

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультету захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО

**Декан факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології**

_____ **Юлія КОЛОМІЄЦЬ**

(підпис)

«___» _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та карантину
рослин**

_____ **Микола ДОЛЯ**

(підпис)

«___» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Оптимізація технологічних параметрів лабораторного розведення
ендопаразита трихограми (*Trichogramma spp.*)»**

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Гарант освітньої програми

доктор сільськогосподарських
наук, професор кафедри
фітопатології ім. акад. В.Ф.
Пересипкіна

_____ (підпис)

Мирослав ПІКОВСЬКИЙ

Керівник бакалаврської доктор
філософії, старший викладач
кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та
карантину рослин

_____ (підпис)

Ольга СТАТКЕВИЧ

Виконала

_____ (підпис)

Ольга ВАРВАРЧУК

Київ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та карантину рослин**

_____ **Микола ДОЛЯ**

“ ____ ” _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Варварчук Ользі Ярославівні

Спеціальність «202 Захист і карантин рослин»

Освітньо-професійна програма «Захист і карантин рослин»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Оптимізація технологічних параметрів лабораторного розведення ендопаразита трихограми (*Trichogramma spp.*)»

затверджена наказом від 29.10.2025 року № 2588 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20.05.2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Наукові літературні джерела, методичні рекомендації та результати досліджень з лабораторного розведення трихограми та комахи-господаря *Ephestia kuehniella*.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Дослідження біологічних особливостей трихограми, технологій її лабораторного розведення, впливу кормового середовища, умов діапаузування та додаткового живлення імаго на ефективність масового вирощування ентомофага.

Дата видачі завдання 20.05.2025 р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

(підпис)

Ольга СТАТКЕВИЧ

Завдання взяла до виконання

(підпис)

Ольга ВАРВАРЧУК

РЕФЕРАТ

Актуальність дослідження полягає у необхідності підвищення ефективності біологічного захисту рослин шляхом удосконалення технологічних параметрів лабораторного розведення трихограми. Особливо важливими є пошук оптимальних умов вирощування комахи-господаря, підвищення якості біоматеріалу та збереження його життєздатності під час зберігання [21, 23]. Це дозволяє забезпечити стабільне виробництво високоефективного ентомофага та розширити його застосування у сучасних системах інтегрованого захисту рослин.

Об'єктом дослідження є процес лабораторного розведення ентомофага трихограми (*Trichogramma spp.*) та її комахи-господаря – млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*).

Предметом дослідження є технологічні параметри масового вирощування трихограми, зокрема вплив складу кормового середовища комахи-господаря, умов діапаузування та додаткового живлення імаго на біологічні показники ентомофага.

Метою роботи є оптимізація технологічних параметрів лабораторного розведення трихограми з метою підвищення її біологічної ефективності та якості біоматеріалу.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- проаналізувати наукові джерела щодо біологічних особливостей трихограми та технологій її вирощування;
- дослідити вплив складу кормового середовища на розвиток комахи-господаря (*Ephestia kuehniella*);
- визначити оптимальні умови індукції та регулювання діапаузи трихограми;
- оцінити вплив різних видів додаткового живлення на плодючість і тривалість життя імаго;
- обґрунтувати оптимальні параметри лабораторного розведення трихограми для підвищення ефективності її використання.

ABSTRACT

The relevance of this study lies in the need to improve the effectiveness of biological plant protection by optimizing the technological parameters of laboratory-scale Trichogramma rearing. Of particular importance are the search for optimal conditions for rearing the host insect, improving the quality of the biomaterial, and preserving its viability during storage [21, 23]. This ensures the stable production of a highly effective entomopathogen and expands its application in modern integrated pest management systems.

The subject of this study is the process of laboratory rearing of the entomophagous wasp Trichogramma spp. and its host insect, the meal moth (*Ephestia kuehniella*).

The subject of the study is the technological parameters of mass rearing of Trichogramma, specifically the influence of the host insect's feeding medium composition, diapause conditions, and supplemental feeding of adults on the biological indicators of the entomophagous insect.

The objective of this work is to optimize the technological parameters of laboratory rearing of Trichogramma in order to improve its biological efficacy and the quality of the biomaterial.

