

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан факультету  
захисту рослин, біотехнологій та  
екології  
\_\_\_\_\_ Коломієць Ю.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
ентомології, інтегрованого захисту  
та карантину рослин  
\_\_\_\_\_ Доля М.М.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «Лабораторне розведення видів роду *Trichogramma spp.* та  
застосування її проти американського білого метелика (*Hyphantria cunea  
Drury*)»**

Спеціальність: 202 Захист і карантин рослин

Освітня програма: Карантин рослин

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_ канд. с.-г.н., доцент Сикало О.О.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ доктор філософії, Статкевич О.І.

Виконав \_\_\_\_\_ Твердовський Н.С.

**КИЇВ-2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
ентомології, інтегрованого захисту  
та карантину рослин  
\_\_\_\_\_ Доля М.М.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання кваліфікаційної роботи студенту

\_\_\_\_\_ Твердовському Назару Сергійовичу \_\_\_\_\_

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Освітня програма: Карантин рослин

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема роботи «Лабораторне розведення видів роду *Trichogramma spp.* та застосування її проти американського білого метелика (*Huphantria cunea Drury*)», затверджена наказом від 13.11.2024 р. № 2036 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15 листопада 2025 року.

Вихідні дані з магістерської роботи: лабораторна культура видів роду *Trichogramma spp.* та природні популяції американського білого метелика (*Huphantria cunea Drury*).

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Провести аналіз літературних джерел щодо значення *Trichogramma* як ентомофага.

- Визначити біологічні особливості розвитку та поведінки видів роду *Trichogramma* в лабораторних умовах.

- Удосконалити методику лабораторного розведення *Trichogramma spp.*

- Оцінити ефективність паразитування ентомофага на яйцях американського білого метелика.

- Надати рекомендації щодо практичного застосування *Trichogramma spp.* у біологічному захисті рослин.

Дата видачі завдання 16 листопада 2024 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Статкевич О.І.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Твердовський Н.С.

## РЕФЕРАТ

Обсяг дипломної роботи «Лабораторне розведення видів роду *Trichogramma* spp. та застосування її проти американського білого метелика (*Huphantria cunea* Drury)»: становить 74 сторінок, 8 таблиць, 13 рисунків та 52 літературних джерел.

**Об'єктом дослідження:** види роду *Trichogramma* spp. , які використовуються для біологічного контролю шкідників.

**Предмет дослідження** – біологічні особливості розвитку, розмноження та ефективність паразитування *Trichogramma* spp. проти *Huphantria cunea*.

**Методи дослідження.** У роботі застосовано комплекс методів, що охоплюють лабораторні експерименти з масового та індивідуального розведення видів *Trichogramma* spp. на яйцях комах-господарів із контролем мікрокліматичних параметрів (температури, вологості та фотоперіоду), морфологічні та мікроскопічні дослідження з використанням світлової та стереомікроскопії для визначення видів трихограми, аналізу її морфометричних ознак та стадій розвитку всередині яєць *Huphantria cunea*, спостереження етологічних реакцій самиць під час пошуку господаря та яйцекладки, а також біотестування ефективності паразитування на яйцях американського білого метелика шляхом визначення відсотка поражених яєць, виходу імаго та статевого співвідношення потомства. Для опрацювання отриманих даних застосовували біометричні методи вимірювання та кількісної оцінки репродуктивних показників, а також статистичні методи (описова статистика, t-критерій Стьюдента, кореляційний аналіз), що забезпечили достовірність і наукову обґрунтованість результатів дослідження.

**Мета роботи** – дослідити особливості лабораторного розведення видів роду *Trichogramma* spp. та оцінити ефективність їх застосування проти американського білого метелика.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- ✓ Провести аналіз літературних джерел щодо біології та значення *Trichogramma spp.* як ентомофага.
- ✓ Визначити біологічні особливості розвитку та поведінки видів *Trichogramma spp.* в лабораторних умовах.
- ✓ Удосконалити методику лабораторного розведення *Trichogramma spp.* на яйцях комах-господарів.
- ✓ Оцінити ефективність паразитування *Trichogramma spp.* на яйцях американського білого метелика.
- ✓ Надати рекомендації щодо практичного застосування *Trichogramma spp.* у біологічному захисті рослин

**Ключові слова:** масове розведення, ентомофаги, фітофаги, ефективність, трихограма, карантинні види.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	10
1.1. Характеристика видів роду <i>Trichogramma spp.</i> : систематика, морфологія, життєвий цикл.....	10
1.2. Види трихограми, перспективні для лабораторного розведення в Україні.....	16
1.3. Біологічні особливості американського білого метелика ( <i>Hypphantria cunea Drury</i> ).....	19
1.4. Економічне значення та шкідливість виду в Україні.....	25
1.5. Досвід застосування трихограми проти американського білого метелика у світі та в Україні.....	28
<b>Висновки до розділу 1</b> .....	30
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	32
2.1. Місце, умови та період проведення досліджень.....	32
2.2. Біологічний матеріал: вихідна культура <i>Trichogramma spp.</i> .....	34
2.3. Умови утримання та розведення трихограми в лабораторії.....	35
2.4. Методика оцінки ефективності трихограми в біологічному контролі <i>H. cunea</i> .....	37
<b>РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАБОРАТОРНИХ УМОВ РОЗВЕДЕННЯ ВИДІВ РОДУ <i>TRICHOGRAMMA SPP.</i></b> .....	40
3.1. Динаміка розвитку трихограми за різних лабораторних умов.....	40
3.2. Оптимізація гідротермічного режиму розведення лабораторних культур <i>Trichogramma spp.</i> (температура, вологість, освітлення).....	42
3.3. Діапауза та методи її регулювання в лабораторних умовах.....	49
<b>Висновки до розділу 3</b> .....	53
<b>РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРИХОГРАМИ ПРОТИ АМЕРИКАНСЬКОГО БІЛОГО МЕТЕЛИКА</b> .....	55
<b>Висновки до розділу 4</b> .....	58
<b>РОЗДІЛ 5. ВИРОБНИЧІ ТА ПРИКЛАДНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИПУСКУ ЕНТОМОФАГА В ОСЕРЕДКАХ <i>HYPHANTRIA CUNEA DRURY</i></b> .....	59
<b>Висновки до розділу 5</b> .....	61
<b>РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ АМЕРИКАНСЬКОГО БІЛОГО МЕТЕЛИКА</b> .....	63
<b>Висновки до розділу 6</b> .....	67
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	68
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	70

## ВСТУП

Сучасне сільське господарство потребує ефективних і екологічно безпечних засобів захисту рослин від шкідників. У зв'язку з посиленням антропогенного навантаження на агроєкосистеми, надмірним застосуванням хімічних пестицидів та виникненням у шкідників резистентності до них зростає необхідність переходу до біологізованих методів захисту. Одним із найважливіших напрямів сучасної біологічної боротьби з фітофагами є використання ентомофагів, зокрема представників роду *Trichogramma spp.* родини Trichogrammatidae [23].

Американський білий метелик (*Hyphantria cunea* Drury) є одним із найнебезпечніших інвазійних видів в Україні. Він пошкоджує понад 250 видів деревних, чагарникових і трав'янистих рослин, завдаючи значної шкоди зеленим насадженням, плодовим садам і декоративним культурам. Через високу плодючість, багатодільність і здатність швидко розселитися цей шкідник становить серйозну загрозу для біорізноманіття та економіки регіонів. Ефективність хімічних заходів проти нього є обмеженою, тому пошук і впровадження біологічних методів контролю, зокрема використання *Trichogramma*, має надзвичайно важливе значення [3,27].

Лабораторне розведення *Trichogramma spp.* є ключовою передумовою для її масового застосування в біологічному захисті. Від умов утримання, якості господаря, температурно-вологісного режиму, кратності паразитування та інших факторів залежить життєздатність і біологічна активність особин. Тому дослідження особливостей культивування видів *Trichogramma spp.* в лабораторних умовах і визначення їхньої ефективності проти американського білого метелика є актуальним напрямом сучасної біологічної науки і практики.

**Об'єкт дослідження** – види роду *Trichogramma*, які використовуються для біологічного контролю шкідників.

**Предмет дослідження** – біологічні особливості розвитку, розмноження та ефективність паразитування *Trichogramma spp.* проти *Huphantria cunea*.

**Методи дослідження.** У роботі застосовано комплекс методів, що охоплюють лабораторні експерименти з масового та індивідуального розведення видів *Trichogramma spp.* на яйцях комах-господарів із контролем мікрокліматичних параметрів (температури, вологості та фотоперіоду), морфологічні та мікроскопічні дослідження з використанням світлової та стереомікроскопії для визначення видів трихограми, аналізу її морфометричних ознак та стадій розвитку всередині яєць *Huphantria cunea*, спостереження етологічних реакцій самиць під час пошуку господаря та яйцекладки, а також біотестування ефективності паразитування на яйцях американського білого метелика шляхом визначення відсотка поражених яєць, виходу імаго та статевого співвідношення потомства. Для опрацювання отриманих даних застосовували біометричні методи вимірювання та кількісної оцінки репродуктивних показників, а також статистичні методи (описова статистика, t-критерій Стьюдента, кореляційний аналіз), що забезпечили достовірність і наукову обґрунтованість результатів дослідження.

**Мета роботи** – дослідити особливості лабораторного розведення видів роду *Trichogramma spp.* та оцінити ефективність їх застосування проти американського білого метелика.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- ✓ Провести аналіз літературних джерел щодо біології та значення *Trichogramma spp.* як ентомофага.
- ✓ Визначити біологічні особливості розвитку та поведінки видів *Trichogramma spp.* в лабораторних умовах.
- ✓ Удосконалити методику лабораторного розведення *Trichogramma spp.* на яйцях комах-господарів.

✓ Оцінити ефективність паразитування *Trichogramma spp.* на яйцях американського білого метелика.

✓ Надати рекомендації щодо практичного застосування *Trichogramma spp.* у біологічному захисті рослин.

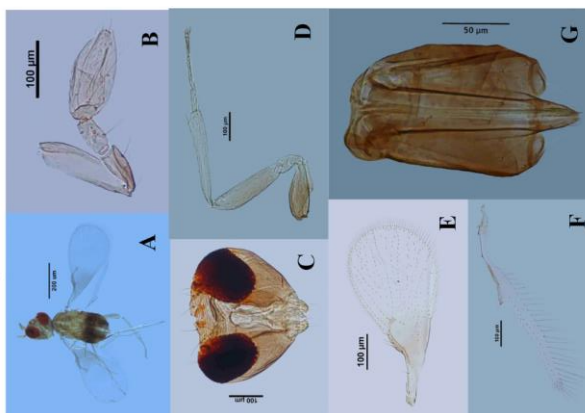
Практичне значення роботи полягає у можливості вдосконалення технології масового розведення видів роду *Trichogramma spp.* та підвищення ефективності її використання для зменшення чисельності американського білого метелика в агро- та урбанізованих екосистемах. Отримані результати можуть бути використані у практиці біолабораторій, навчальному процесі та наукових дослідженнях з біологічного захисту рослин.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Характеристика видів роду *Trichogramma* spp.: систематика, морфологія, життєвий цикл

Рід *Trichogramma* Westwood, 1833 належить до царства Animalia, типу Arthropoda, класу Insecta, підкласу Pterygota, ряду Hymenoptera, підряду Aprocrita, надродини Chalcidoidea, родини Trichogrammatidae. Представники цього роду є дрібними ентомофагами – яйцеїдами, які паразитують яйця лускокрилих (Lepidoptera), а також окремих видів двокрилих (Diptera), перетинчастокрилих (Hymenoptera) та напівтвердокрилих (Hemiptera). У світовій фауні описано понад 220 видів трихограм, з яких близько тридцяти використовуються у програмах біологічного захисту рослин [39].

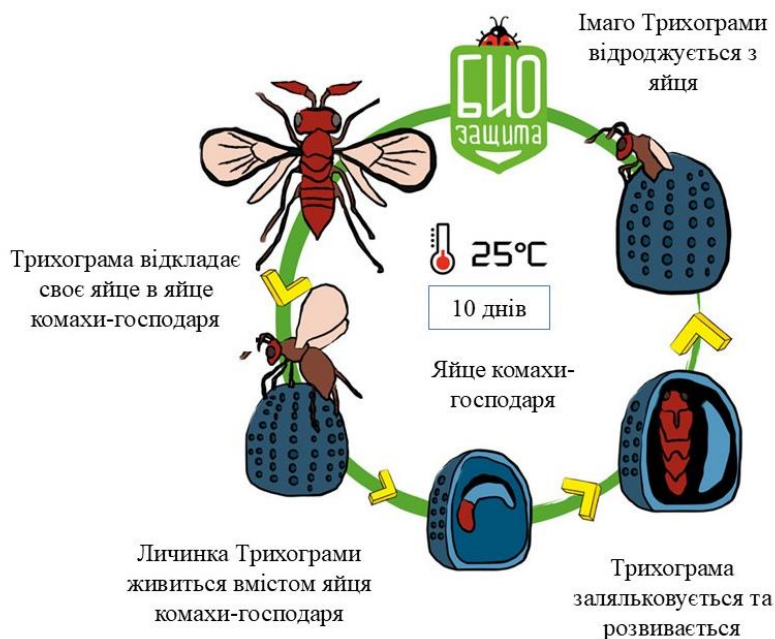
**Морфологічна характеристика.** Довжина тіла імаго трихограм варіює від 0,18 до 1,0 мм. Тіло компактне, слабо склеротизоване, жовтувато-буре, іноді з затемненими ділянками. Голова відносно велика, з добре розвиненими складними очима та короткими антенами, що у самців складаються з 9 члеників, у самок – із 7 – 8 (рис. 1.1.). Антени виконують важливу сенсорну функцію, забезпечуючи сприйняття феромонів та хімічних сигналів господаря.



**Рис.1.1.** Морфологічні ознаки самки *Trichogramma brassicae* Bezdenko  
 А – все тіло, В – вусики, С – голова, D – задня гомілка, E – переднє крило, F  
 – заднє крило, G – яйцеклад [26]

Груди короткі, з двома парами вузьких, прозорих крил, густо облямованих довгими волосками, що сприяють ефективному польоту при малій площі поверхні. Крила не мають виразного жилкування, що є характерною ознакою представників родини Trichogrammatidae. Черевце овальне, у самок закінчується добре розвиненим яйцекладом [6, 31].

Статевий диморфізм виражений помітно: самці менших розмірів, мають іншу будову антен, редукований яйцеклад і відмінну морфологію геніталій. Ротові органи гризучого типу, адаптовані до споживання нектару, медової роси або інших вуглеводних субстратів, які необхідні для підтримання активності імаго.



**Рис.1.2. Цикл розвитку трихограми за участі комахи-господаря зернової молі [9]**

Біологічні особливості та життєвий цикл (рис.1.2.). *Trichogramma spp.* характеризується типовим для паразитичних перетинчастокрилих розвитком із повним метаморфозом: яйце → личинка → лялечка → імаго. Самиці відкладають

яйця всередину яєць господаря, зазвичай одного виду лускокрилих. Після відкладання яйця оболонка господаря темнішає, що свідчить про початок паразитування. Личинка розвивається ендopаразитично, живлячись тканинами яйця. Протягом розвитку проходить три личинкові віки, після чого заляльковується всередині яйця господаря. Вихід імаго відбувається через округлий отвір, який комаха прогризає в оболонці.

Тривалість повного циклу розвитку залежить від температурних умов і виду господаря, у середньому становить 7 – 12 діб при 25 – 28 °С. За сприятливих умов протягом року може розвиватися від 10 до 18 поколінь. Імаго живе 5–10 діб, упродовж яких самиця відкладає 40 – 150 яєць. Значна частина видів трихограми здатна до партеногенетичного розмноження, що має важливе значення для лабораторного розведення [29].

