезпечує формування коренеплодів із вмістом сухої речовини — 6,7%, сумою цукрів — 2,6% і вітаміну С — 25,44 мг/100 г. Також високі показники якості вирощеної редиски забезпечує застосування у системі захисту проти шкідників дворазового обприскування рослин біоінсектицидом АКТОВЕРМ ФОРМУЛА: коренеплоди містять 6,54% сухої речовини, 25,5 мг/100 г вітаміну С, 2,57% суми цукрів.

ВИСНОВКИ

Ефективний контроль чисельності сисних шкідників у посівах редиски забезпечує застосування біоінсектицидів Бітоксикацилін-БТУ (2 л/га) і АКТОВЕРМ ФОРМУЛА (5 л/га). Обприскування рослин редиски у фазі ВВСН 0—9 і ВВСН 12—19 біоінсектицидом Бітоксикацилін-БТУ (2 л/га) забезпечує контроль чисельності блішки хрестоцвітої на рівні 76%, попелиці капустиної — 78%, моли капустиної — 83%. Дворазове обприскування рослин редиски у ВВСН 0—9 і ВВСН 12—19 біоінсектицидом АКТОВЕРМ ФОРМУЛА (5 л/га) забезпечує контроль чисельності блішки хрестоцвітої на рівні 67%, попелиці капустиної — 70%, моли капустиної — 77%.

Застосування в системі захисту редиски біоінсектицидів Бітоксикацилін-БТУ і АКТОВЕРМ ФОРМУЛА способом обприскування рослин (2 обробки) впродовж вегетації не пригнічує розвиток рослин та забезпечує врожайність гібриду Адель на рівні 25,6—25,8 т/га з товарністю

коренеплодів 93—94%, гібриду Еліза — 24,0—25,1 т/га з товарністю коренеплодів 94—95%, гібриду Стеллар — 23,2—23,7 т/га з товарністю коренеплодів 95—96%. При цьому коренеплоди редиски характеризуються високим вмістом сухих речовин (Адель — 7,9—8,2%, Еліза — 6,2—6,3%, Стеллар — 6,5—6,7%), сумою цукрів (Адель — 2,4—2,5%, Еліза — 2,1—2,2%, Стеллар — 2,6%) та аскорбінової кислоти (Адель — 26,0—26,2 мг/100 г, Еліза — 23,9—24,0, Стеллар — 25,4—25,5 мг/100 г).

Фінансування: дослідження проведено в межах наукової програми Уманського національного університету садівництва «Оптимізація використання природного і ресурсного потенціалу агроєко-систем Правобережного Лісостепу України» (ДР № 0116U003207).

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hashimi M.H., Hashimi R., Ryan Q. Toxic effects of pesticides on humans, plants, animals, pollinators and beneficial organisms. *Asian Plant Res. J.* 2020. 5. P. 37-47. doi: 10.9734/aprj/2020/v5i430114
2. Ali S., Ullah M.I., Sajjad A., Shakeel Q., Hussain A. Environmental and health effects of pesticide residues. In: *Sustainable Agriculture Reviews*. Eds. Inamuddin M.I., E. Lichtfouse. New York, NY: Springer, 2021. P. 311-336.
3. Choudhary S., Yamini N.R., Yadav S.K. et al. A review: pesticide residue: cause of many animal health problems. *J. Entomol. Zool. Stud.* 2018. 6. P. 330-333.
4. Chaudhary S., Kanwar R.K., Sehgal A., et al. Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. *Front. Plant Sci.* 2017. 8. 610.
5. Ayilara M.S., Adeleke B.S., Akinola S.A. et al. Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Front. Microbiol.* 2023. 14. 1040901. doi: https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1040901
6. Kumar M., Kumar S., Kumar K. Role of bio-pesticide in vegetables pest management: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 2019. 8(2). P. 1757-1763.
7. Borges S., Alkassab A.T., Collison E. et al. Overview of the testing and assessment of effects of microbial pesticides on bees: strengths, challenges and perspectives. *Apidologie.* 2021. 52. P. 1256-1277. doi: 10.1007/s13592-021-00900-7
8. Kumar J., Ramlal A., Mallick D., Mishra V. An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. *Plan. Theory.* 2021. 10. 1185. doi: 10.3390/plants10061185
9. Liu X., Cao A., Yan D. et al. Overview of mechanisms and uses of biopesticides. *International Journal of Pest Management.* 2021. 67(1).

P. 65-72. doi: https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1664789

10. Balog A., Hartel T., Loxdale H.D., Wilson K. Differences in the progress of the biopesticide revolution between the EU and other major crop-growing regions. *Pest Manag. Sci.* 2017. 73. P. 2203-2208.

