



УДК 632.95:632.937  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.3>

## ВПЛИВ ФУНГІЦИДІВ НА СМЕРТНІСТЬ ХИЖОГО КЛОПА *MACROLOPHUS PYGMAEUS*

А. Г. Гонтар<sup>1</sup>, Т. С. Шарамок<sup>2</sup>

Інтегрований метод захисту пасльонових культур у теплицях передбачає комплекс заходів із використання корисних комах хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* для боротьби зі шкідниками та пестицидів для боротьби із захворюваннями рослин. У статті наведено результати оцінки впливу чотирьох фунгіцидів на смертність імаго й німф *Macrolophus pygmaeus* у лабораторних умовах. Обробку здійснювали препаратами на основі сульфату міді, бупіримату, пропамокарбу з фосетилом алюмінію, а також біопрепаратом *Trichoderma harzianum*. Метою дослідження було надання рекомендацій щодо використання фунгіцидів у виробничих і лабораторних умовах на основі визначених результатів летальних ефектів на корисного клопа *Macrolophus pygmaeus*. За результатами проведених експериментів до найбезпечніших для *Macrolophus pygmaeus* фунгіцидів належать такі препарати. Біологічний засіб на основі *Trichoderma harzianum* продемонстрував найнижчі показники смертності: на 7-й день після обробки загинув 18,4% німф становила 18,4%, а імаго – 19,4%. Подібний рівень безпечності показав препарат на основі пропамокарбу гідрохлориду й фосетилу алюмінію, який спричинив 18,4% смертності німф V стадії розвитку та 19,8% смертності імаго. Це дає змогу зарахувати ці препарати до нешкідливих і рекомендувати їх до застосування у виробничих умовах у біолабораторіях і теплицях, навіть при контактному внесенні.

Діюча речовина бупіримат на 7-й день після обробки спричиняє смертність імаго на рівні 19,8% і німф – 46,8%, що робить його помірно токсичним для молодого покоління хижого клопа при контактному внесенні й має бути обережно використано у виробничих умовах або навіть виключено з обробки задля зниження ризику загибелі популяції корисних комах *Macrolophus pygmaeus*.

Мінеральний фунгіцид – сульфат міді – продемонстрував виражений негативний вплив на *Macrolophus pygmaeus*. На 7-й день після обробки смертність імаго становила 31%, а смертність німф V стадії досягала 51,6% із подальшим зростанням накопиченої летальності впродовж часу. Це свідчить про продовжений ефект токсичної дії цього фунгіциду після обробки й відсутність деградації діючої речовини під час впливу на комах. Використання цього препарату є токсичним при контактному внесенні на корисних комах і має інсектицидний ефект, тому його застосування має бути обережним.

<sup>1</sup> аспірант кафедри загальної біології та водних біоресурсів  
(Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро)  
e-mail: a.hontar@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-3761-798X

<sup>2</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
завідувач кафедри загальної біології та водних біоресурсів  
(Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро)  
e-mail: sharamok@i.ua  
ORCID: 0000-0003-3523-5283

Таким чином, отримані дані дають змогу класифікувати *Trichoderma harzianum* і пропамокарб + фосетил алюмінію як сумісні *Macrolophus pygmaeus*, тоді як бупіримат і сульфат міді мають бути застосовані з обережністю або виключені з програм біозахисту.

**Ключові слова:** *Macrolophus pygmaeus*, *Trichoderma harzianum*, сульфат міді, побічні ефекти, фунгіцид.

## THE IMPACT OF FUNGICIDES ON THE MORTALITY OF THE PREDATORY BUG *MACROLOPHUS PYGMAEUS*

A. H. Hontar, T. S. Sharamok

The integrated protection strategy for solanaceous crops in greenhouses involves a combination of measures that include the use of beneficial insects – specifically the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* – for pest control, as well as pesticides for managing plant diseases. This article presents the results of an assessment of four fungicides and their effects on the mortality of *Macrolophus pygmaeus* adults and nymphs under laboratory conditions. The treatments included copper sulfate, bupirimate, propamocarb combined with aluminium fosetyl, and the biological agent *Trichoderma harzianum*. The aim of this study was to provide recommendations for the application of fungicides in production and laboratory settings, based on the observed lethal effects on the beneficial predator *Macrolophus pygmaeus*.

According to the experimental results, the safest fungicides for *Macrolophus pygmaeus* were the following. The biological product based on *Trichoderma harzianum* showed the lowest mortality rates: on day 7 after treatment, nymph mortality reached 18.4%, while adult mortality was 19.4%. A similar level of safety was observed for the formulation containing propamocarb hydrochloride and aluminium fosetyl, which caused 18.4% mortality in fifth-instar nymphs and 19.8% mortality in adults. These results allow both products to be classified as non-harmful and suitable for use under production conditions in biolaboratories and greenhouses, even when applied by contact.

The active ingredient bupirimate caused 19.8% adult mortality and 46.8% mortality in fifth-instar nymphs on day 7 after treatment. This indicates moderate toxicity for younger developmental stages during contact exposure. Therefore, its application should be used with caution in production, or potentially excluded, to reduce the risk of population loss of the beneficial predator *Macrolophus pygmaeus*.