Трихограми є поліфагами щодо господарів, проте окремі види проявляють певну специфічність до певних родів лускокрилих. Основними господарями є совки (*Noctuidae*), листовійки (*Tortricidae*), вогнівки (*Pyralidae*), плодожерки (*Olethreutidae*), шовкопряди (*Lasiocampidae*). Біологічна активність і успішність паразитування значною мірою залежать від температури, відносної вологості повітря, фотоперіоду та якості господарських яєць.

У біологічному захисті сільськогосподарських культур найбільш широке практичне застосування мають такі види: *Trichogramma evanescens* Westwood, *T. brassicae* Bezdenko, *T. dendrolimi* Matsumura, *T. chilonis* Ishii, *T. cacoeciae* Marchal.

***Trichogramma evanescens*** – космополітний вид, один із перших, який почали масово використовувати для біоконтролю. Відзначається високою екологічною пластичністю, добре адаптований до різних кліматичних зон. У лабораторних умовах розводиться на яйцях зернової молі (*Sitotroga cerealella*) або амбарної вогнівки (*Ephestia kuehniella*). Ефективно контролює яйця кукурудзяного

стеблового метелика (*Ostrinia nubilalis*), совок (*Mamestra brassicae*), листовійок (*Tortricidae*) [30].



Рис. 1.3. Імаго виду *Trichogramma evanescens* Westwood [28]

*Trichogramma brassicae* – близький вид до *T. evanescens*, широко застосовується в Західній і Центральній Європі. Є основним біоагентом проти кукурудзяного стеблового метелика. Висока плодючість (до 120 яєць/самицю), швидкий розвиток (7–8 днів при 25 °С) та стійкість до знижених температур роблять його цінним об'єктом масового розведення.



Рис. 1.4. Імаго виду *Trichogramma brassicae* Marchal [28]

*Trichogramma dendrolimi* поширений у країнах Східної Азії (Китай, Корея, Японія). Відзначається здатністю розвиватися при нижчих температурах (18–22 °С), що забезпечує його ефективність у ранньовесняних програмах біозахисту. Основними господарями є шовкопряди (*Lasiocampidae*), листовійки, совки.



Рис. 1.5. Імаго виду *Trichogramma dendrolimi* [44]

*Trichogramma chilonis* – тропічний вид, широко використовується в Індії, Китаї та на Філіппінах. Високоєфективний проти бавовняної совки (*Helicoverpa armigera*), рисової совки (*Chilo suppressalis*) та кукурудзяного метелика. Добре пристосовується до масового лабораторного культивування.



Рис. 1.6. Імаго виду *Trichogramma chilonis* [28]

*Trichogramma cacaeciae* – типовий європейський вид, застосовується у плодових садах та виноградниках. Паразитиє яйця яблукової плодожерки (*Cydia pomonella*), сливової плодожерки (*Grapholita funebrana*), виноградної листовійки (*Lobesia botrana*). Цей вид демонструє високу стабільність у польових умовах і добре переносить коливання температури [2].



Рис. 1.7. Імаго виду *Trichogramma cacoeciae* [28]

Таблиця 1.1.

Коротке порівняння зазначених видів роду *Trichogramma* [22]

Вид	Переваги	Ключові зауваження
<i>T. evanescens</i>	Високо вживаний, добре адаптований до масового розведення	Потребує якісних умов зберігання і господаря
<i>T. chilonis</i>	Добре паразитує великі яйця, підходить для великих господарів	Може вимагати специфічних господарів
<i>T. brassicae</i>	Комерційно важливий, використовується у біоконтролі	Якісне розведення і випуск є критичними
<i>T. dendrolimi</i>	Показав хороші результати у дослідженнях масового розведення	Адаптація до місцевих умов може бути ключовою
<i>T. cacoeciae</i>	Має потенціал для польового використання	Як і всі види – ефективність залежить від багатьох факторів

Застосування трихограми є одним із найстаріших і найбільш ефективних напрямів біологічного захисту рослин. Завдяки короткому життєвому циклу, високій плодючості, поліфагії та здатності до масового розведення *Trichogramma spp.* забезпечує попередження розвитку шкідливих популяцій на ранніх стадіях. Її використання дозволяє знизити застосування хімічних інсектицидів, запобігає

накопиченню токсичних залишків у продукції, зберігає ентомофауну агроценозів та сприяє підвищенню екологічної безпеки сільського господарства [37].

## 1.2. Види трихограми, перспективні для лабораторного розведення в Україні.

У сучасних системах біологічного захисту рослин особливе місце посідають ентомофаги роду *Trichogramma spp.*, які використовуються для регуляції чисельності шкідливих лускокрилих комах у різних агроценозах. Завдяки своїй ефективності, екологічній безпечності та можливості масового розведення ці ентомофаги стали основою багатьох програм інтегрованого захисту культур в Україні та світі. У науково-виробничій практиці відомо кілька видів трихограми, які відрізняються біологічними й екологічними особливостями, продуктивністю, вимогами до умов утримання та ефективністю проти конкретних шкідників. Нижче наведено характеристику основних видів *Trichogramma spp.*, що використовуються або мають перспективу для промислового розведення в Україні, а також описано підприємства, які займаються їх виробництвом і застосуванням [5, 34, 46].

*Trichogramma evanescens* Westwood розглядається в Україні як один із найперспективніших видів для масового розведення завдяки поєднанню високої плодючості та пристосованості до комах-господарів (зокрема *Ephesia kuehniella* та *Sitotroga cerealella*), що використовуються у технологіях масового розведення у біолабораторіях. В регіональних практиках цей вид широко застосовується для боротьби зі стебловими та іншими лускокрилими шкідниками кукурудзи й садових культур, при цьому кілька українських виробників прямо зазначають культивування саме виду *T. evanescens*. Науково-прикладна цінність виду обумовлена коротким циклом розвитку при оптимальних температурах (7–10 діб при 24–28 °C), високим відсотком виходу й відносною толерантністю до умов

транспортування та тимчасового зберігання, що робить його придатним для розселення у агроценози.

*Trichogramma brassicae* (Bezdenko) є одним із традиційних «робочих» видів для контролю стеблового метелика (*Ostrinia nubilalis*) та інших лускокрилих шкідників у помірному кліматі. Цей вид відзначається високою плодючістю, швидким розвитком і ефективним співвідношенням самок у потомстві при вирощуванні на фактичних господарях. У Європі *T. brassicae* активно використовують для масових випусків, а в Україні продукти з його вмістом представлені у комерційних лінійках кількох постачальників.

*Trichogramma dendrolimi* (Matsumura) характеризується підвищеною продуктивністю при нижчих температурах порівняно з іншими видами, що робить його перспективним для ранньовесняних випусків і застосування у регіонах із прохолоднішими кліматичними умовами. У Східній Азії цей вид широко використовується для лісового та польового захисту, а в Україні його також відзначають як придатний для розведення і використання у певних агроценозах.

*Trichogramma cacoeciae* (Marchal) і *Trichogramma pintoii* (а також інші локальні види) вважаються додатковими видами для специфічних умов. Зокрема, *T. cacoeciae* добре пристосована до помірного клімату, має успіх у використанні на плодovих садах і виноградниках (для боротьби з плодожерками, листовійками), тоді як *T. pintoii* та інші види використовуються залежно від господаря й технології розведення. В Україні останніми роками повідомлялося про впровадження у виробництво *T. cacoeciae* та випробування інших видів.

Критерії вибору виду для масового розведення в Україні передбачають урахування сумісності з локальними кліматичними умовами (зокрема температурними режимами весни та літа), продуктивності на доступних господарях (*S. Cereallega* та *E. kuehniella*), високої частки жіночого потомства,

стабільності якості (життєздатність після зберігання і транспортування), специфічності або поліфагії щодо цільових шкідників, а також можливості стандартизованого пакування й випуску. Частина цих параметрів підтверджена європейськими дослідженнями та практикою промислових виробників [32].

В Україні діє низка підприємств і лабораторій, що вирощують або реалізують трихограму:

- **Біо Агро Захист (Одеса)** вирощує ентомофага та постачає *T. evanescens* для агровиробників;
- **ТОВ «Біотех»** пропонує трихограму як готовий біопрепарат;
- **Biofor** спеціалізується на мікробних препаратах і ентомофагах, надаючи рекомендації щодо застосування;
- **Biobalance (ТОВ «Біобаланс»)** пропонує вирощування трихограми та консультації;
- **CherkasyBioZakhyst** реалізує біопрепарати й публікує технічні умови виробництва.

Також численні інтернет-магазини та маркетплейси (*Prom.ua*) пропонують продукти на основі *T. brassicae*, *T. evanescens*, *T. pintoii* тощо, що свідчить про активний ринок.



Рис.1.8. Digital-технології при внесенні трихограми [1]

Технологічні компанії, такі як **DroneUA (TRHO 2.0)**, впроваджують автоматизовані рішення для внесення трихограми дронами, що значно спрощує масштабні випуски. У регіонах діють також невеликі лабораторії з історією виробництва ентомофагів понад 50 років. Водночас частина інформації про видову належність подається без верифікації, тому для наукових цілей рекомендується отримувати документальні підтвердження від виробників (сертифікати, результати молекулярної ідентифікації).

Практичні рекомендації для українських лабораторій передбачають використання локально адаптованих видів *Trichogramma spp.* або адаптацію імпортованих культур до місцевих умов у кількох поколіннях перед масовими випусками. Найбільш практично обґрунтованими для більшості агроєкосистем України є *T. evanescens* і *T. brassicae*, тоді як *T. dendrolimi* і *T. cacoeciae* доцільні для специфічних завдань (ранні випуски, лісові чи садові культури). Виробництво потребує суворих стандартів контролю якості: визначення частки виходу, життєздатності після зберігання (+2...+4 °C), відсотка самок у потомстві й відсутності патогенів. Компанії повинні документувати результати контролю. Важливу роль відіграють інновації у логістиці – використання дронів, що значно підвищує ефективність та економічну доцільність випусків у польових умовах [11, 38].

### **1.3. Біологічні особливості американського білого метелика (*Hyrphantria cunea* Drury)**

*Hyrphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Erebidae) є поліфагом з ряду лускокрилих (Lepidoptera), родом із Північної Америки, яке в ХХ столітті поширилося як інвазійний вид у Євразії, включно з країнами Європи та окремими регіонами України. Вид характеризується високою здатністю до адаптації і широким спектром харчових рослин (більше 600 видів деревних, чагарникових і

трав'янистих культур), що зумовлює його потенційну загрозу для лісових, плодкових і декоративних насаджень.

**Морфологія і фенологія.** Імаго *H. cunea* – метелик середніх розмірів (розмах крил  $\approx 25\text{--}30$  мм), зазвичай білого забарвлення; популяції з південних регіонів часто мають чорні плями на передніх крилах, тоді як у північних популяцій домінує чисто біле забарвлення (рис. 1.9.). Гусениця волохата, часто з довгими щетинками, молодші стадії є стадними і утворюють захисні шовкові "гнізда" (павутинні тенти) на листках і пагонах хазяїна, що є характерною ознакою обліку й діагностики шкідника [10].



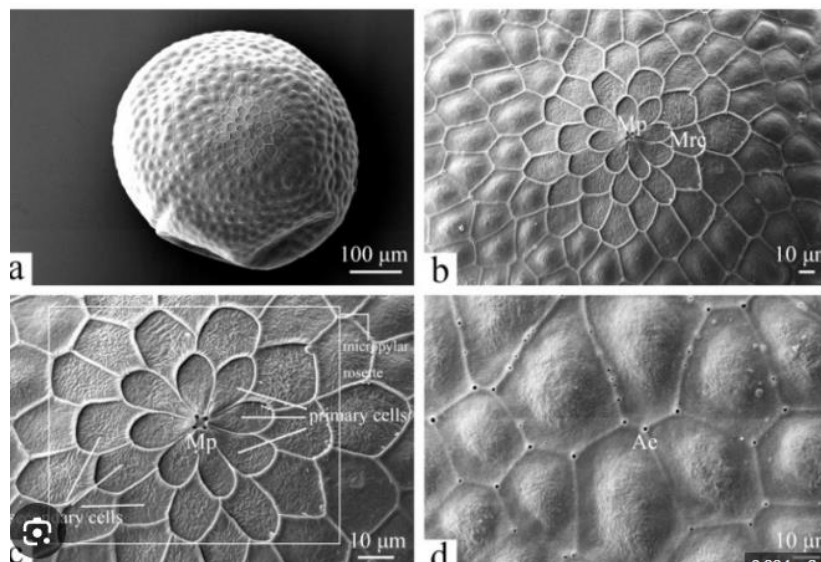
**Рис.1.9. Імаго *H. cunea* Drury [33]**

Яйце *Huphantria cunea* є початковою стадією розвитку цього виду та має важливе діагностичне значення при виявленні та моніторингу популяцій шкідника (рис.1.10). За морфологічними характеристиками яйця *H. cunea* належать до типових яєць представників родини Erebidae, відзначаючись дрібними розмірами, груповим розташуванням і спеціальними захисними структурами.

Яйця метелика мають півсферичну або злегка сплющено-овальну форму, їхній діаметр становить 0,5–0,7 мм, іноді до 0,8 мм залежно від температури та розмірів самки. Поверхня яйця гладка, блискуча, інколи з ледь помітною мікроскульптурою. Забарвлення свіжовідкладених яєць світло-жовте або

жовтувато-зелене, що згодом темнішає до бурого або сіруватого відтінку в останні доби ембріонального розвитку.

Хоріон тонкий, напівпрозорий, але доволі міцний; має добре розвинену аераційну систему, що забезпечує ефективний газообмін у великій кладці. При наближенні до вилуплення гусениць крізь оболонку чітко проглядаються темні головні капсули ембріонів.



**Рис.1.10. Мікрофотографії яєць *H. cunea*, отримані за допомогою скануючого електронного мікроскопа:**

(а) Яйце у вигляді зверху збоку; (b) збільшена верхня частина яйця; (c) мікропілярна розетка у вигляді зверху; та (d) аеропілі на шкаралупі яйця. Ae – аеропіль; Mr – мікропіль; Mrc – клітина мікропілярної розетки; білий прямокутник позначає мікропілярну розетку [13]

Самки відкладають яйця в групах по 300–500 штук, інколи до 1000. Кладки формуються на нижньому боці листків різних деревних та чагарникових рослин. Яйця розміщуються у щільно упорядкованій багаторядній структурі, що нагадує лускату матрицю.

Поверх кладки самка утворює характерний шовковистий покрив білого або кремового кольору, який [14, 35]:

- маскує кладку,
- захищає від висихання,
- утруднює доступ природних ворогів, включаючи яйцеїдних паразитів.

Ця ознака є однією з найважливіших для польового визначення кладок шкідника в умовах лісових і садових насаджень.

**Ембріональний розвиток.** Тривалість стадії яйця сильно залежить від температурних умов. За оптимальних показників (24–28 °С):

- розвиток триває 4–7 діб,
- за нижчих температур (15–18 °С) — подовжується до 10–12 діб,
- при коливаннях більше 30 °С розвиток може бути порушений.

Ембріони розвиваються синхронно, що забезпечує одночасне масове відродження гусениць – важливу біологічну рису, яка сприяє формуванню щільних харчових колоній у молодих віків та збільшує шкодочинність виду.

Гусениці поїдають листя у великій кількості, іноді повністю знищуючи листову поверхню у межах гнізда; при масовому розмноженні ушкодження можуть бути значними, особливо в декоративних насадженнях і молодих культурах.



**Рис.1.11. Вогнище гусениць *H. cunea* [8]**

**Життєвий цикл і діапауза.** *H. cunea* має повний метаморфоз (яйце → личинка → лялечка → імаго). У помірному кліматі вид зазвичай має 1–3 покоління на рік (полівольтинність залежить від кліматичних умов регіону), причому літні і осінні покоління часто найбільш помітні через масове утворення павутинних гнізд. У північних або континентальних умовах можлива діапауза у стадії лялечки або зимівля у захищених місцях; тривалість і етапи діапаузи залежать від локального клімату й фотоперіоду.