To achieve this goal, the following objectives were identified:

- to analyze scientific sources on the biological characteristics of the trichogramma wasp and the technologies for its rearing;
- to investigate the effect of the composition of the rearing medium on the development of the host insect (*Ephestia kuehniella*);
- determine the optimal conditions for inducing and regulating the diapause of Trichogramma;
- assess the effect of various types of supplemental feeding on the fertility and lifespan of adults;
- establish the optimal parameters for laboratory rearing of Trichogramma to increase the efficiency of its use.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1. Загальна характеристика видів роду <i>Trichogramma</i> spp.....	8
1.2. Види трихограми, які використовують у промисловому розведенні..	15
1.3. Сучасні технології масового вирощування трихограми	24
1.4. Використання видів роду трихограми у технологіях інтегрованого захисту рослин.....	29
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	37
2.1. Місце, умови та період проведення досліджень.....	37
2.2. Матеріали для проведення досліджень.	38
2.3. Методика проведення досліджень.	40
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАБОРАТОРНОГО РОЗВЕДЕННЯ ЕНДОПАРАЗИТА ТРИХОГРАМИ (<i>TRICHOGRAMMA</i> SPP.).....	43
3.1. Оптимізація складу кормового середовища комах - господаря млинової вогнівки (<i>Ephesia kuehniella</i>).....	43
3.2. Діапауза та методи її регулювання в лабораторних умовах	46
3.3. Дослідження впливу додаткового живлення імаго ендopаразита трихограми (<i>Trichogramma</i> spp.).....	50
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВСТУП

Сучасне сільське господарство характеризується інтенсифікацією виробництва та зростанням антропогенного навантаження на агроєкосистеми, що зумовлює необхідність пошуку екологічно безпечних методів захисту рослин [2, 6]. Традиційне використання хімічних засобів боротьби зі шкідниками призводить до негативних наслідків, зокрема до накопичення токсичних залишків у продукції, формування резистентності у фітофагів та порушення природної рівноваги біоценозів [6]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розвиток біологічного методу захисту рослин, який ґрунтується на використанні природних ворогів шкідників [27].

Одними із найефективніших агентів біологічного контролю є ентомофаги роду *Trichogramma spp.*, які належать до групи яйцепаразитів і широко застосовуються для обмеження чисельності лускокрилих шкідників. Їхня висока плодючість, короткий цикл розвитку та здатність до активного пошуку господаря забезпечують ефективне використання в агроценозах [13].

Водночас ефективність практичного застосування трихограми значною мірою залежить від удосконалення технологій її масового розведення, зокрема оптимізації кормової бази, умов культивування, регулювання діapaузи та забезпечення повноцінного живлення імаго [7, 15].

Таким чином, удосконалення технології масового розведення трихограми є важливою складовою підвищення ефективності біологічного захисту рослин. Оптимізація умов культивування та забезпечення якісної кормової бази сприятимуть отриманню життєздатного ентомофага для екологічно безпечного контролю чисельності шкідників в агроценозах.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Загальна характеристика видів роду *Trichogramma* spp

Трихограма (*Trichogramma* spp.) – це рід паразитичних перетинчастокрилих комах (Hymenoptera: Trichogrammatidae), які належать до групи яйцепаразитів і відіграють важливу роль у природному регулюванні чисельності комах-фітофагів [2, 3]. Представники цього роду є ефективними ентомофагами, що широко застосовуються у біологічному захисті рослин для контролю чисельності лускокрилих шкідників (Lepidoptera), зокрема кукурудзяного стеблового метелика (*Ostrinia nubilalis*), капустяної совки (*Mamestra brassicae*), яблуневої плодожерки (*Cydia pomonella*) та інших небезпечних фітофагів [7, 19].

З систематичної точки зору, трихограма належить до царства Тварини (*Animalia*), типу Членистоногі (*Arthropoda*), класу Комахи (*Insecta*), ряду Перетинчастокрилі (*Hymenoptera*), родини Trichogrammatidae та роду *Trichogramma*. Представники цього роду характеризуються високим рівнем спеціалізації на паразитування на яйцях комах, що визначає їхні біологічні особливості [1, 4, 6].

Таблиця 1.1

Систематичне положення трихограми (*Trichogramma* spp.) [2, 3]

Таксономічний рівень	Назва
Домен	<i>Eukaryota</i>
Царство	<i>Animalia</i>
Тип	<i>Arthropoda</i>
Клас	<i>Insecta</i>
Ряд	<i>Hymenoptera</i>
Родина	<i>Trichogrammatidae</i>
Рід	<i>Trichogramma</i>

Рід *Trichogramma* включає понад 200 видів, поширених у різних кліматичних умовах. В Україні найбільш поширеними є *Trichogramma evanescens*, *Trichogramma pintoï* та *Trichogramma dendrolimi*, які широко використовуються у практиці біологічного захисту рослин [1, 19].



Рис. 1.1. Імаго трихограми (*Trichogramma evanescens*) [14].