The mineral fungicide copper sulfate demonstrated a pronounced negative effect on *Macrolophus pygmaeus*. By day 7 after treatment, adult mortality reached 31%, while mortality of fifth-instar nymphs increased to 51.6%, with cumulative lethality continuing to rise over time. This indicates a prolonged toxic effect of the fungicide after application and the absence of degradation of the active substance during exposure. Its use is therefore considered highly toxic to beneficial insects under contact application and shows an insecticidal effect, meaning it must be applied with extreme caution.

In summary, the findings classify *Trichoderma harzianum* and propamocarb + aluminium fosetyl as compatible with *Macrolophus pygmaeus*, whereas bupirimate and copper sulfate should be used with caution or excluded from biological protection programs.

**Key words:** *Macrolophus pygmaeus*, *Trichoderma harzianum*, copper sulfate, side effects, fungicide.

### Вступ

Інтегрований метод захисту рослин томатів, перців та огірків від шкідників у теплицях передбачає комплекс заходів із використання корисних комах *Macrolophus pygmaeus* як природного ворога шкідників.

*Macrolophus pygmaeus* Rambur, 1839 (макролофус пігмеус) – хижак, родом із середземноморського регіону. Завдяки своєму потенціалу він комерційно масово розведений та успішно випущений у середземноморських країнах (Martinou & Wright, 2019). Сьогодні широко використовується в теплицях Європи. *Macrolophus pygmaeus* є поліфагом (Sanchez et al., 2018) та основним

інструментом у біологічній боротьбі з *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), білокрилками (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*) як шкідниками томатів, трипсами (*Frankliniella occidentalis*) і павутинними кліщами (*Tetranychus urticae*), попелицями при захисті перців та огірків. При відсутності жертв живиться соком рослин (Urbaneja et al., 2009, Martinou et al., 2014). Іноді для захисту томатів використовують й інші види макролофуса, наприклад Нубіус (Alimbekova, 2021).

При використанні хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* в інтегрованій системі захисту культур виникає два фактори,

що знижують ефективність цього методу захисту культур. Перший фактор полягає в складності процесу виробництва хижих клопів, що відображається в потребі поєднання рослинного субстрату для розмноження й умов утримання, який часто уражається хворобами рослин. До таких рослин належать томат (*Solanum lycopersicum*), баклажан (*Solanum melongena*), тютюн звичайний (*Nicotiana tabacum*), квасоля стручкова (*Phaseolus vulgaris*), календула (*Calendula officinalis*) тощо (Lykouressis et al., 2001).

Другий фактор виникає на етапі використання цього агента в теплицях для захисту рослин, де на ефективність його роботи впливає вже наявна технологія вирощування та система захисту рослин від шкідників і хвороб. На цьому етапі має відбуватися інтеграція природних ворогів і використання пестицидів.

Однак суттєвою перешкодою в технології вирощування *Macrolophus rugmaeus* на рослинному субстраті є розповсюдження захворювань рослин, які спричиняють втрати біоматеріалу й суттєве зниження ефективності вирощування хижих клопів. Такими хворобами є борошниста роса (*Erysiphe* spp.), сіра гниль (*Botrytis cinerea*) та інші грибкові захворювання.

Для контролю й зупинки поширення грибкових патогенів використовують фунгіциди різного походження – біологічного, мінерального та хімічного. У виробничих умовах, у теплицях, фунгіциди при вирощуванні томатів уносять багаторазово, у період росту рослин, який збігається з періодом випуску *Macrolophus rugmaeus* (Perdikis et al., 2015), що також шкодить розвитку хижаків.

Галузь овочівництва в Україні займає важливу ланку в продовольчій безпеці країни. Загальна площа овочевих культур становить до 400 тис. га. Серед найпоширеніших овочевих культур – томати. За статистикою, у 2021 році площа вирощування томатів становила близько 75 000 га, з них у закритому ґрунті (теплицях) використовується лише 3 тис. га (Державна служба статистики України, 2021).

На томатах проти комплексу грибних і бактеріальних хвороб широко використовують фунгіциди на базі різних діючих речовин. В Україні для використання на томатах захищеного та відкритого ґрунту зареєстровано 71 фунгіцид (Кабінет ..., 2025). Серед них, згідно з класифікацією FRAC (FRAC,

2025), найпоширенішими є препарати на основі міді (група M01) – 11 препаратів, манкоцебу (група M03) – 10 препаратів, 5 препаратів на базі азолів (група 3), 5 стробилуринів (група 11) тощо.

Нині, незважаючи на те що *Macrolophus rugmaeus* широко використовується, вивчені побічні ефекти невеликої кількості фунгіцидів на швидкість його хижацтва. Застосування фунгіцидів для підвищення ефективності виробництва *Macrolophus rugmaeus* у біофабриках є актуальною та недослідженою темою, розкриття якої дасть змогу значно підвищити вихід готової продукції та знизити втрати комах від пошкодження рослинного субстрату.

Протягом останніх 20 років вплив пестицидів на корисних комах стає предметом усе більшого числа досліджень, оскільки вимоги до якості й безпеки харчових продуктів посилюються щороку (Haynes, 1988). Однак сьогодні знання про летальні й, головним чином, сублетальні ефекти фунгіцидів на *Macrolophus rugmaeus* дуже обмежені.

Указане дослідження виконано з метою визначення найбільш безпечних препаратів для боротьби з патогенами в процесах виробництва корисних комах у біолабораторіях групи компаній Bioprotection (виробничі площадки України, Польщі та Казахстану) та актуалізування виробничих протоколів захисту рослин томату, перцю, баклажанів від захворювань рослин у промислових теплицях України та Польщі.