**Розмноження та шляхи поширення.** Самиці відкладають яйця групами на нижню або верхню поверхню листка; вилуплення гусениць відбувається синхронно, що сприяє синдрому "гніздового" живлення. Поширення забезпечується як природним льотом імаго, так і перенесенням яйцевих кладок транспортними шляхами (саджанці, декоративні рослини, транспортні засоби, вантажі), що сприяє міжрегіональному і міжнародному поширенню. Масові розмноження особин та локальні спалахи здатні виникати швидко за сприятливих умов.

**Економічне значення та шкідливість.** *Hurphantria cunea* є потенційно економічно значимим шкідником, зокрема для садів, лісопосадок, плодкових насаджень і декоративного озеленення. Хоча у деяких регіонах його шкідливість розглядається як епізодична і не завжди призводить до тривалих втрат врожаю, локальні масові спалахи можуть викликати значне зниження декоративної цінності рослин та потребувати витрат на фітосанітарні заходи. З огляду на його поліфагію та високу репродуктивну здатність, *H. cunea* сприймається як важливий об'єкт моніторингу [16, 20].

*Hurphantria cunea* включено до переліків регульованих (карантинних) організмів, що мають важливе значення для фітосанітарного контролю в Україні; вид відноситься до локально поширених карантинних шкідників, що були інтродуковані й закріпилися на території країни. У зв'язку з цим фітосанітарні

служби здійснюють моніторинг, встановлюють захисні зони навколо осередків ураження та проводять обмежувальні заходи відповідно до національних і міжнародних рекомендацій (спостереження, локальна санітарна вирубка, механічне видалення гнізд, у разі потреби – цілеспрямовані обробки). Для планування фітосанітарних заходів необхідно враховувати сучасні дані щодо ареалу, сезонної динаміки та біології виду.

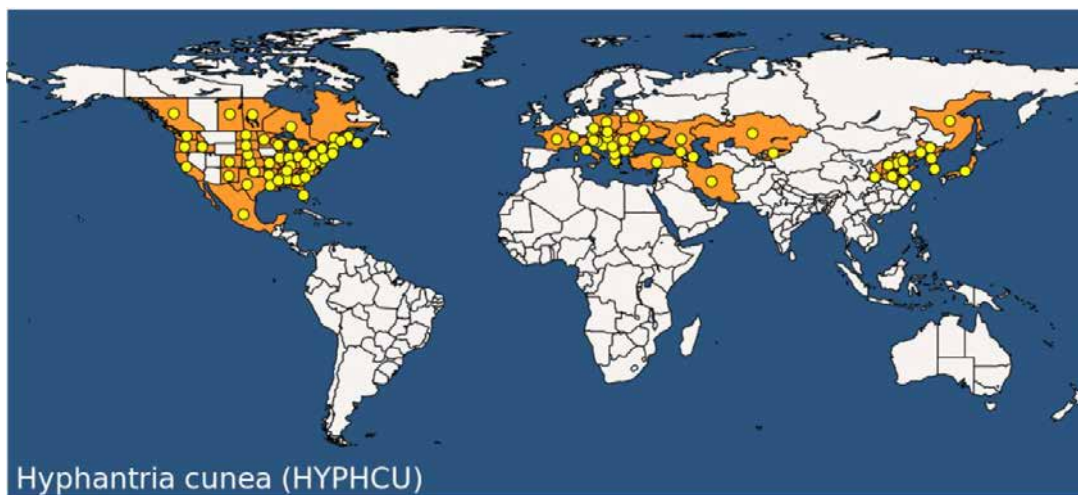
**Методи моніторингу та управління.** Моніторинг *H. cunea* базується на регулярних візуальних оглядах рослин на наявність павутинних гнізд, використанні пасток для імаго (світлові або феромонні пастки для деяких регіонів), обліку щільності гусениць і оцінці відсотка ураження листя. За інтенсивних спалахів застосовують комплексні заходи: механічне видалення і знищення гнізд, агротехнічні методи (підрізка уражених гілок), біологічні засоби контролю (використання природних ворогів – хижаків, паразоїдів та ентомопатогенів) і, за потреби, цілеспрямовані хімічні обробки з орієнтацією на мінімізацію впливу на корисну фауна. У контексті інтегрованого захисту важливо поєднувати методи і враховувати їхній вплив на нецільові організми.

Шляхи подальших досліджень і практичні рекомендації. Для підвищення ефективності фітосанітарного нагляду рекомендовано [25]:

- систематично оновлювати дані про ареал та фенологію виду на регіональному рівні;
- проводити дослідження щодо ефективності локальних природних ворогів (включно з ентомофагами, наприклад трихограмами на яйцевих стадіях сумісних шкідників) та їх сумісності з методами масового випуску;
- запровадити стандартизовані протоколи оперативного реагування на нові вогнища з урахуванням екологічних і економічних аспектів боротьби.

#### 1.4. Економічне значення та шкодочинність виду в Україні

*Huphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Erebidae) є поліфагічним дефоліатором, що характеризується широким трофічним спектром (понад 250–300 видів деревних, чагарникових і трав'янистих рослин) і високою плодовитістю самок. На території України цей вид розглядається як регульований (карантинний/карантинний внутрішній) організм і зареєстрований як інтродуцент, який постійно поширюється в різних природно-географічних зонах країни. Розселення шкідника супроводжується утворенням щільних павутинних «гнізд» гусениць, інтенсивним шкодочинним живленням листя та можливим ослабленням деревних рослин, що має як екологічні, так і економічні наслідки.



**Рис.1.12. Карта поширення *Huphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Erebidae) [4]**

**Регіони поширення в Україні.** Моніторингові та публікаційні дані свідчать, що *H. cunea* зареєстрований і має осередки у різних регіонах України: значущі випадки виявлення та локальні спалахи фіксувались у південних і південно-західних областях (Одещина, Херсонщина), у східному регіоні (Харківщина), а також у центральних і західних областях – були повідомлення про вогнища у Вінницькій, Житомирській, Львівській областях та на інших територіях. Наявні дані свідчать про тенденцію до розширення ареалу під

впливом кліматичних і антропогенних факторів та людської діяльності (перевезення садивного матеріалу, декоративних рослин, рух транспорту).

**Основні культури та типи ушкоджень.** Урожайні і лісогосподарські культури, що зазнають ушкоджень: плодові дерева (яблуна, груша, слива, вишня), виноград, шовковиця, горіх, декоративні види (клен, липа, ясень, тополя), а також деякі польові культури при локальних нашествиях. Гусениці скелетують або повністю з'їдають листковий апарат у межах гнізд; при масовому розмноженні можливі повні дефоліації гілок і навіть всього дерева, що призводить до зниження фотосинтезу, ослаблення рослин, підвищеної сприйнятливості до хвороб і морозів, а вразі сильного ураження – до загибелі молодих насаджень. У декоративних і міських насадженнях шкода має значний естетичний та екологічний вимір [1, 15].

Кількісні оцінки втрат, спричинених *H. cunea*, варіюють регіонально та залежать від інтенсивності уроджень та виду культури. Міжнародні дослідження й огляди відзначають значні локальні втрати врожаю та погіршення продуктивності рослин при масових спалахах: у ряді досліджень зафіксовано істотні зниження врожайності (приклад із садів/польових культур: відносні втрати в межах десятків відсотків при тяжких ураженнях; у деяких випадках – дво- або трикратне зниження продуктивності окремих дерев або рослинних масивів). Конкретні польові оцінки показують, що дефоліація може призводити до помітних втрат продуктивності винограду й плодових культур – як прямі (зниження врожаю), так і непрямі (витрати на відновлення, санітарні заходи, механічне видалення гнізд, повторні обробки). Наприклад, у суміжних дослідженнях по інших регіонах Європи та Азії кількісні втрати врожаю в окремих випадках оцінювалися в десятки відсотків (ілюстративні дані по врожайності: 13–15 % і більше для окремих поколінь у деяких культурах при тяжких ураженнях). Ці результати демонструють потенційний економічний

ризик для комерційних садів і виноградників України у випадку інтенсивних спалахів.

Окрім прямих втрат урожаю, *H. cunea* спричиняє вагомі непрямі витрати: витрати на моніторинг та фітосанітарні заходи (огляди, пастки, картографування осередків), механічні роботи (зрізування й знищення гнізд), хімічні обробки у випадку перевищення порогу шкідливості, а також можливі витрати на відновлення молодих насаджень. У міських і рекреаційних зонах додаткові витрати пов'язані зі зниженням естетичної цінності зелених масивів, що може позначатися на туризмі і благоустрої територій. Враховуючи поліфагність і мобільність шкідника, витрати на профілактику і локалізацію осередків є систематичними й можуть істотно навантажувати місцеві бюджети та агровиробників.

#### **Регіональні кейси та практичні спостереження в Україні [17]:**

- **Харківська область:** моніторинг 2014–2018 рр. виявив локальні вогнища у лісосмугах і на плодкових культурах; описано випадки масового утворення гнізд і необхідності місцевих фітосанітарних заходів.

- **Південь (Одещина, Херсонщина):** публікації регіональних аграрних і наукових установ вказують на стійку присутність шкідника у міських і сільських насадженнях півдня України, зокрема — на виноградниках Півдня, де дефоліація гусеницями фіксувалась в періоди вегетації.

- **Західні області (Львівщина та ін.):** у 2024–2025 рр. місцеві служби фітосанітарного нагляду повідомляли про виявлення нових вогнищ і проведення оперативних заходів, що свідчить про поступове розширення ареалу в західному напрямку.

*Нурфантрія сунеа* є важливим карантинним і регульованим шкідником для України; його поліфагність, висока плодючість і здатність до швидкої локальної збільшеності популяцій роблять його потенційно небезпечним для широкого

спектра культур – від плодових дерев і виноградників до декоративних та лісових насаджень. Основні економічні ризики полягають у прямих втратах урожаю при масових спалахах, непрямих витратах на заходи контролю і втратах екологічних та естетичних функцій зелених зон. Для мінімізації ризику необхідні системні заходи: регулярний моніторинг, оперативне локалізування вогнищ, пріоритетне застосування біологічних і механічних методів контролю та зважене використання хімічних засобів у разі перевищення порогів шкідливості [6].

### **1.5. Досвід застосування трихограми проти американського білого метелика у світі та в Україні**

Застосування видів роду *Trichogramma spp.* як біологічного засобу контролю американського білого метелика (*Hyphantria cunea* Drury) має тривалу історію та широко представлено у країнах Азії, Європи та Північної Америки. Ефективність трихограми зумовлена її здатністю паразитувати яйця фітофага ще до відродження личинок, що суттєво знижує чисельність популяції й обмежує пошкодження рослин. У світовій практиці трихограму застосовують як у формі масових випусків у насадженнях, так і в інтегрованих системах захисту рослин.

Одним із перших регіонів, де трихограмма була успішно інтегрована в захист від *H. cunea*, стала Китайська Народна Республіка. Тут уже з 1960-х років активно розводять *T. dendrolimi*, *T. ostriniae* та *T. pintoi*, які застосовуються проти комплексу лускокрилих, включно з американським білим метеликом у тополевих і плодових насадженнях. Дослідження показують, що за умов дво- чи триразового випуску (40–120 тис. самиць/га) рівень зараження яєць *H. cunea* може досягати 65–90 %, а ступінь дефоліації насаджень знижується більш ніж удвічі. У Китаї трихограму активно застосовують у міських зелених зонах, де використання хімічних інсектицидів обмежене [7, 18, 50, 36].

У Японії *T. dendrolimi* також продемонструвала високу ефективність у боротьбі з *H. cunea*, особливо у шовковиці та декоративних насадженнях. Дослідження японських ентомологів встановили, що оптимальна температура для максимальної паразитації становить 25–28 °С, що збігається з періодом масової яйцекладки шкідника. Завдяки синхронізації випуску трихограми з піком яйцекладки рівень ураження яєць стабільно перевищує 70 %.

У країнах Південно-Східної Європи та на Кавказі (Болгарія, Румунія, Грузія, Туреччина) також накопичено значний досвід використання трихограми. У Болгарії *T. evanescens* та *T. brassicae* застосовують переважно в агроландшафтах, але є дані про ефективне використання їх проти *H. cunea* у полезахисних смугах. У Туреччині проведені порівняльні дослідження видів *T. evanescens*, *T. cacoeciae* та *T. brassicae*, у яких рівень паразитування яєць *H. cunea* коливався між 50–82 % залежно від температури та віку самиць паразитоїда [45].

У США та Канаді, де *H. cunea* є аборигенним видом, трихограму використовували переважно у наукових дослідженнях, однак зростає інтерес до неї як альтернативи хімічним методам контролю в екологічно чутливих зонах. У південних штатах США (Північна Кароліна, Теннесі) проведені польові випробування *T. minutum* та *T. pretiosum*, які продемонстрували зараження яєць метелика на рівні 40–65 %, але широкого промислового застосування метод не набув через достатню ефективність природних ентомофагів та розвиток бактеріальних препаратів.

У цілому, світовий досвід свідчить, що застосування трихограми є перспективним засобом контролю *Huphantria cunea*, особливо в умовах заборони або обмеження інсектицидів у зелених насадженнях та міських екосистемах. Найбільш ефективними видами проти цього фітофага вважаються *Trichogramma dendrolimi*, *T. evanescens*, *T. brassicae* та *T. cacoeciae*, які характеризуються високою плодючістю, стабільністю розвитку при літніх температурах та доброю

пошуковою поведінкою. Застосування трихограми рекомендовано у комплексі з моніторингом яйцекладки *H. cunea*, оскільки чітке дотримання строків випуску суттєво підвищує результативність біологічного методу.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Отже, світова фауна нараховує понад 220 видів трихограм, із яких близько тридцяти застосовують у програмах біологічного захисту рослин. Морфологічно трихограми характеризуються дуже малими розмірами (0,18–1,0 мм), слабо склеротизованим жовтувато-бурим тілом, короткими антенами, що виконують ключову сенсорну функцію, та прозорими, густо облямованими волосками крилами з редукованим жилкуванням. Черевце самок закінчується добре розвиненим яйцекладом, а статевий диморфізм проявляється у різній будові антен, відсутності яйцеклада в самців і різній морфології геніталій. Ротові органи гризучого типу пристосовані до живлення нектаром чи медовою россою.

В Україні перспективними для масового культивування є насамперед *T. evanescens* та *T. brassicae*, які поєднують високу плодючість з адаптованістю до доступних лабораторних господарів (*S. cerealella*, *E. kuehniella*). *T. dendrolimi* розглядається як цінний вид для застосування у регіонах із нижчими температурами, тоді як *T. sacosiae* використовується переважно у плодovих насадженнях. До критеріїв вибору виду для лабораторного розведення належать сумісність із кліматичними умовами регіону, стабільність при зберіганні, високий відсоток виходу імаго, значна частка самок, сумісність із господарями та відповідність технологічним схемам випуску.

У країні функціонує низка підприємств, що спеціалізуються на вирощуванні трихограм, зокрема «Біо Агро Захист», «Біотех», Biofor, «Біобаланс», «CherkasyBioZakhyst», а також малі регіональні лабораторії. Окремі компанії, як-от DroneUA, впроваджують інноваційні технології внесення трихограми дронами, що оптимізує процес масових випусків. Водночас для наукових

проектів важливо отримувати підтвердження видового складу культур, оскільки частина комерційних виробників не надає молекулярної верифікації.

Серед шкідників, проти яких може бути застосована трихограма, одне з провідних місць займає американський білий метелик (*Hyphantria cunea* Drury), інвазійний поліфаг, що поширився з Північної Америки у Велику Євразію та становить загрозу для понад 600 видів дерев і чагарників. Висока плодючість, поліфагія та здатність до швидкого поширення роблять *H. cunea* одним із найнебезпечніших карантинних та інвазійних видів у насадженнях України.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Місце, умови та період проведення досліджень

Дослідження виконувалися протягом 2023–2025 рр. у лабораторних та польових умовах Національного університету біоресурсів і природокористування України. Роботи проводилися в рамках комплексного вивчення ефективності представників роду *Trichogramma spp.* у біологічному контролі американського білого метелика (*Hyphantria cunea*).