11. Крутякова В., Гулиць О., Янє Л. Стан і проблеми ринку біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Вісник аграрної науки.* 2023. № 1. С. 30-39.

12. Ткаленко Г.М., Борзих О.І., Ігнат В.В. Сучасний стан застосування біологічних засобів захисту рослин в агроценозах України. *Вісник аграрної науки.* 2020. № 12(813). С. 18-25. doi: 10.31073/agroviznyk202012-03

13. Qu M., Merzendorfer H., Moussian B., Yang Q. Bioinsecticides as future mainstream pest control agents: opportunities and challenge. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering.* 2022. 9(1). P. 82-97. doi: 10.15302/J-FASE-2021404

14. Rastegari A., Yadav A., Yadav N. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Trends of Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture and Biomedicine System: Diversity and Functional Perspectives. Amsterdam: Elsevier. 2020.

15. Rajashekhar M., Rajashekar B., Sathyanarayana E. et al. Microbial Pesticides for Insect Pest Management: Success and Risk Analysis. *International Journal of Environment and Climate Change.* 2021. 11(4). P. 18-32. doi: https://doi.org/10.9734/ijec/2021/v11i430388

16. Ali S.S., Ahmad S.S., Ahmed S. et al. Effect of Biopesticides Against Sucking Insect Pests of Brinjal Crop Under Field Conditions *Journal of Basic & Applied Sciences.* 2016. 12. P. 41-49.

17. Iglesias L., Groves R.L., Bradford B. et al. Evaluating combinations of bioinsecticides and adjuvants for managing *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in onion production systems. *Crop Protection.* 2021. 142. 105527. doi: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105527

18. Mollah M.I., Hassan N., Khatun S. Evaluation of Microbial Insecticides for the Management of Eggplant Shoot and Fruit Borer, *Leucinodes orbonalis* Guenee. *Entomology and Applied Science Letters.* 2022. 9(4). P. 9-18. doi: https://doi.org/10.51847/H7euMM1RAX

19. Legwaila M.M., Munthali D.C., Kwerepe B.C., Obopile M. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (var. kurstaki) Against Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.) Eggs and Larvae on Cabbage Under Semi-Controlled Greenhouse Conditions. *Int J Insect Sci.* 2015. 7. P. 39-45. doi: 10.4137/IJIS.S23637

20. Uma G.S., Manjunatha M. Evaluation of selected botanical insecticides against radish flea beetles (*Phyllotreta chotanica* Duv.). *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 2020. 8(1). P. 1051-1053.

21. Abdel-Raheem M.A., Al-Keridis L.A. Virulence of Three Entomopathogenic Fungi Against Whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Tomato Crop. *Journal of Entomology.* 2017. 14(4). P. 155-159. doi: 10.3923/je.2017.155.159

22. Patra S., Rai S., Chakraborty D. et al. Impact of Weather Variables on Radish Insect Pests in the Eastern Himalayas and Organic Management Strategies. *Sustainability.* 2024. 16(7). 2946. doi: https://doi.org/10.3390/su16072946

23. Волкодав В.В. Методика державного сорговипробування сільськогосподарських культур (картопля, овочі та баштані культури). Київ, 2001. 101 с.

24. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохіміч-

них досліджень рослин і ґрунтів. Київ: НІЧ-ЛАВА, 2013. 320 с.

25. Камчатний В.І., Синковець Г.А. Визначення площі листя овочевих культур. Вісник сільськогосподарської науки. 1997. № 1. С. 35-36.

26. ДСТУ 6009:2008. Редиска свіжа. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2010 (державний стандарт України).

27. Щетина С.В., Мостов'як І.І., Федоренко В.П. Ентомокомплекс редиски за вирощування у відкритому ґрунті в умовах центральної частини Правобережного Лісостепу України. Карантин і захист рослин. № 1(276). 2024. С. 3—8. doi: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.1.3-8>

28. Щетина С.В. Домінуючі види шкідників редиски (*Raphanus sativus* L. convar. radicula Pers Sazon.) у Правобережному Лісостепу України. Агроекологічний журнал. 2023. № 4. С. 149—157. doi: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293786>

Shchetina S.¹,

ORCID: 0000-0001-8504-2944

Mostoviak I.¹,

ORCID: 0000-0003-4585-3480

Fedorenko V.²,

ORCID: 0000-0002-7783-1617

¹Uman National University of Horticulture, 1, Instyutyska str., Uman, 20305, Ukraine