Визначення безпечних пестицидів, сумісних в інтегрованому методі біологічного захисту рослин (IPM), з використанням корисних комах *Macrolophus rugmaeus* є важливою ланкою в розвитку сучасного овочівництва. Особливо це актуально в умовах посилення екологічних норм використання пестицидів і постійного зростання резистентності шкідників і хвороб.

Фунгіциди можуть бути дуже токсичними для широкого спектру організмів, оскільки вони є біоцидами широкого спектру дії, через те що їх механізм дії часто включає пригнічення клітинного дихання або поділу, які є загальними для всіх організмів. Багато фунгіцидів застосовуються з профілактичною метою, що іноді завдає шкоди замість користі (Sánchez-Bayo, 2021).

У наукових джерелах недостатньо досліджено вплив фунгіцидів на корисних клопів, особливо вплив на всі стадії розвитку цих ентомофагів: яйце, німфи й імаго. Зокрема,

фунгіцид із діючою речовиною хлорокис міді (Copper oxychloride), що використовується на помідорах для контролю таких хвороб, як фітофтороз, макроспоріоз, бура плямистість, за даними нідерландської компанії Корперт, є токсичним для дорослих особин енкарзії формози (50–75% загибель) і помірно токсичний для личинок та імаго золотоочки, високотоксичний для перепончатокрилик із сімейства трихограмматид. Проте його токсичність на *Macrolophus rugmaeus* не вказана. Інший препарат – гідроксид міді, який регулярно застосовується на посівах томатів для боротьби з несправжньою борошнистою росою, теж недостатньо вивчений (Martinou et al., 2014)

Окремі лабораторні експерименти з фунгіцидами (фосетилом алюмінію, азоксистробіном, фенгексамідом і крезоксим-метилом) показали, що вони не мали побічного негативного впливу на хижого квіткового клопа *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae (Herrick & Cloyd, 2017)). Застосування фунгіцидів впливає на популяцію грибоїдних кліщів, але також може мати непрямий вплив на хижих кліщів (Acari: Phytoseiidae) (Pozzebon et al., 2010). Проте їх побічна дія на *Macrolophus rugmaeus* не визначена.

Діюча речовина манкоцеб фунгіциду Mancozeb з групи дітіокарбаматів майже 60 років лідирує у світі серед продажів фунгіцидів. Його використовують для боротьби з різними видами грибів, включаючи представників аскоміцетів, ооміцетів, базидіоміцетів і недосконалих грибів. Захищає томат від таких хвороб, як альтернاریоз, ризоктоніоз, фітофтороз і макроспоріоз. За даними компанії Biobest, справляє слабку токсичність на дорослу особину енкарзії формози та німфу оріуса левігатуса, слабку токсичність на родину афідіїд (Biobest, 2025), але не вказана його дія на *Macrolophus rugmaeus*.

Фунгіцид із діючою речовиною фосетил алюмінію, що є фосфорорганічною сполукою, є препаратом захисної й лікувальної системної дії, який стимулює захисну реакцію рослини-господаря та викликає синтез фенольних сполук, що відіграють важливу роль у прояві фунгіцидного ефекту. Він вибірково діє на ооміцетів, але впливає й на фітопатогени інших класів. Використовується для боротьби на помідорах кореневої та прикореневої гнилі, фітофторозів. За даними компанії Biobest, є помірно токсичним на дорослу особину хижого клопа *Macrolophus rugmaeus*, на німфу хижого клопа *Nesidiocoris tenuis*

і на личинку хижої оси *Encarsia Formosa* (Biobest, 2025).

Важливо, що, крім прямої дії препаратів, необхідно досліджувати також побічні ефекти летального характеру, що спричинені залишковою дією пестицидів і токсичністю на 5–7 день (тривалість циклу розвитку кожної стадії *Macrolophus rugmaeus*). Так, результати дослідження інсектицидів показали, що токсична дія інсектицидів на хижих клопів була значно вищою через 72 години після внесення, порівняно з 24 годинами після обробки. При цьому токсична дія інсектицидів не посилювалася зі зростанням концентрації. Виходячи з досягнутого прямого ефекту через 24 години, згідно з класифікацією ЮВС, до слабботоксичних інсектицидів можна зарахувати азадирактин, люфенурон, спіносад, лямбдацигалотрин і піретрин, ацетаміприд та абамектин є помірно токсичними. Проте через 72 години впливу лише азадирактин залишається помірно токсичним, а всі інші інсектициди (люфенурон, спіносад, лямбдацигалотрин і піретрин) є високо токсичними. Залишки інсектицидів віком один і три дні для всіх інсектицидів показують помірно токсичну дію через 24 години після випуску. Залишки діючої речовини пестицидів сім днів після обробки для всіх інсектицидів мають слабший ефект у перші 24 години після випуску, ніж залишки віком один і три дні. Але через 72 години після впливу всі інсектициди, незалежно від часу внесення, є дуже токсичними, оскільки смертність клопів перевищує 75%. Дослідження показало, що екологічно прийнятні інсектициди не є безпечними для ентомофагів (Ваžок et al., 2024), хоча певні інсектициди на базі діючої речовини матрин є вибілковими та безпечними для хижака *Macrolophus rugmaeus* і можуть бути рекомендовані в комплексних програмах управління шкідниками *Tuta absoluta* (Mohammadi & Valizadegan, 2025).