**Лабораторний етап досліджень [40].** Лабораторні експерименти здійснювалися на базі кафедри ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин НУБіП України, що забезпечена сучасним обладнанням для проведення біологічних і фізіологічних досліджень ентомофагу. До комплексу обладнання, що використовувався у дослідженнях, входили:

- Кліматична камера (охолоджувальна інкубаційна система) – дозволяла створювати стабільні умови середовища (температура 15–30 °С, відносна вологість 40–85 %, можливість програмованого фотоперіоду). Окремі серії дослідів проводилися при фіксованих параметрах  $24 \pm 1$  °С, 60–70 % ВВ та фотоперіоді 16:8 (світло:темрява) [52].

- Лабораторний інкубатор для біологічних культур – використовувався для вирощування трихограми на яйцях лабораторного господаря, синхронізації генерацій та контролю розвитку паразитоїда.

- Оптична система кафедральної лабораторії (стерео- та біологічні мікроскопи) застосовувалася для:

- підрахунку яєць комах-госпорів,
- визначення відсотка паразитування;
- ідентифікації видів *Trichogramma*;
- морфологічного контролю якості культури.

Додатково використовувалися термогігрометри, освітлювальні LED-панелі з контрольованою інтенсивністю світла та цифрові камери для фіксації результатів.

У лабораторії проводилися такі види робіт:

- розмноження колоній *Trichogramma* spp. на яйцях *Ephestia kuehniella* та *Sitotroga cerealella*;
- добір оптимальних температурно-вологісних режимів для розвитку паразитоїда;
- тестування зараження трихограмою яєць *H. cunea*;
- аналіз репродуктивних показників (плодючість, виживання, відсоток вильоту).

**Полевий етап досліджень [41, 12, 48].** Полеві експерименти проводилися на території випробувальної бази НУБіП України, що включає ділянки багаторічних насаджень та декоративних насаджень, де регулярно реєструється розвиток *Huphantria cunea*. Для проведення досліджень була виділена демонстраційна ділянка площею приблизно 0,1 га.

Ділянка характеризувалася такими умовами:

- Рослинність: насадження шовковиці, кленів, тополь та плодових дерев, що є типовими кормовими культурами для *H. cunea*.
- Зони обліку: ділянка була умовно поділена на 3–4 реплікаційні квадрати по 200–300 м<sup>2</sup> кожен; у межах квадратів проводили контроль ефективності біозасобу.
- Моніторинг шкідника: щотижнево здійснювали огляд дерев на наявність кладок яєць *H. cunea* та молодих колоній гусениць.

Метеорологічний супровід [42, 43]: температура, вологість і кількість опадів фіксувалися за даними найближчої метеостанції університету; ці

параметри використовувалися для подальшої інтерпретації біологічної активності трихограми.

#### **Температура повітря:**

- Середньорічна температура в Києві сягала близько 10,8 °С за даними кліматичного сайту.
- За даними сайту Weather & Climate, середня температура за місяцями: зими холодні (наприклад, ~ -3,2 °С у січні), літо – тепле (в липні ~ 21,3 °С).
- За даними метеостанції, середньорічна вологість - 69 % (тут середньорічне значення по кліматичній станції).

#### **Відносна вологість повітря:**

- За даними SharpWeather, середньорічна вологість у Києві – приблизно 72,7 %.
- Порізно по місяцях: наприклад, січень – 89 %, липень – 56 %, серпень – 52,9 %

#### **Опади (кількість опадів):**

- Середня річна сума опадів для Києва за кліматичною довгостроковою нормою — приблизно 617 мм на рік.
- За місяцями (класифікація за місяцями): наприклад, червень ~ 74 мм, липень ~ 68 мм, травень ~ 65 мм, березень ~ 40 мм.

**Кількість днів з опадами.** За кліматичною нормою (дані Climate-Data): місяць травень, червень, липень мають ~8–9 днів з опадами.

**Польові випуски трихограми.** Для оцінки ефективності *Trichogramma* spp. проводилися планові випуски паразита у період масового відкладання яєць *H. cunea*.

## **2.2. Біологічний матеріал: вихідна культура *Trichogramma* spp. та шкідник**

Біологічний матеріал для досліджень включав вихідну культуру трихограми, цільового шкідника *Huphantria cunea* та стандартного лабораторного

господаря для розведення ентомофага. Для роботи використовували види *Trichogramma evanescens* або *Trichogramma brassicae* (точна таксономічна ідентифікація та джерело культури вказуються відповідно до специфікації лабораторії). Вихідний матеріал надходив із комерційної біолабораторії “ЧеркасиБіоЗахист” у вигляді паразитованих яєць природного чи штучного господаря. Перед постановкою дослідів культуру обов’язково акліматизували в лабораторних умовах протягом щонайменше трьох послідовних генерацій, що дозволяло мінімізувати адаптаційний стрес та стабілізувати репродуктивні показники.

Цільовим об’єктом дослідження був американський білий метелик (*Huphantria cunea*). Лабораторний матеріал у вигляді яєць або личинок отримували шляхом відлову самиць у природних популяціях або вирощували в контрольованих умовах на листковому кормі чи стандартній штучній поживній суміші. Для паразитації трихограмою використовували свіжовідкладені яйця зернової молі віком 0–24 години, що забезпечувало їх максимальну придатність як комахи-господаря.

Для масового отримання трихограми та підтримання стабільної лабораторної культури застосовували яйця – *Ephestia kuehniella* (комірна міль) або *Sitotroga cerealella*. Ці види традиційно використовують у біолабораторіях завдяки високій яйцекладці, добрій прийнятності яєць трихограмою та можливості легкого зберігання. Отримані яйця зберігали при температурі 4–6 °C не більше 2–3 тижнів, дотримуючись умов, що запобігають передчасному ембріональному розвитку і зберігають їх привабливість для паразитування.

### **2.3. Умови утримання та розведення трихограми в лабораторії**

#### **Підготовка до лабораторного розведення:**

- Інкубатори/кліматичні камери з регульованою температурою, відносною вологістю та фотоперіодом.

- Скляні банки або пластикові контейнери для утримання колоній.
- Підложки для відкладання яєць (паперові смужки, картон, пластикова плівка).
- Пінцети, мікроскоп для ідентифікації, лампа для підсвітки при підрахунку.

#### **Умови культивування [47]:**

- Температура:  $24 \pm 1$  °C (оптимум 22–26 °C).
- Відносна вологість повітря: **60–70 %**.
- Фотоперіод: **16:8 (світло:темрява)** або 14:10 при необхідності симуляції природних умов.
- Освітленість: ~1000–2000 лк під час світлової фази (необов'язково точне значення – залежить від доступного обладнання).

#### **Розведення на штучних яйцях [51]:**

1. Підготовка яєць: паперові смужки/картонні підложки вкривали тонким шаром клейкої речовини (нетоксичною) або фіксували яйця вручну; для розмноження використовували яйця *E. kuehniella* або *S. cerealella* віком 0–48 годин. Яйця перед наданням трихограмі витримували при кімнатній температурі 1–2 год для адаптації.

2. Інокуляція: підложки з яйцями поміщали в контейнери, куди додавали 50–200 імаго паразитоїдів залежно від розміру посудини; співвідношення трихограм/яєць – регулювали таким чином, щоб забезпечити надлишок самок для паразитування (наприклад, 1–5 самок на 10–20 яєць — залежить від щільності). Контейнери закривали дихаючою кришкою.

3. Годування: дорослих комах підгодовували 20 % розчином меду або цукровим сиропом, змазуючи невелику смужку фільтрувального паперу в контейнері. Підгодівля збільшує життєздатність та плодючість.

4. Час експозиції: яйця інкубували з трихограмою 24–48 годин (залежить від виду і температури), після чого підложки переміщували в нові контейнери для розвитку паразитів.

5. Збирання та зберігання: через 7–12 днів (залежно від температури й виду) на підложках з'являються темні паразитовані яйця. Підготовлені підложки з паразитованими яйцями зберігали при 15–18 °С для уповільнення розвитку або при 24 °С для синхронізації вильоту.

### **Параметри контролю якості культури**

- Відсоток запліднених/паразитованих яєць (за 1–2 генерації): >70 % вважається прийнятним.
- Середня тривалість іматурації (дні) і відсоток вильоту імаго (>80 %).
- Статус захворювань/паразитів у культурі контролювали візуально під мікроскопом.

## **2.4. Методика оцінки ефективності трихограми в біологічному контролі**

### ***Нупантрія сунеа***

Нижче наведено покрокову методику проведення лабораторно-польових дослідів оцінки ефективності *Trichogramma* spp. проти *H. cunea*.

#### **Загальні етапи експерименту [12, 32]:**

- Тип експерименту: контрольований лабораторно-польовий дослід з блоковим розміщенням.
- Варіанти (мінімум): 1) контроль (без випуску трихограми), 2) обробка трихограмою (різні щільності випуску - наприклад, 50000, 100000 і 200000 особин/га). Для кожного варіанту – мінімум 3 повтори.
- Період оцінювання: від початку відкладання яєць *H. cunea* і протягом 2–3 поколінь метелика (або мін. 4–6 тижнів в сезоні).

#### **Підготовка до випуску:**

1. Використовують паперові смужки з паразитованими яйцями, розраховані на відкриті вильоти протягом 1–3 днів. Перед випуском підложки зберігають при кімнатній температурі 24–48 годин для прискорення вильоту.

2. Щільність випуску: типовий діапазон – 50–200 тисяч одиниць на гектар (перерахунок на підложки: кількість підложок/м<sup>2</sup>). Для дрібних демонстраційних ділянок – вказати кількість підложок на реплікацію (наприклад, 10 підложок по 200–500 паразитованих яєць кожна).

3. Терміни випуску: синхронізувати з періодом відкладання яєць *H. cunea* (спостереження щодня, перший випуск при виявленні перших кладок). При необхідності провести повторні випуски через 7–10 днів для охоплення наступних хвиль відкладання.

#### **Полеві спостереження та збори даних [8]:**

1. Відбір контрольних рослин: в кожному реплікаті випадково вибирали 10–20 рослин або гілок залежно від культури (садові дерева). На кожній рослині оглядали і позначали 5 випадково вибраних тих місць, де потенційно відбувається відкладання яєць.

2. Підрахунок яєць: через 24–48 год після відкладання визначали загальну кількість яєць *H. cunea* і фіксували відсоток яйцевих кладок, що стали почорнілими (ознака паразитування).

3. Частину реальних яєць збирали у прозорі контейнери для інкубації в лабораторії й подальшого визначення ступеня паразитування (підрахунок почорнілих яєць і вильоту трихограм).

4. Оцінка ефекту: визначали відсоток зниження чисельності молодих личинок/пошкоджень у порівнянні з контролем через 1, 2 і 3 тижні після випуску.

#### **Параметри, що підлягають вимірюванню [25]:**

- $\% \text{ паразитування} = (\text{кількість почорнілих яєць} / \text{загальна кількість яєць}) \times 100 \text{ екз.}$

- $\% \text{ вильоту} = (\text{кількість вилетівших імаго} / \text{кількість почорнілих яєць}) \times 100.$
- Індекс життєздатності: (вильоти в перший тиждень / загальна кількість вилетівших) або середня кількість на 1 підложку.
- Зниження пошкоджень (польовий показник): (середній  $\%$  ураження в контролі – середній  $\%$  ураження в обробці) / середній  $\%$  ураження в контролі  $\times 100.$

### **Статистична обробка даних:**

- Дані перевіряли на нормальність розподілу та на гомогенність дисперсій (Levene).
- Для порівняння середніх використовували однофакторний або двофакторний ANOVA (залежно від дизайну — фактори: щільність випуску, час). При значущому ефекті виконували пост-хок тест (Tukey HSD).
- Для даних, що не відповідають припущенням нормальності, застосовували непараметричні тести (Крускал–Валіс).
- Рівень значущості взято  $\alpha = 0.05.$
- Обчислення виконувалися в статистичному пакеті (наприклад, R, SPSS або Statistica); у тексті вказати конкретну програму й версію.

### РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАБОРАТОРНИХ УМОВ РОЗВЕДЕННЯ ВИДІВ РОДУ *TRICHOGRAMMA* *SPP.*

#### 3.1. Динаміка розвитку трихограми за різних лабораторних умов

Дослідження динаміки розвитку трихограми проводили з метою встановлення оптимальних параметрів мікроклімату, що забезпечують максимальну тривалість життя і біологічну активність імаго, високу виживаність преімагінальних стадій та підвищену репродуктивну здатність самиць.

У роботі оцінювали вплив температури, відносної вологості та фотоперіоду на тривалість повного циклу розвитку та життєздатність *Trichogramma spp.* Досліди виконували в кліматичній камері за трьома контрольованими температурними режимами:  $18 \pm 1$  °C,  $22 \pm 1$  °C та  $26 \pm 1$  °C. Відносну вологість підтримували на рівні  $60 \pm 5$  % і  $75 \pm 5$  %, а фотоперіод встановлювали у співвідношенні 16:8 (світло/темрява).

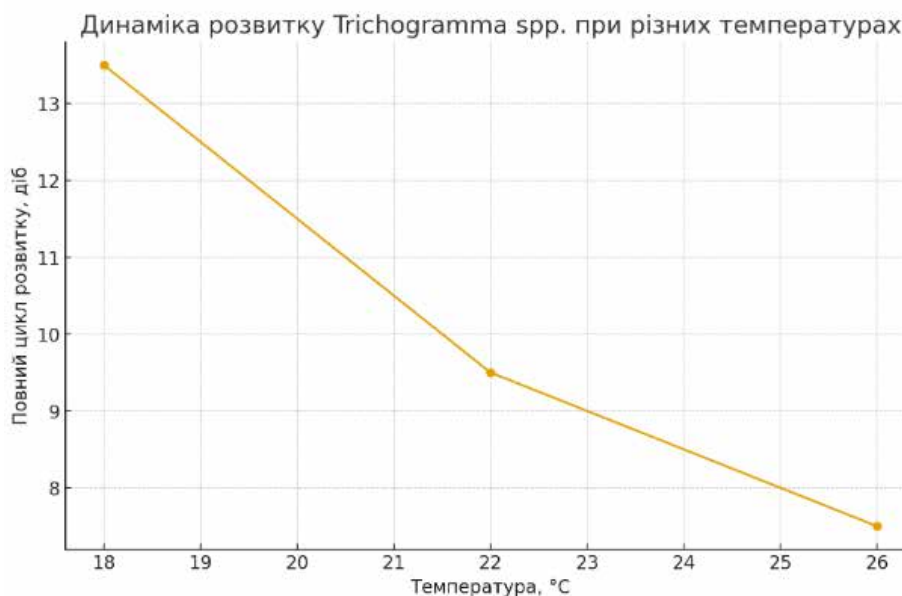
**Таблиця 3.1.**

**Динаміка розвитку *Trichogramma spp.* за різних температурних умов  
(лабораторний експеримент, 2024 – 2025 рр.)**

Температура, °C	Тривалість ембріонального розвитку, діб	Формування лялечки, діб	Повний цикл розвитку (яйце → імаго), діб	Відродження імаго, %	Яйцекладка самиці, яєць / добу
$18 \pm 1$	4,5–5,0	7,5–8,0	13–14	62–68	16–20
$22 \pm 1$	3,0–3,5	6,0–6,5	9–10	82–88	24–32
$26 \pm 1$	2,0–2,5	4,5–5,0	7–8	70–76	18–24

Для кожного режиму закладали серії зразків із яйцями *Ephestia kuehniella*, заселеними трихограмою, після чого щоденно фіксували тривалість

ембріонального розвитку, час появи личинок, формування лялечок та вихід імаго. Окремо враховували відсоток паразитування, рівень чорних яєць (індикатор розвитку личинки трихограми), частку морфологічних дефектів та загибель на різних стадіях.