В природних умовах види трихограми (*Trichogramma evanescens*, *T. pintoï*, *T. dendrolimi*) морфологічно дуже подібні та практично не відрізняються неозброєним оком. Їх ідентифікація здійснюється переважно за допомогою мікроскопічного аналізу морфологічних ознак або молекулярно-генетичних методів [14].



Рис. 1.2. Імаго трихограми (*Trichogramma pintoï*) [14].

Для представників роду *Trichogramma* важливе значення має аналіз їхньої зовнішньої будови на мікроскопічному рівні. Незважаючи на надзвичайно малі

розміри, ці ентомофаги мають характерні морфологічні ознаки, що використовуються для їх ідентифікації. До таких ознак належать форма та будова вусиків, структура очей, особливості крил і сегментація тіла [14, 16].

Особливу увагу приділяють будові антен (вусиків), які відіграють важливу роль у пошуку яєць господаря, а також деталям голови та грудей, що можуть відрізнятися у різних видів. Вивчення цих ознак здійснюється за допомогою мікроскопії, що дозволяє виявити навіть незначні морфологічні відмінності між близькими видами [14, 16].

На рисунку представлено мікрофотографії представників трихограми, що демонструють варіації морфологічної будови, зокрема відмінності у формі вусиків та загальній структурі тіла [12, 16].

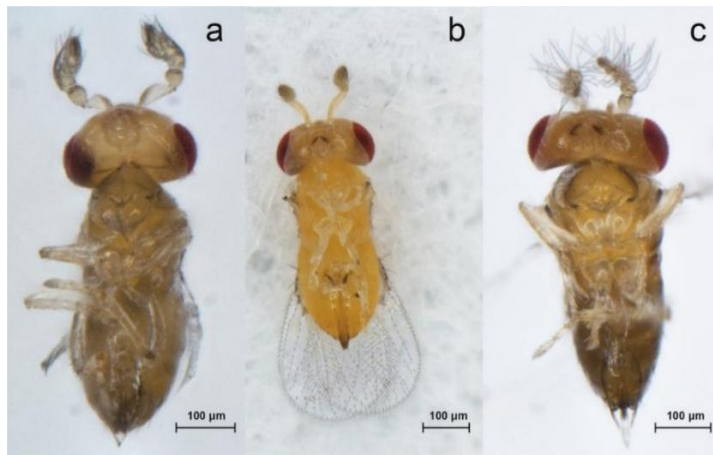


Рис. 1.3 – Імаго трихограми (*Trichogramma dendrolimi*) [14].

Імаго трихограми мають дуже малі розміри (0,2–1 мм), що дозволяє їм проникати у важкодоступні місця локалізації яєць господаря. Тіло світлого або жовтуватого-коричневого забарвлення, вкрите дрібними волосками. Вусики добре розвинені та виконують функцію органів чуття, що забезпечує пошук господаря [12, 16].

Крила трихограми мають волоскове покриття, що сприяє ефективному пересуванню у рослинному середовищі та пошуку яєць шкідників [14].



Рис. 1.4. Імаго трихограми (*Trichogramma spp.*) [14].

Життєвий цикл трихограми включає послідовні стадії яйця, личинки, лялечки та імаго. Розвиток ентомофага відбувається всередині яйця комахи-господаря, куди самка відкладає яйця за допомогою яйцекладу. Після цього розвиток трихограми відбувається приховано, використовуючи внутрішні ресурси яйця господаря. [1, 19].

На стадії личинки відбувається інтенсивне живлення вмістом яйця господаря, що призводить до повного руйнування його тканин і, відповідно, до загибелі шкідника. Личинка проходить кілька вікових стадій, після чого переходить у стадію лялечки, в якій відбуваються процеси метаморфозу та формування дорослої особини [1, 19].

Завершальною стадією є імаго — статевозріла особина, яка виходить із яйця господаря, прогризаючи його оболонку. Після виходу дорослі трихограми активно шукають нові яйця шкідників для паразитування, забезпечуючи таким чином подальше розмноження та біологічний контроль чисельності фітофагів [1, 11]

Тривалість розвитку трихограми залежить від умов середовища, насамперед температури та вологості, і за оптимальних умов може становити 7–10 діб, що забезпечує швидке відтворення популяції та ефективне її використання у біологічному захисті рослин [2, 5].