Це дослідження підкреслює те, що вказана ЮВС токсичність пестицидів може відрізнятися залежно від умов унесення, тривалості токсичної дії, стадії розвитку, що підпала під внесення розчину, і додатково вказує на необхідність актуалізації даних токсичності з урахуванням умов використання препаратів.

Потребують поглибленого вивчення також фунгіциди й інсектициди біологічного походження. У дослідженні біологічний препарат інсектицид *B. bassiana* визнаний слабшкідливим для *Macrolophus rugmaeus*

(Malekan et al., 2015), а препарати на базі грибка триходерми недостатньо вивчені.

Дослідження демонструє вплив різних типів фунгіцидів на дорослих особин і німф хижого клопа *Macrolophus rugosus* у лабораторних умовах на штучних субстратах, які використовуються для вирощування промислових партій хижаків. Зокрема, поряд із синтетичними фунгіцидами досліджено біологічний препарат *Trichoderma harzianum* і мідумісний фунгіцид сульфат міді. Отриманий науковий матеріал поповнить знання щодо особливостей боротьби з патогенами рослин під час виробничих процесів у біолабораторіях де вирощується ентомофаг *Macrolophus rugosus*, і дасть змогу підвищити результативність розведення й економічну ефективність.

### Матеріал і методи

Лабораторна культура хижих клопів для експерименту відібрана з німф і дорослих особин-імаго *Macrolophus rugosus*, що надана біолабораторією фірми Investbio Sp z o.o. (Краків, Польща). Комах попередньо розводили на стручках квасолі (сорт Faiza, Rijk Zwaan), годуючи кормом, який складається з яєць зернової молі *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Pyralidae) у довільному об'ємі (ad libitum) із 3-денним інтервалом. В експерименті використано стручки квасолі спаржевої (*Phaseolus vulgaris* L.), яка використовується хижими клопами як субстрат для відкладення яєць і живлення вологою під час проведення дослідів.

В експерименті вивчався вплив свіжого розчину пестицидів на хижих клопів *Macrolophus rugosus* при прямому впливі токсичної речовини через контакт із обробленими поверхнями комах і субстрату, без прямого впливу розчину на комах, а лише на субстрат. Вивчали виживаність і смертність імаго та німф і сублетальні поведінкові ефекти.

Перший дослід – аналіз резидуального впливу речовини фунгіцидів на дорослих особин *Macrolophus rugosus*. Дослід передбачав виселення дорослих особин хижаків на поверхню стручків, які висушили після нанесення спрею. Другий дослід – хижаків на стадії німф 5 стадії (що не мають здатності літати) виселяли перед застосуванням спрею з токсичною речовиною.

Метою досліджень було вивчення кількісних показників смертності імаго без прямого контакту з розчином пестицидів і смертності німф при прямому контакті (виробничий сценарій, що імітує ситуацію в теплиці).

У дослідах використовувалися імаго, які після збору були поміщені в пластикові ємкості об'ємом 10 л із покритим млиновим газом – сіткою 300 мікрон – з отвором у кришці для вентиляції, що імітувало умови, подібні до виробничих.

Бокси зберігали при температурі  $24 \pm 1$  °C і відносній вологості  $60 \pm 5\%$ , а також використовувалася фотоперіод 16:8 (L:D) год.

Як пестициди використовувалися такі фунгіциди: сульфат міді, превікур енерджі, *Trichoderma harzianum*, німрод (таблиця 1). У дослідах використані максимально дозволені норми пестицидів для тепличних культур. Як контролю використовувалася дистильована вода. Для приготування робочих розчинів пестицидів застосовували дистильовану воду.

Смертність німф реєструвалася після їх обприскування (контактного впливу) або впливу сухих залишків.

Для проведення експерименту використані спеціальні гроубокси об'ємом 10 л, у кришках котрих зроблені отвори розміром 25\*30 см і запаяні вентиляційні сітки, що дають змогу підтримувати мікроклімат і дихання комах.

У кожен із боксів покладено папір і 20 стручків квасолі, після чого була проведена обробка розчином фунгіциду. Розпилення відбувалося за допомогою ручного спускового розпилювача, сопло якого було відрегульоване до положення створення туману й із відстані 0,2 м у бік стручків. Розпилення проводилося до рівномірного змочування та початку стікання капель. Після цього протягом 1 години проводилося просихання боксу при кімнатній температурі в лабораторії до зникнення слідів розчину на стручках.

Після цього відбулося виселення комах: у кожен бокс по 100 дорослих особин хижих клопів. Фіксування летальних ефектів від дії пестицидів проводили на 2 і 7 день після обробки, визначаючи кількість мертвих особин і фіксуючи результати. Також надалі експеримент продовжився для визначення кількості новонароджених німф 1–2 стадії з фіксацією результатів на 20 день після обробки.