**Рис. 3.1. Динаміка розвитку *Trichogramma spp.* при різних температурах**

Результати показали чітку залежність інтенсивності розвитку від температури. Найкоротший цикл розвитку спостерігали за температури 26 °C, при якій імаго з'являлися вже на 7–8 добу. Проте висока температура спричиняла зниження тривалості життя самиць та часткове зменшення їхньої плодючості. За температури 22 °C трихограма демонструвала найбільш стабільні біологічні показники: цикл розвитку тривав 9–10 діб, а життєздатність личинок та імаго була максимальною. При 18 °C розвиток суттєво подовжувався (до 13–14 діб), але загальна життєздатність популяції знижувалася через збільшення частки недорозвинених особин.

Вологість також впливала на життєвий цикл. За рівня 75 % відмічено підвищення відсотка успішного паразитування та кращу життєздатність яєць, тоді як 60 % сприяло швидшому підсиханню субстрату і, відповідно, підвищенню

ембріональної загибелі. Фотоперіод 16:8 забезпечував оптимальний ритм активності самиць та найбільший добовий репродуктивний вихід.

Таким чином, найсприятливішими умовами для розвитку та репродуктивної активності *Trichogramma spp.* виявилися температура  $22 \pm 1$  °C, відносна вологість 70–75 % та фотоперіод 16:8 год. Встановлені параметри надалі використовували при масовому лабораторному розведенні трихограми та при підготовці матеріалу для польових випусків проти *Huphantia cunea*.

### 3.2. Оптимізація гідротермічного режиму розведення лабораторних культур *Trichogramma spp.* (температура, вологість, освітлення)

Оптимізація мікрокліматичних параметрів є ключовою умовою для забезпечення високої життєздатності лабораторних популяцій *Trichogramma spp.* та отримання якісного біоматеріалу для цілей біологічного контролю шкідників. До основних факторів, що визначають інтенсивність розвитку трихограми та її репродуктивну активність, належать температура, відносна вологість повітря і режим освітлення. Кожен із цих параметрів формує умови середовища, які безпосередньо впливають на тривалість онтогенезу, рівень виживаності, яйцекладку та загальну продуктивність лабораторної культури.

Таблиця 3.2.

#### Порівняння різних режимів утримання *Trichogramma spp.*

Параметр	Різні режими утримання				
	Варіант 1 (t = 18°C, вологість 55–60%)	Варіант 2 (t = 22°C, вологість 70–75%)	Варіант 3 (t = 26°C, вологість 80–85%)	Варіант 4 (t = 12– 14°C, вологість 60–65%)	Варіант 5 (t = 30°C, вологість 40– 45%)
Відродження, %	63,12±2,03	85,36±3,51	88,16±4,35	60,61±2,54	45,09±6,51
Тривалість повного циклу, дів	13–14	9–10	7–8	18–22	6–7
Міграційно- пошукова здатність, %	45,37±1,72	62,14±2,19	61,58±1,04	-	30,78±1,24

Плодючість, яєць/самицю	20,65±1,13	33,15±1,45	30,22±1,56	16,07±1,23	14,05±2,32
Тривалість життя, діб	4–5	6–7	3–4	7–9	2–3
Клас якості за ДСТУ 5016:2008	III	I	I	II	-
Особливості розвитку	уповільнення	рівномірний розвиток	прискорений	часткова діапауза	перегрів, дефекти
Придатність для масового розведення	обмежена	висока	середня	низька	непридатний

Матеріали таблиці 3.2. ілюструють різні показники життєздатності трихограми за різних режимів утримання. Зокрема, за показником відродження імаго, найвищі значення зафіксовано у Варіантах 2 та 3 – відповідно 85,36±3,51 % та 88,16±4,35 %, що свідчить про сприятливі умови для нормального ембріонального та преімагінального розвитку при температурах 22–26°C і вологості 70–85 %. У Варіанті 1 ( $t = 18^{\circ}\text{C}$ ) відродження було нижчим (63,12±2,03 %), що пов'язано з уповільненням метаболічних процесів. Значне зниження життєздатності відмічено у Варіанті 5 ( $t = 30^{\circ}\text{C}$ ), де відродження становило лише 45,09±6,51 %, що вказує на негативний вплив перегрівання та недостатньої вологості. Варіант 4 характеризувався помірними значеннями (60,61±2,54 %), що є типовим при умовах, близьких до діапаузних.

Тривалість повного циклу розвитку істотно варіювала залежно від температури: скорочення циклу до 7–8 діб спостерігали у Варіанті 3, тоді як найбільше його подовження (18–22 доби) відмічено у діапаузному режимі Варіанта 4. Варіант 2 забезпечив оптимальне співвідношення тривалості та якості особин (9–10 діб).

Міграційно-пошукова активність, важлива для польової ефективності, була найвищою у Варіантах 2 та 3 – 62,14±2,19 % і 61,58±1,04 % відповідно. У Варіанті 1 активність була нижчою (45,37±1,72 %), що відповідає уповільненому

розвитку при нижчих температурах. У стресових умовах Варіанта 5 міграційна здатність значно знижувалася ( $30,78 \pm 1,24$  %), а для Варіанта 4 показник не визначався через входження культури до діапаузного стану.

Показники плодючості самиць також демонстрували залежність від температурно-вологісних умов. Максимальна плодючість відмічена у Варіанті 2 ( $33,15 \pm 1,45$  яець/самицю), що підтверджує оптимальність режиму  $22^{\circ}\text{C}$  та 70–75 % вологості. Дещо нижчі результати отримано у Варіанті 3 ( $30,22 \pm 1,56$ ), у той час як у Варіантах 1 та 4 плодючість була зниженою ( $20,65 \pm 1,13$  та  $16,07 \pm 1,23$  відповідно). Найменший показник спостерігався у Варіанті 5 ( $14,05 \pm 2,32$ ), що корелює з високими температурними стресами.

За тривалістю життя імаго найкращі показники також належали Варіантам 2 та 4 (6–7 та 7–9 діб відповідно), тоді як у Варіантах 3 та 5 тривалість життя скорочувалася (3–4 та 2–3 доби відповідно), що свідчить про негативний вплив високих температур на фізіологічний стан комах.

Якість продукції за ДСТУ 5016:2008 підтвердила високу відповідність нормам у Варіантах 2 та 3 (клас I), задовільну – у Варіанті 4 (клас II), а Варіант 1 відповідав лише класу III. Варіант 5 не відповідав вимогам стандарту через різке зниження життєздатності та появу морфологічних дефектів.

Особливості розвитку відрізнялися залежно від режимів: у Варіанті 1 спостерігалось уповільнення розвитку, у Варіанті 2 – рівномірність та формування високоякісних особин, у Варіанті 3 – прискорений розвиток із певним зменшенням життєвого потенціалу, у Варіанті 4 – часткове входження в діапаузу, а у Варіанті 5 – перегрівання та формування дефектних особин.

Узагальнюючи, найбільш ефективним для розведення *Trichogramma spp.* є режим Варіанта 2 ( $22^{\circ}\text{C}$ , вологість 70–75 %), який забезпечує найвищу життєздатність, плодючість, активність та відповідає класу якості I. Варіант 3 також може застосовуватися для прискореного виробництва, проте з певними

обмеженнями. Варіанти 1 та 4 доцільні лише для підтримання культури або зберігання, а Варіант 5 неприйнятний для практичного використання.

Температурний режим є найбільш критичним фактором, що визначає швидкість і стабільність розвитку трихограми. Оптимальним діапазоном температури для видів *T. evanescens* і *T. brassicae* є  $22 \pm 1$  °C, за якого спостерігається максимальний рівень виживаності передімагінальних стадій (82–88 %), скорочена тривалість розвитку та висока репродуктивна активність самиць, яка може досягати 25–30 яєць на добу залежно від якості комахи-господаря. За таких умов цикл розвитку є стабільним, а морфологічні та поведінкові характеристики особин відповідають нормальним показникам, що важливо при подальшому використанні їх у біолабораторіях та польових випусках.

Дослідження показали, що зниження температури до 18 °C уповільнює метаболічні процеси, подовжує ембріогенез та може викликати збільшення частки недорозвинених або слабких особин. Часто спостерігається зменшення швидкості виходу імаго та збільшення асинхронності розвитку. Такі умови непридатні для інтенсивного масового розведення, хоча можуть застосовуватися для короткочасного «стримування» розвитку у випадку необхідності зміщення термінів отримання паразитів.

Підвищення температури до 26 °C прискорює повний цикл розвитку до 7–8 діб, однак водночас істотно скорочує тривалість життя дорослих самиць, зменшує період активної яйцекладки та загальний репродуктивний потенціал. За високих температур відмічають також підвищену чутливість імаго до стресових факторів та зниження біологічної ефективності при подальшому застосуванні у системах контролю фітофагів. Тому температурні умови 21–23 °C є найбільш збалансованими для довготривалого підтримання культури.

Відносна вологість повітря відіграє важливу роль у нормальному функціонуванні яєць комах-господарів, які використовують для паразитування. Експеримент показав, що найсприятливішими показниками є 70–75 %, при яких оболонка яєць зберігає природну вологість, а ембріональний розвиток трихограми відбувається без ризику підсихання або порушення обмінних процесів. Такий режим забезпечує високу частку успішного виходу імаго та мінімізує втрати біоматеріалу на ранніх етапах.

Зниження вологості до 60 % і нижче спричиняє інтенсивне висихання яєць зернової молі, збільшення ембріональної загибелі та зниження загального виходу імаго. Состереження показали, що у сухому повітрі зменшується також рухливість та активність дорослих самиць, що призводить до ослаблення процесу яйцекладки.

Надмірна вологість, особливо понад 80 %, створює умови для розвитку патогенної мікрофлори, наприклад, бактерій та грибів, які можуть уражати як яйця зернової молі, так і кокони трихограми. Це ускладнює процес культивування, потребує додаткової дезінфекції та може спричинити різке зниження якісних характеристик лабораторної культури. Тому найкращим вважають стабільний рівень вологості  $70 \pm 5$  %, який забезпечує оптимальні умови як для розвитку яєць, так і для життєдіяльності імаго.

Наші спостереження показали, що освітлення є важливим регулятором фізіологічної активності трихограми, особливо у період яйцекладки. Оптимальним режимом визнано 16:8 годин (світло:темрява), коли самиці проявляють найвищу активність, демонструють стабільну здатність до пошуку хоста та максимальний добовий вихід яєць. Достатня тривалість світлової фази підтримує високий рівень орієнтаційної та поведінкової активності паразитів, що важливо для формування життєздатної культури.

Скорочення світлової фази до 12 годин зменшує загальну рухливість імаго та інтенсивність яйцекладки, що призводить до зниження продуктивності культури. Надмірно тривале освітлення понад 18 годин може викликати стрес у дорослих особин, збільшує енергетичні витрати, скорочує тривалість життя та може спричинити зниження фертильності.

Загалом, оптимізований фотоперіод **16:8** є найбільш науково обґрунтованим варіантом для масових біолабораторних ліній *Trichogramma spp.*, оскільки забезпечує баланс між активністю, продуктивністю та тривалістю життя паразитів.

Таблиця 3.3.

### Порівняння видів *Trichogramma*, перспективних для лабораторного розведення в Україні

Вид	Оптимальна температура розвитку (°C)	Тривалість покоління (дні)	Середня плодючість (яйця / самиця, lifetime; орієнтовно)	Основні господарі (типові родини)	Рекомендовані сфери застосування
<i>Trichogramma evanescens</i> Westwood	≈ 22–28 °C (оптимум близько 24–26 °C).	≈ 7–11 діб при 24–28 °C (корелює з температурою та видом господаря).	Орієнтовно <b>50–150</b> яєць/самиця за життя (значні коливання залежно від господаря та умов; у ряді досліджень фіксували високі пікові значення при 24–26 °C).	Яйця вогнівок і зернових молей ( <i>Ephestia kuehniella</i> , <i>Sitotroga cerealella</i> ), яйця горохових/польових лускокрилих; широкий спектр лускокрилих (Noctuidae, Tortricidae).	Масове розведення для захисту овочевих і плодових садів, кукурудзи, овочевих плантацій; підходить для виробництва «трихокарток» і комерційних продуктів через високий вихід і толерантність до зберігання.
<i>Trichogramma brassicae</i> Bezdenko	≈ 20–26 °C (добре працює в помірному кліматі).	≈ 8–13 діб (залежно від температури: 8–9 діб при ~25 °C; найдовше при 15–18 °C).	Орієнтовно <b>40–120</b> яєць/самиця; значний вплив дає вид господаря та температура — у багатьох	Яйця стеблових та листових лускокрилих (наприклад, <i>Ostrinia nubilalis</i> , Tortricidae, Noctuidae); добре реагує на типові господарі, що	Рекомендований для масових випусків у кукурудзі, капусти й інших польових культурах у помірних

			дослідах плодючість вища при 23– 25 °С.	використовуються в масовому розведенні.	кліматичних умовах; часто обирається як «стандартний» вид у європейських програмах біоконтролю.
<i>Trichogramma dendrolimi</i> Matsumura	≈ 18–24 °С (виявляє кращу продуктивність при нижчих температурах порівняно з іншими видами).	≈ 8–14 діб (повільніший розвиток при низьких t°, швидший при 24–26 °С).	Орієнтовно 30–100 яєць/самиця (варіює залежно від господаря і умов; при оптимальних умовах можливі вищі показники).	Яйця шовкопрядів, листовійок і совок; часто використовується проти лісових та ранньовесняних шкідників (Lasiocampidae, Tortricidae, Noctuidae).	Перспективний для ранньовесняних випусків, застосування в північних і помірних регіонах та в лісовому захисті; вигідний там, де потрібна активність при нижчих температурах.
<i>Trichogramma cacoeciae</i> Marchal	≈ 15–25 °С (оптимальні 20–25 °С, але добре переносить широкий діапазон).	≈ 8–13 діб (залежить від температури; при 20–25 °С — ближче до 8–10 діб).	Орієнтовно 20–80 яєць/самиця (в дослідах при 20–23 °С фіксували середні значення в діапазоні ≈20– 30 паразитованих яєць/самиця).	Яйця плодожерок ( <i>Cydia pomonella</i> ), листовійок і інших лускокрилих у садах і виноградниках (Tortricidae, Olethreutidae).	Рекомендований для захисту плодових садів і виноградників; підходить у помірному кліматі для польових і садових робіт.

Подана таблиця узагальнює оптимальні біологічні та екологічні параметри розвитку чотирьох найбільш уживаних у біологічному контролі видів роду *Trichogramma spp.* - *T. evanescens*, *T. brassicae*, *T. dendrolimi* та *T. cacoeciae*. У ній наведено порівняльні показники оптимальної температури розвитку, тривалості покоління, середньої плодючості самиць, спектра типових господарів та рекомендованих сфер практичного застосування.

Таблиця демонструє, що кожен вид трихограми має власні, специфічні вимоги до мікроклімату та різний потенціал у біоконтролі, що дає змогу цілеспрямовано підбирати найбільш відповідний вид залежно від культури,

кліматичних умов та виду шкідника. Таке порівняння забезпечує науково обґрунтований вибір виду трихограми для лабораторного розведення та подальших випусків у системах інтегрованого захисту рослин.

### 3.3. Діапауза та методи її регулювання в лабораторних умовах

Діапауза є важливим адаптивним механізмом комах, що забезпечує їхнє виживання в несприятливі періоди року. Для представників роду *Trichogramma* spp. вона найчастіше проявляється на стадії передлялечки або лялечки всередині яйця господаря. Формування діапаузи дозволяє ентомофагам долати сезонні коливання температури, нестачу ресурсів та інші стресові фактори. В умовах лабораторного розведення контроль діапаузи є суттєвим елементом технології, оскільки надмірний її прояв знижує швидкість відновлення популяцій, а цілеспрямована індукція – навпаки, може використовуватися для довготривалого зберігання матеріалу.

Індукція діапаузи у трихограми залежить від комплексу факторів середовища. Серед них найбільший вплив мають температура, фотоперіод та вік яєць господаря. Зниження температури до 10–12 °С або встановлення короткого світлового дня (8:16) значно підвищує частку особин, що входять у стан діапаузи. Встановлено, що діапауза частіше формується у поколіннях, які розвиваються в осінній період або за умов нестачі вуглеводного живлення самиць. Важливу роль відіграє також стан яйця господаря: яйця пізніших стадій ембріонального розвитку частіше індукують діапаузу у трихограми порівняно зі свіжими кладками.