²Institute of Plant Protection of NAAS, 33, Vasylkivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

Effectiveness of bioinsecticides for different applications against the main pests of radish

Goal. To determine the technical effectiveness of bioinsecticides against major insect pests of radish (*Raphanus sativus* (L.) convar. *radicula* (Pers) Sazon.) grown in open fields, and their impact on plants, yield, and root crop quality. **Methods.** The study was conducted in accordance with the methods generally

accepted in entomology and vegetable growing. During 2020—2022 in open ground conditions on three radish hybrids of different ripeness groups (Adele, Eliza and Stellar) the effectiveness of bioinsecticides Bitoxibacillin-BTU, p. (cell bacteria *Bacillus thuringiensis*-endospores, titer 1.0×10^9 CFU/cm³, CS +), 2 l/ha, ACTOVERM FORMULA, CE (abamectin, 18 g/l), 5 l/ha, Lepidocide-BTU, p. (cells of the bacterium *Bacillus thuringiensis*-var. Kurstaki 9708 L, endospores less than 1×10^9 CFU/cm³), 4 l/ha, (control). The preparations were applied by spraying plants and fertigation (introduction of fertilizers or pesticides into the irrigation system). **Results.** On the 14th day after spraying radish plants with Bitoxybacillin-BTU, the population of crucifer flea beetles decreased by 3.9—5.2 times and by 2.8—3.9 times with fertigation. The population of cabbage aphids decreased by 3.9—4.8 and 3.0—3.5 times, and cabbage moth by 5.0—9.0 and 2.7—5.0 times, respectively. The technical effectiveness of Bitoxybacillin-BTU was 76% and 68% against crucifer flea beetles, 78% and 70% against cabbage aphids, and 83% and 73% against cabbage moth. The application of ACTOVERM FORMULA by spraying reduced the population of crucifer flea beetles by 2.6—3.3 times and by 2.5—2.7 times with fertigation. The population of cabbage aphids decreased by 2.9—3.6 and 2.5—2.8 times, and cabbage moth by 2.0—3.0 and 2.0—5.0 times, depending on the radish hybrid. The technical effectiveness of ACTOVERM FORMULA against these pests was 67%, 70%, and 77% with spraying, and 60%, 62%, and 73% with fertigation, respectively. No negative effects from spraying or fertigation with bioinsecticides on radish plants were detected. However, radish plants in the spray treatment had higher height

(by 2—3 cm), more leaves per plant (by 1 leaf), and a larger leaf surface area (by 0.2—0.8 thousand m²/ha), depending on the hybrid and product. The root mass increased in treatments with double spraying of ACTOVERM FORMULA and Bitoxybacillin-BTU compared to control and fertigation. The use of bioinsecticides Bitoxybacillin-BTU and ACTOVERM FORMULA (2 treatments) during vegetation ensured yields of 25.6—25.8 t/ha for the Adele hybrid with 93—94% marketable root crops, 24.0—25.1 t/ha for the Eliza hybrid with 94—95% marketable root crops, and 23.2—23.7 t/ha for the Stellar hybrid with 95—96% marketable root crops. The root crops had high dry matter content (Adele: 7.9—8.2%, Eliza: 6.2—6.3%, Stellar: 6.5—6.7%), total sugars (Adele: 2.4—2.5%, Eliza: 2.1—2.2%, Stellar: 2.6%), and ascorbic acid content (Adele: 26.0—26.2 mg/100 g, Eliza: 23.9—24.0 mg/100 g, Stellar: 25.4—25.5 mg/100 g). **Conclusions.** The application of bioinsecticides Bitoxybacillin-BTU (2 l/ha) and ACTOVERM FORMULA (5 l/ha) is an effective method for controlling sucking pests in radish crops. Double spraying of radish plants at BBCH 0—9 and BBCH 12—19 with Bitoxybacillin-BTU (2 l/ha) provided control of crucifer flea beetle (76%), cabbage aphid (78%), and cabbage moth (83%). Double spraying with ACTOVERM FORMULA (5 l/ha) at the same stages provided control of crucifer flea beetle (67%), cabbage aphid (70%), and cabbage moth (77%).

radish; bioinsecticides, technical efficiency, root crop yield, marketability of fruits

Надійшла до редакції: 28.05.2024

Прийнята до друку: 03.06.2024

Надруковано й опубліковано онлайн: червень 2024

Науково-виробничий журнал
КАРАНТИН
і ЗАХИСТ
РОСЛИН

Ми знаємо, як зберегти
 врожай без шкоди
 для себе й довкілля

Передплатний індекс —
74668