Друге дослідження базувалося на вивченні дії прямого контакту комах із розчином фунгіцидів і перорального впливу обробленого корму. Експеримент проводився за схожою методикою. Але для визначення побічної дії пестицидів використовували німф 5-ї стадії розвитку з огляду на відсутність у них крил і мож-

Таблиця 1

Препарати й концентрації, що використані в експерименті

Діюча речовина	Хімічний клас	Спосіб дії	Бренд/назва, виробник (країна)	Доза, мл (мг)/л
Пропамокарб гідрохлорид (530 г/л) + фосетил алюмінію (310 г/л)	Карбамати + фосфонати	Системна дія, інгібує розвиток збудників фітофторозу, переноспорозу.	Previkur Energy, Bayer CropScience (Німеччина)	2
Триходерма на зерновій основі	Trichoderma harzianum	Антагонізм до патогенних грибів: конкуренція, мікопаразитизм.	Trichiderma Harzianum, MykoGuardian (Україна)	2000
Сульфат міді – пентагідрат	Мінеральний фунгіцид	Контактна дія, порушує ферментативні процеси в клітинах грибів і бактерій.	Copper sulfate, Warchem, (Польща)	200–500
Бупіримат (250g/l)	Піримідин	Системна дія, пригнічує спороношення й розвиток міцелію грибів.	Nimrod, ADAMA (Ізраїль)	1,2

ливості літати під час унесення препарату під час досліду. У пластиковий бокс, що описаний вище, було покладено папір і по 20 стручків квасолі. Після цього відбулося розпорошення корму та виселення 100 німф хижих клопів. Після виселення провели обробку квасолі й німф розчинами пестицидів, змочуючи їх рівномірно. Фіксування летальних ефектів проводили на 2 і 7 день після обробки, підраховуючи кількість мертвих особин.

У кожному експерименті проводилося 5 паралельних повторень. Для оцінки впливу фунгіцидів на смертність імаго та німф п'ятої стадії розвитку *Macrolophus ruginosus* використано однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Статистичні розрахунки виконувалися з використанням пакету статистичного аналізу програмного забезпечення Excel. У ході дослідження оцінено вплив чотирьох фунгіцидів на смертність імаго *Macrolophus ruginosus* на сьомий день після обробки. Статистичний аналіз включав перевірку припущень для застосування дисперсійного аналізу. У всіх дослідних групах рівень значущості був більшим за 0,05,

що свідчить про відповідність даних нормальному розподілу.

#### Результати

У дослідженні остаточного (резидуального) впливу фунгіцидів на смертність імаго *Macrolophus ruginosus* оцінювали вплив п'яти варіантів обробки (чотири фунгіциди й контроль). Оцінка результатів проводилася на другий і сьомий день після обробки (далі – дпо).

Таким чином, на основі даних першого досліду, де визначався вплив сухого залишку препаратів, визначено, що існує природна смертність хижого клопа, що зафіксовано в контролі. На 7-й дпо смертність становила 7% (див. табл. 2).

Обробка біологічним препаратом на основі *Trichoderma harzianum* спричинила 19,4% смертності, причому на 2-й день зафіксовано лише незначне відхилення від контрольної групи. Це свідчить про пролонгований характер дії препарату. До наступної групи належать хімічні фунгіциди, що застосовуються в системах інтегрованого захисту рослин. Препарат на основі пропамокарбу й фосетилу алюмінію проде-

Таблиця 2

Смертність імаго *Macrolophus ruginosus* від впливу 4 груп фунгіцидів на 2-й і 7-й день після обробки при резидуальному методі внесення (%)

Вид розчину	Смертність на 2-й день	Смертність на 7-й день
Контроль (дистильована вода)	4,6	5
Сульфат міді	16,8	31
Пропамокарб + фосетил алюмінію	17	24,2
<i>Trichoderma harzianum</i>	7	19,4
Бупіримат	12,4	19,8

монстрував 17% смертності на 2-й день, яка зросла до 24% на 7-й день, що вказує на посилення летального ефекту з часом. Стосовно діючої речовини бупіримат, то показники на 7-й день після обробки становили близько 20%, що є порівняним із результатами групи, обробленої *Trichoderma harzianum*.

Фунгіцид на основі міді – сульфат міді – на 2-й дпо демонстрував чи не найвищий рівень токсичності – 16,8%, а вже на 7-й дпо – 31% летального ураження. Таким чином, у дослідженні впливу фунгіцидів на імаго, відповідно до класифікації ІОВС, пропамокарб + фосетил, *Trichoderma harzianum* і бупіримат належать до категорії нешкідливих, а сульфат міді – як злегка шкідливий препарат.

У другому експерименті оцінювали летальний ефект п'яти варіантів обробки (чотири фунгіциди та контроль) за умов контактного способу внесення на смертність німф 5-ї стадії *Macrolophus rugmaeus* на другий і сьомий дпо.

Визначаючи вплив контактного способу застосування розчину фунгіцидів, також виявили смертність німф від застосування спрею води контактено, хоча значно меншою мірою, ніж на імаго. Природна смертність хижого клопа в контролі на 7-й дпо становила 4,2%, що майже вдвічі нижче за попередній експеримент з обробкою дорослих особин. Це може вказувати на непереносимість надмірної вологості й фізичний негативний вплив вологи на комах.

Обробка біологічним препаратом на базі триходерми *Trichoderma harzianum* спричинила смертність на рівні 13,6% на 2-й дпо та 18,4% на 7-й дпо, що вказує на те, що основний вплив відбувається в перші дні після обробки й існує незначний ефект дії грибка *Trichoderma harzianum* на німф *Macrolophus rugmaeus*. Але, зважаючи на те що це остання стадія розвитку німф

перед перетворенням на імаго, подальший вплив триходерми за рахунок розростання на поверхні субстрату недоцільний, оскільки буде повторювати дані першого експерименту.

Хімічні фунгіциди продемонстрували більш агресивний вплив на німф, ніж на дорослих особин. Так, розчин пропамокарб + фосетил алюмінію на 2-й день показав 13,6% смертності зі зростанням до 18,4% на 7-й день. Це демонструє, що основний ефект здійснюється в перші дні після обробки, а в подальшому незначно підвищується через деградацію діючої речовини на поверхні.