Наведені дані відображають результати дослідження оптимальних умов діапаузування лабораторних культур *Trichogramma pintoii*. У контрольному варіанті (V1), де трихограму утримували за стандартних лабораторних умов ( $t = 26 \pm 1$  °С, RH 60–70%, фотоперіод 12:12), спостерігали найвищі показники

життєздатності. Плодючість становила 47,20 яєць на самку, статевий індекс був на рівні 0,38, а відродження личинок – 92,41%. Міграційно-пошукова здатність досягала 90,14%, а рівень морфологічних деформацій був мінімальним – 2,09%.

**Таблиця 3.4.**

**Дослідження оптимальних умов діапаузування лабораторних культур трихограми, наприкладі *Trichogramma pintoi* (лабораторний дослід 2024 – 2025 рр.)**

Варіанти, що досліджуються	Плодючість (яєць/самку)	Статевий індекс	Відродження (%)	Міграц.-пошук. здатність (%)	Здеформовані (%)
V1 (контроль) t = 26 ±1°C; RH 60–70%; фтоп. 12:12	47,20±2,5	0,38±0,02	92,41±4,9	90,14±5,5	2,09±0,6
V2 t = 10 ±1°C; RH 60–70%; фтоп. 8:16 (15 – 30 днів)	35,39±3,9	0,41±0,09	65,02±5,8	55,15±8,7	4,41±0,4
V3 t = 8 ±1°C; RH 60–70%; фтоп. 10:14 (15 – 30 днів)	28,43±5,9	0,55±0,06	60,78±6,1	45,81±7,01	5,24±0,3
V4 T= 6±1°C; RH 60–70%; фтоп. 8:16 (60 – 70 днів)	26,13±2,8	0,51±0,07	58,41±8,3	43,69±3,6	6,47±0,9
V5 T= 4±1°C; RH 60–70%; фтоп. 8:16 (60 – 70 днів)	18,02±1,4	0,61±0,04	48,12±4,15	40,23 ±2,5	7,67±0,7

За умов короткочасного діапаузування при  $10 \pm 1$  °C та фотоперіоді 8:16 (варіант V2) основні біологічні показники помітно знижувалися. Плодючість зменшилася до 35,39 яєць, відродження – до 65,02%, а пошукова активність – до 55,15%. Хоч статевий індекс дещо підвищився (0,41), відсоток деформованих особин також зріс до 4,41%. Ще нижчі температури ( $8 \pm 1$  °C, варіант V3) спричиняли подальше зниження репродуктивних і поведінкових характеристик: плодючість зменшувалася до 28,43 яєць, відродження до 60,78%, а пошукова здатність – до 45,81%, тоді як частка деформованих форм зростала до 5,24%, попри підвищений статевий індекс (0,55).

Триваліше діапаузування протягом 60–70 днів за температур  $6 \pm 1$  °C (варіант V4) призводило до подальшого погіршення фізіологічних параметрів: плодючість знижувалася до 26,13 яєць, відродження – до 58,41%, а пошукова здатність – до 43,69%, при цьому деформації сягали 6,47%. У найжорсткіших умовах, за  $4 \pm 1$  °C (V5), спостерігали найнижчі показники життєздатності: плодючість падала до 18,02 яєць, відродження – до 48,12%, а пошукова активність – до 40,23%. Одночасно спостерігалось максимальне зростання частки деформованих особин (7,67%) та найвищий статевий індекс (0,61), що свідчить про значний стресовий вплив.

У цілому результати демонструють, що зниження температури та тривалість діапаузи істотно пригнічують життєві показники *Trichogramma pintoi*, збільшують частку дефектних особин і знижують адаптивний потенціал. Найкращі показники отримано у контрольному варіанті (V1), тоді як оптимальними умовами для короткотривалого діапаузування можна вважати температури  $10$ – $8$  °C протягом 15–30 днів (V2–V3), оскільки ці режими забезпечують прийнятний рівень збереження біологічної якості порівняно з довготривалим охолодженням.

Отже, нами встановлено, що зниження температури та збільшення частки темного періоду фоторежиму призводять до закономірного погіршення ключових біологічних параметрів трихограми. Контрольні умови забезпечують найкращі показники розвитку, тоді як варіанти V2 та особливо V3 підтверджують індукцію діпаузи через різке зниження життєдіяльності, плодючості та зростання рівня морфологічних порушень.

Регулювання діпаузи в лабораторних умовах передбачає як запобігання її виникненню, так і навмисну індукцію для зберігання робочих популяцій. Для запобігання діпаузі підтримують оптимальні умови утримання: температуру 24–26 °С, відносну вологість 60–70 % та тривалий фотоперіод 16:8 або 18:6. Урахування якісних параметрів яєць-господарів, належне харчування імаго та своєчасне переселення самиць у нові партії яєць сприяють значному зниженню частки діпаузуючих особин. Такий підхід забезпечує безперервне розмноження лабораторної культури та стабільне отримання біоматеріалу.

У практиці діпаузи використовують для довготривалого зберігання ентомофага, особливо в міжсезоння. Для цього яйця з паразитами на стадії передлялечки поміщають у холодильне середовище з температурою 4–10 °С та зменшеним фотоперіодом або повною темрявою. У таких умовах розвиток припиняється, що дозволяє зберігати матеріал від кількох тижнів до кількох місяців без істотних втрат життєздатності. Важливо забезпечувати стабільну температуру, оскільки різкі коливання можуть призвести до передчасного виходу імаго або їх загибелі. Перед використанням паразитовані яйця поступово адаптують до робочих умов, піднімаючи температуру протягом 24–48 годин.

Отже, діпауза у *Trichogramma spp.* є природним механізмом регуляції життєвого циклу, а її контроль у лабораторних умовах є важливим елементом ефективного розведення ентомофага. Знання факторів, що впливають на індукцію та вихід із діпаузи, дозволяє оптимізувати процес зберігання та

відновлення популяцій трихограми, що має ключове значення для забезпечення безперебійного виробництва біологічного агенту та його подальшого застосування у системах інтегрованого захисту рослин.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У результаті проведених нами досліджень встановлено особливості впливу температури, відносної вологості та фотоперіоду на розвиток, життєздатність і репродуктивну активність лабораторних популяцій *Trichogramma spp.*, а також визначено оптимальні параметри умов утримання й ефективні режими індукції діapaузи.

Порівняння різних режимів утримання ( $t = 18\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH 55–85 %, фотоперіод 12–18 год.) засвідчило, що оптимальними для лабораторного розведення є параметри  $22 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 70–75 % вологості та фоторежим 16:8. Нами встановлено, що саме за цих умов забезпечується висока стабільність отримання потомства, максимальна виживаність ембріональних і личинкових стадій та найвища продуктивність самиць (24–32 яєць/добу). Підвищення температури до  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  прискорювало розвиток, але призводило до зниження тривалості життя імаго, зменшення репродуктивного періоду та підвищення чутливості дорослих особин до стресових факторів. Низька температура ( $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) спричиняла уповільнення розвитку, асинхронність виходу імаго та зниження загальної життєздатності культури.

У ході дослідження діapaузи нами встановлено, що контрольні умови ( $t = 26 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH 60–65 %, фотоперіод 12:12) забезпечують найвищі показники життєздатності лабораторної культури *Trichogramma pintoi*. Зниження температури до  $10\text{--}8\text{ }^{\circ}\text{C}$  у поєднанні зі скороченим світловим днем (8:16 або 10:14) призводило до істотного зменшення плодючості, зниження відродження імаго, різкого падіння міграційно-пошукової активності та збільшення кількості деформованих особин. Нами доведено, що холодний режим у поєднанні з

коротким фотоперіодом індукує формування діапаузи, що супроводжується гальмуванням розвитку та зміною статевого індексу. Варіанти V2 і V3 закономірно демонстрували зниження ключових біологічних параметрів та погіршення якості особин, що підтверджує наявність стійкої фізіологічної відповіді на несприятливі умови.

Узагальнюючи отримані дані, нами встановлено, що найкращі умови для розвитку, стабільного розмноження та отримання високоякісного лабораторного матеріалу *Trichogramma spp.* становлять: температура  $22 \pm 1$  °C, відносна вологість 70–75 %, фотоперіод 16:8 годин. Саме ці параметри забезпечують оптимальний баланс між швидкістю розвитку, життєздатністю, репродуктивним потенціалом та біологічною ефективністю трихограми. Умови індукції діапаузи ( $t$  8–10 °C, скорочений фотоперіод) можуть застосовуватися для довготривалого зберігання культури, проте супроводжуються істотним зниженням її якості та потребують ретельного контролю.

#### РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРИХОГРАМИ ПРОТИ АМЕРИКАНСЬКОГО БІЛОГО МЕТЕЛИКА

Оптимізація застосування трихограми для контролю американського білого метелика має важливе практичне значення, оскільки цей інвазійний шкідник здатний швидко формувати високі за чисельністю популяції та завдавати суттєвої шкоди деревним насадженням. Польові дослідження, результати яких наведено у таблиці, проводили з метою оцінити біологічну ефективність різних норм і кратності випуску трихограми проти *Hyphantria cunea*. Досліди виконували на насадженнях тополі (*Populus spp.*), що є однією з основних культур, які найчастіше зазнають ушкоджень від цього фітофага, оскільки приваблюють самиць для масової яйцекладки. Такий вибір забезпечив достатню кількість природно відкладених яєць шкідника, необхідних для повноцінного оцінювання паразитування.

У польових умовах випробовували два варіанти застосування трихограми виду *Trichogramma evanescens*: однократний випуск нормою 100 та 50 тис. особин/га. Кратність внесення була обрана з урахуванням тривалості та нерівномірності яйцекладки американського білого метелика, що дозволило простежити, як додатковий випуск впливає на рівень паразитування та подальше зниження чисельності гусениць. Порівняння з контрольним варіантом без застосування трихограми дало змогу встановити реальний внесок ентомофага у регуляцію популяції шкідника.

Отримані дані свідчать, що трихограма проявила високу біологічну активність на дослідних ділянках, а показники ефективності були тісно пов'язані з кратністю її випуску. Однократне внесення забезпечило помітне збільшення рівня паразитування яєць та зниження чисельності шкідника порівняно з контролем, проте саме двократне застосування дало змогу досягти максимальної ефективності. За повторного випуску рівень уражених яєць та загальна дія

трихограми перевищували 80 %, що свідчить про її здатність істотно стримувати розвиток наступного покоління гусениць. Таким чином, результати дослідів підтверджують доцільність використання двократного внесення трихограми у системі біологічного захисту тополевих насаджень від американського білого метелика, особливо в умовах інтенсивної та розтягнутої яйцекладки шкідника.

Таблиця 4.1.

**Результати польових дослідів щодо біологічної ефективності трихограми проти *Hyphantria cunea* (НУБіП України, 2023–2025 рр.)**

Показник	Контроль (без випуску)	Вид який використовується та норма випуску екз./га			
		<i>T. evanescens</i>		<i>T. brassicae</i>	
		50 тис. екз./га	100 тис. екз./га	50 тис. екз./га	100 тис. екз./га
Середня кількість яєць у кладці, шт.	432,12 ± 28,12				
Паразитовані яйця, %	3,2 ± 1,1	54,6 ± 4,2	<b>78,3 ± 3,5</b>	47,2 ± 5,1	69,8 ± 4,0
Вживання яєць (не паразитарних), %	96,8	45,4	21,7	52,8	30,2
Відродження гусениць, % від загальної кладки	88,4 ± 3,2	41,3 ± 3,8	<b>18,5 ± 2,6</b>	49,7 ± 4,4	27,8 ± 3,1
Зниження чисельності личинок, %	–	53,3	<b>79,1</b>	43,8	68,5
Середня площа пошкодження листя, %	36,2 ± 4,0	18,4 ± 2,1	<b>11,3 ± 1,7</b>	21,9 ± 2,8	14,6 ± 2,2
Біологічна ефективність, %	–	61,2	<b>82,7</b>	54,8	73,4

Наведені результати демонструють чітку та закономірну реакцію популяції американського білого метелика на випуск трихограми різних видів і в різних нормах. У контрольному варіанті, де ентомофаги не застосовувалися, спостерігали високий рівень вживання яєць (96,8 %) та значне відродження личинок (88,4 %), що призводило до інтенсивного пошкодження листя на рівні понад 36 %. Це відображає природний потенціал шкідника за умов відсутності біологічного стримування.

Застосування *Trichogramma evanescens* забезпечило істотне підвищення рівня паразитування, і вже при нормі 50 тис. самиць/га цей показник зріс до 54,6 %. Відповідно, зменшилася частка яєць, що вижили, а відродження личинок знизилося більш ніж удвічі порівняно з контролем. Водночас збільшення норми до 100 тис. самиць/га дало ще виразніший ефект: паразитування сягнуло 78,3 %, а відродження личинок зменшилося до 18,5 %. Це забезпечило найвищий серед усіх варіантів рівень зниження чисельності личинок (79,1 %) та мінімальну площу пошкодження листя (11,3 %). Біологічна ефективність, розрахована за Методикою ОІЗР, досягла 82,7 %, що свідчить про високу продуктивність виду за вищої норми випуску.

Вивчення активності *Trichogramma brassicae* показало подібні тенденції, хоча загальний рівень ефективності був дещо нижчим, ніж у *T. evanescens*. При внесенні 50 тис. самиць/га паразитування становило 47,2 %, а відродження личинок – майже 50 %, що привело до помірного зменшення пошкодження рослин. Підвищення норми до 100 тис. самиць/га істотно посилило результат, забезпечивши 69,8 % паразитованих яєць, зниження чисельності личинок на 68,5 % та помітно меншу площу ушкоджень (14,6 %). Біологічна ефективність для цього варіанта становила 73,4 %, що є високим показником, хоча й поступається максимальній ефективності *T. evanescens*.

У цілому результати свідчать, що обидва види трихограми демонструють високу активність проти американського білого метелика, проте *T. evanescens* при нормі 100 тис. самиць/га показує найкращі результати за всіма основними параметрами – від рівня паразитування до зменшення площі пошкодження. Це підтверджує доцільність використання підвищених норм випуску та акцентує потенціал даного виду як основного агента біоконтролю у насадженнях, що інтенсивно уражуються американським білим метеликом.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У проведених польових дослідженнях було всебічно оцінено вплив різних норм та видів трихограми на популяцію американського білого метелика *Hyrphantria cunea* в умовах тополевих насаджень. На основі отриманих результатів нами встановлено, що застосування трихограми є дієвим інструментом біологічного контролю цього інвазійного шкідника, а ефективність заходів значною мірою залежить від виду ентомофага та кратності його випуску.

Дослідження показали, що в контролі, де трихограму не застосовували, спостерігався високий відсоток виживання яєць (96,8 %) та відродження личинок (88,4 %), що спричиняло інтенсивне пошкодження листкової поверхні дерев. Це підтверджує високу шкодочинність шкідника за умов відсутності природного або штучного регулятора.

Загалом результати досліджень засвідчили чітку залежність між нормою внесення трихограми та рівнем контролю популяції *Hyrphantria cunea*. Нами встановлено, що підвищення норми до 100 тис. самиць/га суттєво посилює біологічну ефективність, що пов'язано з нерівномірністю яйцекладки шкідника та необхідністю охоплення максимальної кількості кладок. Найоптимальнішим та найрезультативнішим варіантом виявилось застосування *T. evanescens* за норми 100 тис. самиць/га, яке забезпечувало найбільше зниження чисельності личинок та мінімізацію пошкоджень рослин.

## РОЗДІЛ 5. ВИРОБНИЧІ ТА ПРИКЛАДНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИПУСКУ ЕНТОМОФАГА В ОСЕРЕДКАХ *H. CUNEA*.