Фунгіцид на базі діючої речовини бупіримат демонструє значний вплив одразу з 2-го дня – 37,2%, до 46,8% на 7-й дпо. Це вказує на токсичну дію розчину на німф *Macrolophus rugmaeus* одразу після обробки та подальшу токсичність за рахунок існування випарувань. Також це підтверджує, що комахи на цій стадії розвитку майже у два рази вразливіші за дорослих особин, смертність яких була 19,8% на 7 дпо.

Мінеральний фунгіцид на основі міді – сульфат міді – на 2-й дпо демонстрував чи не найвищий рівень токсичності 37,2%, а вже на 7-й дпо – 51,6% летального ураження. Це значна смертність і її зростання вказує на пролонговану дію фунгіциду на поверхні та відсутність деградації діючої речовини. Ураховуючи дані першого експерименту, де смертність імаго була теж висока, можна охарактеризувати, що цей фунгіцид має інсектицидні властивості на корисних клопів при контактному застосуванні.

З урахуванням виконання обох припущень проведено однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA), який виявив статистично значущу різницю між групами ( $F = 9,32$ ,  $P = 0,0002$ ). Це вказує на суттєвий вплив типу фунгіциду на рівень смертності імаго *Macrolophus rugmaeus*. В експери-

Таблиця 3

Смертність німф 5 стадії *Macrolophus rugmaeus* від впливу 4 груп фунгіцидів на 2-й і 7-й день після обробки (%)

Вид розчину	Смертність на 2-й день	Смертність на 7-й день
Контроль	0,8	4,2
Сульфат міді	37,2	51,6
Пропамокарб + фосетил алюмінію	13,6	18,4
<i>Trichoderma harzianum</i>	6	15
Бупіримат	37,2	46,8

менті з німфами на 7-й дпо теж виявлена статистично значуща різниця між групами ( $F = 95$ ,  $P = 0,000002$ ). Оскільки  $F = 95 > F$  критичного значення 2,8 та  $P < 0,05$ , різниця в смертності між обробками є статистично значущою. Це означає, що фунгіциди мають різний вплив на виживаність хижого клопа. І відповідно до результатів дослідів, пропамокарб + фосетил, *Trichoderma harzianum* належать до категорії нешкідливих, а сульфат міді й бупіримат – токсичні препарати згідно з класифікацією IOBC.

### Обговорення

Використані в дослідженні діючі речовини фунгіцидів широко застосовуються при захисті томатів від патогенів. Проте, як видно з результатів дослідження, вплив на корисних комах може бути суттєвий при певних умовах застосування.

Так, у певних дослідженнях фунгіцидів на базі діючих речовин пропамокарб гідрохлорид (530 г/л) і фосетил-алюміній (310 г/л) доведено, що вони сумісні з *Macrolophus ruginosus*, ключовим агентом біоконтролю в IPM, а лабораторні та польові дослідження показали мінімальну смертність, відсутність сублетального впливу на розмноження або поведінку. Фосетил алюміній практично нешкідливий, тоді як пропамокарб проявляє незначну токсичність в умовах прямого розпилення або одразу після нього. Водночас дослідження фунгіцидів на основі міді (Martinou et al., 2014) показали, що залишки гідроксиду міді викликають значну смертність 58% німф 5-го *Macrolophus ruginosus* віку через 72 години. Також обприскані німфи показали підвищену смертність аж до 66,6%, що призвело до класифікації цього фунгіциду як слабошкідливого. Аналогічне явище зареєстровано для картопляної цикади *Empoasca fabae* (Harris) (Hemiptera: Cicadellidae) після обробки бордоською сумішшю на основі сульфату міді (DeLong, 1940). Хлорокис міді спричинив 30% смертності в близькосторідного хижака *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) при обприскуванні рослин, хижаків та їжі. Але при впливі резидуально, лише через висушені рослини, смертність клопів була подібною до смертності контрольної. На противагу цьому, ця речовина викликала до 30% смертності в *Nesidiocoris tenuis* (Ziaei Madbouni et al., 2017). Але відповідне дослідження для *Macrolophus ruginosus* не проводилося.

У дослідженні фунгіцид на основі міді показав смертність дорослих особин на рівні 31% і 51,6% смертності німф 5-ї ста-

дії на 7-й день дослідження. Це вказує на те, що побічні ефекти залежать від методу впливу та концентрації препаратів і потребують обережного застосування у виробничих умовах.

### Висновки

Згідно з класифікацією IOBC (Міжнародної організації біологічного контролю), усі пестициди й біопрепарати оцінюються за рівнем токсичності до ентомофагів. Так, речовини, які викликали смертність менше ніж 30%, вважаються нешкідливими, ті, що викликають смертність від 30 до 79%, – злегка шкідливі, ті, що викликають від 80 до 99% смертності, – шкідливі, а ті, які спричинили смертність більше ніж 99%, – дуже шкідливі (Sterk et al., 1999). Відповідно до дослідження, біологічний препарат на зерновій основі *Trichoderma harzianum* як біологічний фунгіцид належить до 1 класу – нешкідливий як для німф, так і для імаго. Препарат не чинить значного негативного впливу на ентомофагів і рекомендований як в органічному виробництві, так і в інтегрованих технологіях.

Сульфат міді – пентагідрат, згідно з дослідженнями, спричинив смертність німф на рівні 51,6%, тому належить до 2-го класу помірно шкідливих або шкідливих, залежно від дози та стадії впливу на корисних комах. Підвищена концентрація міді також негативно впливає на ґрунтову мікрофлору, кліщів-фітосейулюсів та інших корисних комах, що варто враховувати при його застосуванні в системах захисту рослин.

Бупіримат, згідно з дослідженнями, теж належить до 2-го класу – помірно шкідливих фунгіцидів при контактному внесенні. Його системна дія та тривалий вплив на патогени роблять його ефективним проти борошнистої роси, проте він може викликати загибель або порушення розвитку корисних комах, особливо при прямому контакті або обробці місць їх перебування.

Пропамокарб гідрохлорид + фосетил алюмінію, згідно з проведеними дослідженнями, вважається малотоксичним для різних стадій *Macrolophus ruginosus*.

При плануванні захисту виробничих субстратів у біолабораторіях від впливу патогенів необхідно враховувати, що найбезпечніше використовувати резидуальний метод використання фунгіцидів без прямого внесення на присутніх комах. Найбезпечнішими препаратами є біофунгіцид *Trichoderma harzianum* і пропамокарб гідрохлорид у поєднанні з фосетилом алю-



мінію, а дослідження з використанням цих фунгіцидів дало змогу зберегти рослинний субстрат і продовжити термін його використання на 40% у виробничих умовах, що, у свою чергу, позитивно сприяє підвищенню відроджуваності яєць *Macrolophus pygmaeus* і його економічній ефективності виробництва.

### Список використаної літератури

- Державна служба статистики України. Рослинництво України. Київ, 2021.
- Кабінет Міністрів України. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. [Електронний ресурс]. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/> (дата звернення: 17.07.2025).
- Alimbekova A. Efficiency of using *Macrolophus nubilus* H.S. for protecting tomatoes from major pests in the greenhouse conditions of South Kazakhstan. *Agravita*. 2021. Vol. 43. № 3. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i3.2857>.
- Bažok R., Miholić L., Kadoić B. Osjetljivost predatorske stjenice *Macrolophus pygmaeus* na insekticide. *Zbornik sažetaka 66. seminara biljne zaštite. Hrvatsko društvo biljne zaštite*. Zagreb, 2024.
- Biobest. Side effects database, 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.biobest.com/side-effects-app> (дата звернення: 15.09.2025).
- DeLong D.M. Studies of methods and materials for the control of the leafhopper *Empoasca fabae* as a bean pest. *USDA Technical Bulletin*. 1940. P. 740.
- FRAC – Fungicide Resistance Action Committee. FRAC mode of action poster. 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.frac.info/media/a5vnynr3/frac-moa-poster-2025.pdf> (дата звернення: 10.10.2025).
- Haynes K.F. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annual Review of Entomology*. 1988. Vol. 33. P. 149–168. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.33.010188.001053>.
- Herrick N.J., Cloyd R.A. Direct and indirect effects of pesticides on the insidious flower bug (Hemiptera: Anthocoridae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*. 2017. Vol. 110. P. 931–940. <https://doi.org/10.1093/jee/tox306>.
- Lykouressis D., Perdikis D., Tsagarakis. Polyphagous mirids in Greece: host plants and abundance in traps placed in some crops. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri"*. 2001. Vol. 56. P. 57–68.
- Malekan N., Hatami B., Akhavan A., Ebadi R. Evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* on different nymphal stages of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouse conditions. *Biharean Biologist*. 2015. Vol. 9. P. 108–112. <https://doi.org/10.1515/biblio-2015-0017>.
- Martinou A.F., Seraphides N., Stavrinides M.C. Lethal and behavioral effects of pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*. *Chemosphere*. 2014. Vol. 96. P. 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.028>.
- Martinou A.F., Wright D.J. The predation consequence of continuous breeding vs starting a new colony of a polyphagous insect predator. *Phytoparasitica*. 2019. Vol. 37. № 1. P. 27–33. <https://doi.org/10.1080/00779962.1982.9722404>.
- Mohammadi R., Valizadegan O. Lethal and sublethal effects of matrine (Rui agro®) on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* and the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*. 2025. Vol. 14(2). P. 111–125. <https://doi.org/10.22034/ARPP.2025.19084>.
- Perdikis D.C., Arvaniti K., Paraskevopoulos A., Grigoriou A. Pre-plant release enhanced the earlier establishment of *Nesidiocoris tenuis* in open field tomato. *Entomologia Hellenica*. 2015. Vol. 24. P. 11–21. <https://doi.org/10.12681/eh.11541>.
- Pozzebon A., Borgo M., Duso C. The effects of fungicides on non-target mites can be mediated by plant pathogens. *Chemosphere*. 2010. Vol. 79. P. 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.01.064>.
- Sanchez J.A., López-Gallego E., Pérez-Marcos M., Perera Fernández L.G., Ramírez Soria. How safe is it to rely on *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) as a biocontrol agent in tomato crops. *Agroecology*. 2018. Vol. 6. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00132>.
- Sánchez-Bayo F. Indirect Effect of Pesticides on Insects and Other Arthropods. *Toxics*. 2021. Vol. 9. № 8. Article 177. <https://doi.org/10.3390/toxics9080177>.