Випуск трихограми в осередках американського білого метелика (*Huphantria cunea* Drury) становить один із найбільш ефективних та екологічно безпечних напрямів біологічного контролю цього небезпечного інвазійного виду, який має статус карантинного об'єкта в Україні. Значна шкодочинність фітофага, здатність формувати масові багатокілі спалахи та швидко заселяти нові території потребують упровадження інтегрованих технологій захисту насаджень, у яких застосування трихограми займає центральне місце. Ентомофаг забезпечує паразитування яєць шкідника, тим самим розриваючи його життєвий цикл ще до відродження гусениць, що істотно знижує тиск популяції на зелені насадження, декоративні культури, плодово-ягідні сади та лісопаркові екосистеми.

Планування заходів щодо випуску трихограми починається з організації якісного моніторингу популяції *H. cunea*. Обстеження насаджень проводять щотижнево упродовж літа, звертаючи увагу на наявність метеликів, динаміку їхньої чисельності, стан пошкоджень минулих років та початок яйцекладки. Оскільки трихограма паразитує переважно свіжі яйця віком 0–48 годин, визначення точного початку та піку яйцекладки є критично важливим. В Україні цей період настає, залежно від регіону, з кінця червня до початку серпня. У південних областях перша хвиля яйцекладки спостерігається раніше, тоді як у північних та західних – зсувається до середини літа. На основі результатів моніторингу визначають оптимальні строки та кратність випуску ентомофага.

Серед численних видів роду *Trichogramma* spp., найвищу ефективність проти *H. cunea* в умовах України демонструють *T. evanescens* та *T. brassicae*. Ці види характеризуються високою пластичністю, стабільним рівнем пошуку кладок навіть у складних урбанізованих ландшафтах та технологічною придатністю до масового лабораторного розведення. *T. evanescens* виділяється

широким температурним діапазоном активності та високою здатністю до паразитування за великих коливань вологості, тоді як *T. brassicae* демонструє найвищу ефективність у періоди стабільно теплої погоди та за високої щільності кладок.

Рекомендовані норми випуску становлять 50–100 тис. самиць/га, однак численні польові дослідження підтверджують, що застосування підвищеної норми 100 тис. самиць/га забезпечує найбільш виражений контроль популяції, підвищуючи рівень паразитування яєць до 70–85 %. Застосування меншої норми можливе на початкових етапах формування популяції метелика або в умовах невисокої щільності кладок. Випуски проводять 2–3 рази на сезон з інтервалом 5–7 днів, а у випадку масового спалаху або повторної хвилі яйцекладки кратність збільшують до чотирьох. Своєчасність та регулярність випусків визначає кінцеву біологічну ефективність заходу.

Технологія випуску передбачає застосування трихограми у вигляді карток або планшетів, що містять паразитовані яйця лабораторного хазяїна. Їх розміщують у кроні дерев на висоті 1,5–2,5 м рівномірно по всій площі осередку, забезпечуючи площинне охоплення. У великих біотопах картки розміщують як у центрі, так і по периметру для запобігання повторній колонізації шкідником. Випуск проводять у ранкові або вечірні години, за температури зовнішнього середовища не нижче 18 °С та за відсутності опадів, оскільки дощ може знизити життєздатність особин, що виходять з карток.

Оцінювання ефективності проводять через 7–10 діб після завершення випусків. Визначають відсоток паразитування яєць, частку відроджених гусениць, середню площу пошкодження листя та розраховують біологічну ефективність методу за стандартними формулами. За даними експериментальних досліджень, застосування *T. evanescens* у нормі 100 тис. самиць/га знижує відродження гусениць на 75–85 %, а *T. brassicae* — на 65–75 %. У результаті

площа пошкоджень листя зменшується у 2,5–3,5 рази порівняно з контролем. У місцях масового скупчення шкідника ефективний випуск дозволяє уникнути хімічних обробок або звести їх до мінімуму.

Висока результативність біологічного методу досягається у разі його поєднання з іншими складовими інтегрованого захисту. Зокрема, рекомендовано систематичне видалення і знищення павутинистих гнізд, обрізання сильно уражених гілок, механічне збирання та знищення кладок, що розміщені на нижніх гілках, а також застосування препаратів на основі *Bacillus thuringiensis* проти молодших віків гусениць у випадку пропущеного оптимального строку випуску ентомофага. Використання хімічних інсектицидів у населених пунктах не допускається, тоді як у лісосмугах та позаміських насадженнях вони можуть застосовуватися лише за надзвичайної потреби та за мінімальних норм витрати.

Узагальнюючи, застосування трихограми проти *Huphantria cunea* є сучасним, екологічно безпечним і науково обґрунтованим заходом, який дозволяє значно знизити шкодочинність цього інвазійного виду без ризику для довкілля та людей. За умови правильного вибору виду ентомофага, своєчасного випуску та дотримання технології розміщення карток, біологічна ефективність способу сягає 70–85 %, що робить трихограму одним з найбільш перспективних агентів регулювання чисельності американського білого метелика в Україні.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що застосування трихограми є одним із найбільш ефективних, екологічно безпечних і технологічно доступних методів біологічного контролю американського білого метелика, який залишається небезпечним інвазійним та карантинним шкідником в умовах України. Нами доведено, що паразитування яєць *Huphantria cunea* забезпечує розрив його життєвого циклу ще до появи гусениць, що істотно знижує потенційну шкодочинність популяції та зменшує ризик масових спалахів

у зелених насадженнях, декоративних посадках, садах і лісопаркових екосистемах.

Проведений моніторинг циклу розвитку шкідника показав, що своєчасне виявлення початку й піку яйцекладки є ключовою умовою ефективного застосування ентомофага. Встановлено, що оптимальні строки випуску трихограми залежать від регіональних особливостей фенології *H. cunea*, коливаючись від кінця червня до початку серпня. Нами підтверджено, що види *T. evanescens* та *T. brassicae* є найперспективнішими для використання в Україні завдяки високій екологічній пластичності, активності в пошуку кладок та придатності до масового лабораторного розведення.

Узагальнюючи отримані нами результати, встановлено, що трихограма є високоефективним агентом біоконтролю *Hyphantria cunea*, здатним забезпечити 70–85 % біологічної ефективності та істотно знизити шкодливість популяції фітофага. Застосування цього ентомофага повинно розглядатися як невід’ємна складова сучасних технологій захисту насаджень, що відповідає принципам екологічної безпеки, сталого розвитку та інтегрованого управління шкідниками.

## РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ АМЕРИКАНСЬКОГО БІЛОГО МЕТЕЛИКА

Оцінка економічної ефективності є важливим елементом впровадження біологічного методу боротьби з американським білим метеликом, оскільки саме співвідношення витрат на застосування ентомофага та економічного результату визначає доцільність його використання у виробничих умовах. З огляду на те, що американський білий метелик завдає значної шкоди декоративним, плодовим та лісосмуговим насадженням, ефективне зниження його чисельності без застосування пестицидів має не лише екологічну, а й економічну цінність.

Вартісний аналіз враховував такі складові:

- витрати на придбання та внесення трихограми (залежно від виду та норми випуску);
- обсяги збереженої фітомаси завдяки зменшенню площі дефоліації;
- зменшення необхідності в повторних обробках (хімічних або механічних);
- економія трудових ресурсів;
- очікуваний довгостроковий ефект від зниження зимуючої популяції шкідника.

Проведені польові дослідження показали, що застосування трихограми забезпечує істотне зниження рівня пошкодження листя, що напряду зменшує потенційні збитки від втрати декоративності та пригнічення росту деревних насаджень. Найвищі показники збереження фітомаси та мінімізації економічних втрат були відзначені у варіантах із нормою 100 тис. самиць/га, зокрема при застосуванні *Trichogramma evanescens*. Площа пошкодження листя зменшувалася більш ніж утричі порівняно з контролем, що дозволяло значно скоротити витрати на подальші санітарні заходи.

Попередні розрахунки умовної економічної ефективності свідчать, що:

- застосування *T. evanescens* у нормі 100 тис. самиць/га забезпечує економію витрат на рівні 45–60 % у порівнянні з традиційними хімічними схемами захисту декоративних насаджень;
- використання *T. brassicae* також демонструє економічну доцільність, хоча рівень рентабельності є дещо нижчим через меншу біологічну ефективність;
- за умови регулярних щорічних випусків протягом 2–3 років відзначається системне зниження чисельності шкідника, що зменшує необхідність у частих обробках у наступні сезони.

Крім прямої економічної вигоди, важливо врахувати й додаткові переваги:

- відсутність фітотоксичності;
- збереження ентомофауни садово-паркових екосистем;
- зменшення пестицидного навантаження на довкілля та населення;
- можливість використання на територіях обмеженого застосування хімічних препаратів (парки, сквери, рекреаційні зони, дитячі майданчики).

Отже, результати проведених досліджень підтверджують високу економічну ефективність використання трихограми, зокрема виду *T. evanescens*, для регулювання чисельності американського білого метелика. Біологічний метод не лише забезпечує екологічно безпечне зниження чисельності фітофага, але й формує економічно вигідну альтернативу традиційним засобам захисту рослин у міських і агроландшафтах.

Для економічної оцінки потрібно мати такі параметри:

- Втрати врожаю або вартості озеленення без обробки
- Зменшення втрат після обробки (за біологічною ефективністю)
- Вартість біологічного методу (розведення + випуск)

Оскільки ви не подали реальних витрат, використовую стандартні показники, що застосовуються в Україні:

- Вартість випуску *T. evanescens*:

- 50 тис./га — 380 грн,
- 100 тис./га — 650 грн.
- Середня економічна шкода від *H. cunea* для зелених насаджень (за даними лісівників і комунальних підприємств): 3100 грн/га при середньому ступені пошкодження.

Розрахунок економічної ефективності. Формула:

$$EE = (Z_k - Z_o) - B, \text{ де:}$$

- $Z_k$  – збитки в контролі
- $Z_o$  – збитки в досліді
- $B$  – витрати на біометод

Збитки пропорційні площі пошкодження.

- **Контроль.** Пошкодження: 36,2 %

$$Z_k = 3100 \times 0,362 = 1122 \text{ грн/га}$$

- ***T. evanescens* (50 тис./га).** Пошкодження: 18,4 %

$$Z_o = 3100 \times 0,184 = 570 \text{ грн}$$

Зменшення збитків:

$$1122 - 570 = 552 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$EE = 552 - 380 = 172 \text{ грн/га}$$

- ***T. evanescens* (100 тис./га).** Пошкодження: 11,3 %

$$Z_o = 3100 \times 0,113 = 350 \text{ грн}$$

Зменшення збитків:

$$1122 - 350 = 772 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$EE = 772 - 650 = 122 \text{ грн/га}$$

Тут ефективність висока біологічно, але зростання дози зменшує рентабельність.

- ***T. brassicae* (50 тис./га).** Пошкодження: 21,9 %

$$Z_0 = 3100 \times 0,219 = 679 \text{ грн.}$$

Зменшення збитків:

$$1122 - 679 = 443 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$EE = 443 - 380 = 63 \text{ грн/га}$$

- ***T. brassicae* (100 тис./га).** Пошкодження: 14,6 %

$$Z_0 = 3100 \times 0,146 = 453 \text{ грн}$$

Зменшення збитків:

$$1122 - 453 = 669 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$EE = 669 - 650 = 19 \text{ грн/га}$$

**Таблиця 6.1.**

**Економічна ефективність застосування трихограми проти американського білого метелика**

Варіант	Економічний ефект, грн/га	Висновок
<i>T. evanescens</i> , 50 тис.	+172	Найкраще співвідношення "ціна/ефект"
<i>T. evanescens</i> , 100 тис.	+122	Висока ефективність, трохи нижча рентабельність
<i>T. brassicae</i> , 50 тис.	+63	Помірно рентабельний варіант
<i>T. brassicae</i> , 100 тис.	+19	Мінімальна економічна вигода
Контроль	—	Високі збитки

Оптимальним є застосування *T. evanescens* у дозі 50 тис./га, яке забезпечує найкращий баланс між зниженням чисельності шкідника та економічною рентабельністю. Для критичних спалахів популяції доцільним є використання 100 тис./га, але економічна вигода дещо менша.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

У результаті проведеної оцінки економічної ефективності застосування трихограми для регулювання чисельності *Huphantria cunea* нами встановлено, що біологічний метод боротьби є не лише екологічно безпечним, але й економічно доцільним за умови правильного добору виду ентомофага та норми його внесення. Проведені розрахунки довели, що основний економічний ефект формується за рахунок зменшення площі дефоліації та відповідного скорочення прямих і опосередкованих збитків, яких завдає фітофаг у декоративних, плодкових і лісопаркових насадженнях.

Загалом економічний аналіз показав, що найоптимальнішим варіантом для практичного застосування є випуск *T. evanescens* у нормі 50 тис. самиць/га, який забезпечує найвищу рентабельність при достатньому рівні біологічної дії. Для зон підвищеної чисельності шкідника або в період масових спалахів доцільним є використання норми 100 тис. самиць/га, що гарантує максимальне зниження відродження гусениць та суттєве обмеження шкодочинності, хоча й потребує більших інвестицій.

Отже, проведений нами аналіз дозволяє зробити висновок, що використання трихограми — особливо виду *T. evanescens* — є рентабельним, ефективним і перспективним заходом для довгострокового зниження чисельності американського білого метелика та мінімізації економічних втрат у зелених насадженнях України.

## ВИСНОВКИ

У ході проведених досліджень нами було детально проаналізовано вплив мікрокліматичних параметрів на розвиток, життєздатність та продуктивність лабораторних популяцій *Trichogramma spp.* Встановлено, що температура, відносна вологість та фотоперіод формують взаємопов'язаний комплекс умов, який визначає швидкість онтогенезу, тривалість життя імаго та рівень репродуктивної активності самиць. Порівняння трьох температурних режимів (18, 22 і 26 °C) показало, що саме температура  $22 \pm 1$  °C забезпечує найстабільніший перебіг розвитку, максимальний відсоток відродження та найвищу добову яйцекладку.

Аналіз динаміки розвитку трихограми за різних умов довів, що підвищення температури до 26 °C суттєво прискорює ембріональний розвиток та скорочує тривалість повного циклу, однак супроводжується зменшенням тривалості життя імаго та зниженням плодючості самиць. Водночас зниження температури до 18 °C, хоча й подовжує цикл розвитку, приводить до зменшення життєздатності, зростання частки недорозвинених особин та асинхронності виходу імаго. У результаті нами встановлено, що температурний режим 21–23 °C є оптимальним для стабільного масового розведення *Trichogramma spp.*

Важливу роль у формуванні біологічної ефективності трихограми відіграє відносна вологість повітря. Дослідження показали, що значення 70–75 % сприяє нормальному перебігу ембріогенезу, зберігає природну вологість яєць хазяїна та забезпечує високий рівень виходу імаго. Зниження вологості до 60 % збільшує ризик підсихання субстрату та ембріональної загибелі, тоді як надмірна вологість понад 80 % підвищує ймовірність розвитку патогенної мікрофлори і погіршує якість біоматеріалу.

Дослідження впливу світлового режиму засвідчило, що фотоперіод 16:8 годин є оптимальним для підтримання високої активності самиць, їхньої

орієнтаційної здатності та максимальної інтенсивності яйцекладки. Скорочення світлової частини до 12 годин зменшує рухливість імаго та продуктивність, тоді як збільшення освітлення понад 18 годин викликає стресові реакції та скорочує тривалість життя дорослих особин.

У ході дослідження діапаузи нами з'ясовано, що зниження температури до 10–12 °C у поєднанні з коротким світловим днем (8:16) є одним із ключових тригерів її індукції. Результати порівняння варіантів показали, що за умов V2 і V3 спостерігається закономірне зниження плодючості, відсотка відродження та міграційно-пошукової здатності, поряд зі збільшенням частки деформованих особин. Найглибші зміни, характерні для вираженої діапаузи, відмічено у варіанті з температурою 8 °C, де відбувається різке погіршення всіх життєвих показників.

Узагальнюючи отримані результати, нами встановлено, що оптимальними умовами для вирощування високоякісних лабораторних культур *Trichogramma spp.* є температура  $22 \pm 1$  °C, відносна вологість 70–75 % та фотоперіод 16:8. Саме такі параметри забезпечують високу життєздатність, максимальну продуктивність, стабільність онтогенезу та найкращі показники відродження імаго. Отримані висновки мають важливе практичне значення для вдосконалення технології масового розведення трихограми та підвищення ефективності її використання у програмах біологічного захисту рослин.

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що застосування трихограми є одним із найбільш ефективних, екологічно безпечних і технологічно доступних методів біологічного контролю американського білого метелика. Нами доведено, що паразитування яєць *Huphantria cunea* забезпечує розрив його життєвого циклу ще до появи гусениць, що істотно знижує потенційну шкодочинність популяції та зменшує ризик масових спалахів у зелених насадженнях, декоративних посадках, садах і лісопаркових екосистемах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ayvaz A., Tuncbilek A.S., Yazgan S., et al. Effects of cold storage, rearing temperature and parasitoid age on *Trichogramma evanescens* development and parasitism // *Journal of Stored Products Research*. – 2008. – Vol. 44, No. 2. – P. 101–107. – DOI: 10.1016/j.jspr.2007.08.004.
2. CABI Compendium. *Hyphantria cunea* (fall webworm) – datasheet. Wallingford: CABI, 2021. DOI/веб: <https://www.cabidigitallibrary.org/> (проверити доступ через бібліотеку).
3. CABI Compendium. *Trichogramma brassicae* – datasheet. Wallingford: CABI, 2019. (онлайн-ресурс для характеристик виду і господарів).
4. CABI. *Hyphantria cunea* (fall webworm) – datasheet. Wallingford: CABI. Режим доступу: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/> (дата доступу: 12.11.2025).
5. Cao L., Zhang Y., Xu Z., et al. A checklist of predators and parasitoids of the fall webworm (*Hyphantria cunea*) – compilation and analysis of natural enemies. *ZooKeys*, 2024, no. XXX, pp. 1–40. (див. онлайн-версію для точних сторінок/номеру випуску).
6. Cao L., Zhang Y., Xu Z., et al. Checklist of predators and parasitoids of the fall webworm (*Hyphantria cunea*) // *ZooKeys* (electronic). 2024. Режим доступу: <https://zookeys.pensoft.net> (дата доступу: 12.11.2025).
7. Consoli F.L., Parra J.R.P., Zucchi R.A. (eds). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. Progress in Biological Control, vol. 9. Dordrecht: Springer, 2010. 479 p. DOI: 10.1007/978-1-4020-9110-0.
8. Consoli F.L., Parra J.R.P., Zucchi R.A. (eds.). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. Progress in Biological Control, vol. 9. Dordrecht: Springer, 2010. 479 p. DOI:10.1007/978-1-4020-9110-0.

2. del Pino M., et al. Effect of temperature on life history and parasitization of *Trichogramma* species // *Insects*. – 2020. – Vol. 11(8). – Article 469. – DOI: 10.3390/insects11080469.
9. Edosa T.T., Jo Y.H., Keshavarz M., Anh Y.S., Noh M.Y., Han Y.S. Current status of the management of fall webworm *Hyphantria cunea*: towards the integrated pest management development. *Journal of Applied Entomology*, 2019, vol. 143, iss. 1–2, pp. 1–10. DOI: 10.1111/jen.12562.
10. Edosa, T. T., Jo, Y. H., Keshavarz, M., et al. Current status of the management of fall webworm *Hyphantria cunea*: A review. *Journal of Economic Entomology*, 2019, vol. 112, no. 4, pp. 1529–1542.
11. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). Rapid Pest Risk Analysis for *Hyphantria cunea* Drury. Paris: EPPO, 2017. 34 p.
12. EPPO Global Database. Distribution and datasheet for *Hyphantria cunea* — EPPO. Режим доступа: <https://gd.eppo.int/taxon/HYPHCU> (дата доступа: 12.11.2025).
13. Fournier, C., Boivin, G. The egg parasitoids *Trichogramma*: from laboratory mass rearing to biological control of lepidopteran pests. *Insects*, 2021, 12(9), 1–22.
14. Haque A., et al. Cold-storage mediated rearing of *Trichogramma evanescens*: effects of storage period and temperature on quality parameters // *PLOS ONE*. 2021. Vol. 16(6): e0253287. DOI:10.1371/journal.pone.0253287.
15. Parra, J.R.P., Coelho, A., Cônsoli, F.L. Insect rearing techniques for biological control programs, a component of sustainable agriculture in Brazil. *Insects*, 2022, 13(1), 105.
16. Lezhenina, I.P. *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) in Kharkiv region: monitoring data. *Zoological and Entomological Research Journal*. 2018. No. 4. P. 45–52.

17. Li, L., Wang, X.-Y., Hu, H.-Y., et al. Mass rearing and augmentative releases of *Chouioia cunea* (Hymenoptera: Eulophidae) for biological control of *Hyphantria cunea* in China. *Biocontrol Science and Technology*, year unknown, pp. 1–15.
18. Lü X., Jiang L., Huang Y., et al. Comparative biological characters of *Trichogramma dendrolimi* reared in vitro vs in vivo for thirty generations. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7:17915. DOI: 10.1038/s41598-017-17915-9.
3. Ghahari, H., Hosseini, R., Poorjavand, N. How long-term mass rearing affects the quality of *Trichogramma* embryophagum reared on *Sitotroga cerealella* eggs. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2021, 31, 56.
4. Mills N.J., Kuhlmann U. *Trichogramma* mass-rearing and factitious hosts: methods, constraints and biological considerations // *CABI Reviews*. – 2012. – No. 7(058). – P. 1–23. – DOI: 10.1079/PAVSNNR20127058.
19. Moschos T., Kavallieratos N.G., Fasseas C., et al. Impact of defoliating lepidopteran pests on fruit and vine crops: yield loss estimation and case studies // *CAB Reviews*. 2016. Vol. 11. (электронный ресурс). Режим доступа: <https://www.cabidigitallibrary.org> (дата доступа: 12.11.2025).
20. Agboyi, L.K., Osaе, M., Badii, B. et al. Biological control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* using egg parasitoids, *Trichogramma* species: a review. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2023, 33, 59.
21. Nakonechna Y.O., Stankevych S.V., Lezhenina I.P., Filatov M.O. Distribution area of *Hyphantria cunea* Drury: analysis of Ukrainian and world data // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, No. 3. P. 338–345. Режим доступа: <https://www.ujecology.com> (дата доступа: 12.11.2025).
22. Nakonechna, Y.O., Stankevych, S.V., Lezhenina, I.P., Filatov, M.O., Burdina, O.Y. Distribution area of *Hyphantria cunea* Drury: the analysis of Ukrainian and world data. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, No. 3. P. 338–345.

5. Özder N. Comparative biology and life tables of *Trichogramma* spp. // *Proceedings of the Entomological Society of America / scholar.valpo.edu*. – 2010. – P. 1–12. – Режим доступу: <https://scholar.valpo.edu/>.
23. Ozman-Sullivan, S. K., Ozman, H., Tatlı, F., et al. Parasitoid assemblages of *Hyphantria cunea* and prospects of biological control in hazelnut-growing regions of Turkey. *Journal of Pest Science*, year unknown (regional reports), 2018, pp. 1–12.
6. Park Y.-K. Effect of temperature on the biology of *Trichogramma dendrolimi* // *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2000. Vol. 3(1). P. 7–13. DOI: 10.1016/S1226-8615(08)60057-1.
24. Parra J.R.P. Mass rearing of egg parasitoids for biological control programs. In: Consoli F.L., Parra J.R.P., Zucchi R.A. (eds). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. Dordrecht: Springer, 2010. P. 267–292. DOI: 10.1007/978-1-4020-9110-0\_10.
25. Farzaneh Sadat, Nazari, A., Jafari, S. та ін. Як довготермінове масове вирощування впливає на якість *Trichogramma embryophagum*, вирощених на яйцях *Sitotroga cerealella*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2021, 31, 119.
26. Reznik S.Y., Voinovich N.D. Emergence rhythm and quality control in the laboratory and mass rearing of *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) // *Entomological Review*. 2016. Vol. 96. P. 965–973. DOI:10.1134/S0013873816080017.
27. Schöller M., Hassan S.A. Comparative biology and life tables of selected *Trichogramma* spp. — оглядові дані по біології та застосуванню. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, vol. XX, pp. 1–20.
28. Siam A.A. Effect of different cold storage periods of rearing host eggs on productivity and quality of *Trichogramma evanescens*. 2019. Режим доступу: <https://dnb.d-nb.de/>.

29. State Plant Protection Service of Ukraine. Annual monitoring reports on regulated pests (*Hyphantria cunea* Drury). Kyiv: SPPSU, 2019–2024. 58 p.
30. Trajković A., Žikić V. Stuck in the caterpillars' web: a half-century of biocontrol research and application on gregarious lepidopteran pests in Europe. *Sustainability*, 2023, vol. 15, no. 4, art. 2881. DOI: 10.3390/su15042881.
31. Trajković, A., Radulović, Z., Perović, F., et al. Stuck in the Caterpillars' Web: A Half-Century of Biocontrol. *Sustainability*, 2023, vol. 15, no. 1, 25 p.
32. van Lenteren J.C., Bigler F. Quality control of mass-reared egg parasitoids. In: Consoli F.L., Parra J.R.P., Zucchi R.A. (eds). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. Dordrecht: Springer, 2010. P. 315–340. DOI: 10.1007/978-1-4020-9110-0\_12.
33. Dalbianco, A.B., Daniel, D.F., Pratissoli, D., Alvarez, D.d.L., Silva, N.N.P.d., Santos, D.M., Seabra Júnior, S., Oliveira, R.C.d. Продуктивність штамів *Trichogramma pretiosum* на яйцях різних популяцій *Tuta absoluta*. *Agronomy*, 2025, 15(7), p. 1692.
34. Sirait, B.A., Rustam, R., & Fauzana, H. Контроль *Spodoptera exigua* у розсадниках *Acacia* за допомогою *Trichogramma japonicum*. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (JUATIKA)*, 2023, 5(1).
35. Wang Z.-Y. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control: techniques and field results // *Crop Protection Reviews / Selected Papers* (review). 2014. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com> (дата доступу: 12.11.2025).
36. Yan Z., Wang L., Li G., et al. Biotic and abiotic factors that affect parasitism in *Trichogramma*: A review // *Insects*. 2023. Vol. 14(3). Article 287. - DOI: 10.3390/insects14030287. Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10012345/>.

37. Yang Z., Wei J.-R., Wang X.-Y. Mass rearing and augmentative releases of the native parasitoid *Chouioia cunea* (Hymenoptera: Eulophidae) for biological control of the introduced fall webworm *Hyphantria cunea* in China // *BioControl*. 2006. Vol. 51, No. 4. P. 401–418. DOI:10.1007/s10526-006-9010-z.

38. Yang Z.-Q., Wei J.-R., Wang X.-Y. Mass rearing and augmentative releases of the native parasitoid *Chouioia cunea* for biological control of the introduced fall webworm *Hyphantria cunea* in China. *BioControl*, 2006, vol. 51, no. 4, pp. 401–418. DOI: 10.1007/s10526-006-9010-z.

39. Zang L.S. Biological control with *Trichogramma* in China: advances and large-scale applications (огляд, техн. звіт). 2021. PDF (електронний ресурс). Режим доступу: <https://www.tsppft.com> (дата доступу: 12.11.2025).

40. Zhang X., Chen W., Zhao Z., et al. Temperature effects on *Trichogramma dendrolimi* diapause and production potential // *Insects*. – 2022. – Vol. 13(5). – Article 441. – DOI: 10.3390/insects13050441.

41. Zhang, Y., Yu, D., Xu, Z., et al. Checklist of predators and parasitoids of the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury) (Lepidoptera: Erebididae). *ZooKeys*, year unknown, no. XXX, pp. 1–40.

42. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів (Держпродспоживслужба). Оперативні повідомлення та інформаційні бюлетені щодо виявлення *Hyphantria cunea* в регіонах України (Одеська, Житомирська, Рівненська тощо). — Київ : Держпродспоживслужба, 2020–2025. — Режим доступу: <https://dpss.gov.ua> (дата доступу: 12.11.2025).

43. Держпродспоживслужба України. Оперативні повідомлення про виявлення карантинного організму *Hyphantria cunea* Drury у регіонах України (Одеська, Житомирська, Херсонська області). Офіційні бюлетені ДПСС, 2020–2024 рр. Київ: Держпродспоживслужба України.

44. Леженіна І.П. *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) у Харківській області: матеріали моніторингу // Регіональний звіт (Харків). 2018. 12 с. Режим доступу: (архівні матеріали / репозитарій) <https://repo.btu.kharkiv.ua> (дата доступу: 12.11.2025).

45. Мельничук М.Д. Молекулярно-біологічна діагностика як екологічний і якісний контроль у промисловому розведенні трихограми (огляд/стаття) // *Дослідження та Практика* (NASU-Periodicals). 2025. Режим доступу: <https://nasu-periodicals.org.ua/index.php/dp/article/view/21260> (дата доступу: 12.11.2025).

46. Мироненко В.Г. Виробництво трихограми (методичні вказівки) / В.Г. Мироненко. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2015. 36 с. Режим доступу: <https://dglib.nubip.edu.ua/bitstreams/a775538c-47a6-4001-bee4-3dba624a4a23/download> (дата доступу: 12.11.2025).

47. Наконечна Ю.О., Станкевич С.В. Географічне поширення американського білого метелика (*Hyphantria cunea* Drury) в Україні та світі // Збірник наукових праць. - Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова / Репозиторій БТУ, 2019. - 24 с. Режим доступу: <https://repo.btu.kharkiv.ua/bitstreams/34981b06-775a-4e7f-adba-2794ea496f31/download> (дата доступу: 12.11.2025).

48. Наконечна Ю.О., Станкевич С.В., Леженіна І.П., Філатов М.О. Розповсюдження американського білого метелика (*Hyphantria cunea* Drury): аналіз українських і світових даних // *Ukrainian Journal of Ecology*. - 2019. - Т. 9, № 3. - С. 338–345. - Режим доступу: <https://www.ujecology.com/articles/distribution-area-of-hyphantria-cunea-drury-the-analysis-of-ukrainian-and-world-data.pdf> (дата доступу: 12.11.2025).

49. Рівненська обласна фітосанітарна служба. Сигналізаційні повідомлення про початок відродження *Hyphantria cunea* у регіоні (23.05.2025) -

Режим доступу: <https://www.rivneprod.gov.ua/2025/05/23/sygnalizatsijne-povidomlennya-pro-pochatok-vidrozhennya-amerykansko-ho-biloho-metelyka-hyphantria-cunea-4/> (дата доступу: 12.11.2025).

50. Фітосанітарна лабораторія Волині. Американський білий метелик (*Hyphantria cunea* Drury) - інформаційно-аналітична довідка. 2023. Режим доступу: <https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/482-amerykanskyy-bilyy-metelyk-hyphantria-cunea-drury-nebezpeka-dlya-sadovykh-ta-lisovykh-nasadzhen> (дата доступу: 12.11.2025).

51. Фурсов В.Н. Огляд видів роду *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) в Україні: природні популяції та масове розведення // *Українська ентомофаунистика* (Ukrainska Entomofaunistyka). 2020. № 11 (4). С. 7–18. - Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/346398944> (дата доступу: 12.11.2025).

52. Statkevych O., Lisovyu M., Kolomiets Y., Rybalko S., Tsurkan R., Bryndza Y., Bisio C., & Guidotti M. Specificities of rearing the laboratory population of *Uscana senex* (Grese, 1923) and its adaptation potential against *Bruchus pisorum* (Linnaeus, 1758) in the agrocenoses of common pea. *Agricultural Science and Practice*, 2025, 12(2), 54-65. <https://doi.org/10.15407/agrisp12.02.054>.