Sterk G., Hassan S. A., Bailod M. Results of the seventh joint pesticide testing programme. IOBC/WPRS Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. BioControl. 1999. Vol. 44. P. 99–117. <https://doi.org/10.1023/A:1009966806383>.

Urbaneja A., Montón H., Molla O. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. Journal of Applied Entomology. 2009. Vol. 133. № 4. P. 292–296. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01380.x>.

Ziaei Madbouni M.A., Samih M.A., Qureshi J.A., Biondi A., Namvar P. Compatibility of insecticides and fungicides with the zoophytophagous mirid predator *Nesidiocoris tenuis*. PLoS ONE. 2017. Vol. 12. № 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187439>.

## References

Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2021). Roslynyntstvo Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine. Crop production of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].

Kabinet Ministriv Ukrainy. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [Cabinet of Ministers of Ukraine. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. State register of pesticides and agrochemicals permitted for use in Ukraine]. [Electronic resource] URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrokhimikativ-dozvolenykh-do-vykorystannya-v-ukrayini/> (access date 17.07.2025) [in Ukrainian].

Alimbekova, A. (2021). Efficiency of using *Macrolophus nubilus* H.S. for protecting tomatoes from major pests in the greenhouse conditions of South Kazakhstan. *Agravita*, 43(3). <https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i3.2857> [in English].

Bažok, R., Miholić, L., & Kadoić, B. (2024). Osjetljivost predatorske stjenice *Macrolophus pygmaeus* na insekticide. In *Zbornik sažetaka 66. seminara biljne zaštite*. Zagreb: Hrvatsko društvo biljne zaštite. [Susceptibility of the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* to insecticides. In Proceedings of the 66th Plant Protection Seminar] [in Croatian].

Biobest. Side effects database. [Electronic resource] URL: <https://www.biobest.com/side-effects-app> (access date: 15.09.2025) [in English].

DeLong, D.M. (1940). Studies of methods and materials for the control of the leafhopper *Empoasca fabae* as a bean pest. USDA Technical Bulletin, 740 [in English].

FRAC – Fungicide Resistance Action Committee (2023). FRAC mode of action poster. [Electronic resource] URL: <https://www.frac.info/media/a5vnynr3/frac-moa-poster-2025.pdf> (access date: 10.10.2025) [in English].

Haynes, K.F. (1988). Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annual Review of Entomology*, 33, 149–168. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.33.010188.001053> [in English].

Herrick, N.J., & Cloyd, R.A. (2017). Direct and indirect effects of pesticides on the insidious flower bug (Hemiptera: Anthocoridae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 110, 931–940. <https://doi.org/10.1093/jee/tox306> [in English].

Lykouressis, D., Perdakis, D., & Tsagarakis. (2001). Polyphagous mirids in Greece: host plants and abundance in traps placed in some crops. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria “Filippo Silvestri”*, 56, 57–68 [in English].

Malekan, N., Hatami, B., Akhavan, A., & Ebadi, R. (2015). Evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* on different nymphal stages of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouse conditions. *Biharean Biologist*, 9, 108–112. <https://doi.org/10.1515/biblio-2015-0017> [in English].

Martinou, A.F., Seraphides, N., & Stavrinides, M.C. (2014). Lethal and behavioral effects of pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*. *Chemosphere*, 96, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.028> [in English].

Martinou, A.F., & Wright, D.J. (2019). The predation consequence of continuous breeding vs starting a new colony of a polyphagous insect predator. *Phytoparasitica*, 37(1), 27–33. <https://doi.org/10.1080/00779962.1982.9722404> [in English].

Mohammadi, R., & Valizadegan, O. (2025). Lethal and sublethal effects of matriline (Rui Agro®) on the tomato leaf miner *Tuta absoluta* and the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 14(2), 111–125. <https://doi.org/10.22034/ARPP.2025.19084> [in English].

Perdikis, D.C., Arvaniti, K.A., Paraskevopoulos, A., & Grigoriou, A. (2015). Pre-plant release enhanced the earlier establishment of *Nesidiocoris tenuis* in open-field tomato. *Entomologia Hellenica*, 24(1), 11–21. <https://doi.org/10.12681/eh.11541> [in English].

Pozzebon, A., Borgo, M., & Duso, C. (2010). The effects of fungicides on non-target mites can be mediated by plant pathogens. *Chemosphere*, 79(1), 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.01.064> [in English].

Sanchez, J.A., López-Gallego, E., Pérez-Marcos, M., Perera-Fernández, L. G., & Ramírez Soria, M.J. (2018). How safe is it to rely on *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) as a biocontrol agent in tomato crops. *Agroecology*, 6, 132. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00132> [in English].

Sánchez-Bayo, F. (2021). Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods. *Toxics*, 9(8), 177. <https://doi.org/10.3390/toxics9080177> [in English].

Sterk, G., Hassan, S.A., & Baillod, M. (1999). Results of the seventh joint pesticide testing programme IOBC/WPRS Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. *BioControl*, 44, 99–117. <https://doi.org/10.1023/A:1009966806383> [in English].

Urbaneja, A., Montón, H., & Molla, O. (2009). Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology*, 133(4), 292–296. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01380.x> [in English].

Ziaei Madbouni, M.A., Samih, M.A., Qureshi, J.A., Biondi, A., & Namvar, P. (2017). Compatibility of insecticides and fungicides with the zoophytophagous mirid predator *Nesidiocoris tenuis*. *PLoS ONE*, 12(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187439> [in English].

Отримано: 30.10.2025

Прийнято: 11.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025