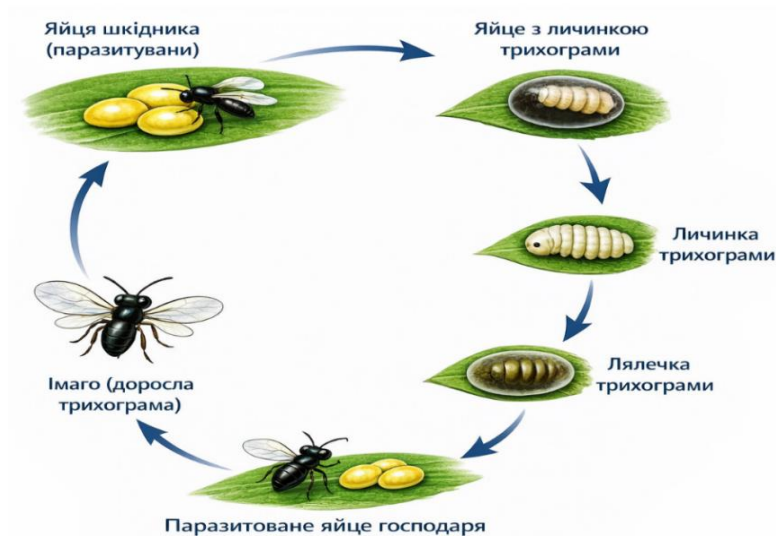


Рис. 1.5. Цикл розвитку трихограми (*Trichogramma spp.*) [1].

Тривалість розвитку трихограми залежить від температури та вологості. За оптимальних умов (22–28 °C) повний цикл розвитку триває 7–10 діб, що забезпечує швидке збільшення чисельності популяції [2, 10].

Плодючість самок трихограми є високою і може досягати 50–300 яєць. Для виду характерний гаплодиплоїдний механізм визначення статі, що впливає на структуру популяції [1, 19].

Поведінка трихограми характеризується здатністю до активного пошуку господаря за допомогою хімічних сигналів (кайромонів), що дозволяє знаходити яйця навіть за низької щільності популяції шкідників. Кайромони – це біологічно активні хімічні речовини, що виділяються організмами (зокрема яйцями шкідників або пошкодженими рослинами) і сприймаються трихограмою як сигнали для локалізації господаря [6, 14].

Ефективність розвитку трихограми залежить від комплексу факторів: температури, вологості, якості яйця господаря та умов середовища. Додаткове живлення дорослих особин (нектар, медвяна роса) підвищує їхню життєздатність [13, 15].

Практичне значення трихограми полягає в її широкому застосуванні в системах інтегрованого захисту рослин як ефективного біологічного агента

контролю чисельності шкідників. Використання трихограми дозволяє суттєво зменшити застосування хімічних засобів захисту рослин, що, у свою чергу, сприяє зниженню антропогенного навантаження на агроєкосистеми та підвищенню екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва [7, 15].

Вона застосовується для захисту широкого спектра культур, зокрема зернових, овочевих, технічних і плодових, де ефективно обмежує чисельність лускокрилих шкідників, запобігаючи їхньому масовому розмноженню [7].

Ефективність використання трихограми обумовлена її здатністю швидко знаходити яйця господаря, високою плодючістю та коротким циклом розвитку, що забезпечує оперативне реагування на зміну чисельності шкідників у польових умовах [1, 19]. Крім того, застосування цього ентомофага добре поєднується з іншими методами захисту рослин, зокрема агротехнічними та селекційними, що відповідає принципам інтегрованого захисту.

Важливим напрямом сучасного біологічного захисту рослин є масове розведення трихограми у спеціалізованих біолабораторіях із подальшим її випуском у природні агроценози. Такий підхід дозволяє отримувати значні обсяги життєздатного матеріалу, необхідного для ефективного контролю чисельності шкідників. У процесі лабораторного розведення використовують стандартизовані технології, що передбачають вирощування комах-господарів, отримання їхніх яєць та зараження їх трихограмою [7, 9].



Рис. 1.6. Вирощування комах-господаря у пластикових лотках (фото Д. Бабендрейсра) [15].

Застосування трихограми у виробничих умовах має низку переваг, серед яких екологічна безпечність, відсутність залишків пестицидів у продукції, збереження корисної ентомофауни та можливість багаторазового використання протягом вегетаційного періоду [6, 15]. Водночас ефективність її використання залежить від правильного підбору виду, строків випуску та відповідності умов середовища біологічним особливостям ентомофага [7, 15].

Для узагальнення основних біологічних характеристик трихограми доцільно використати табличну форму.

Таблиця 1.2

Основні біологічні параметри трихограми [2, 19]

Показник	Характеристика
Розмір імаго	0,2–1 мм
Тип паразитизму	Ендопаразит яєць комах
Тривалість розвитку	7–10 діб
Оптимальна температура	22–28 °С
Плодючість самки	50–300 яєць
Об'єкти паразитування	Яйця комах ряду Лускокрилі
Тип визначення статі	Гаплодиплоїдний
Додаткове живлення	Нектар, медвяна роса

Згідно з даними таблиці, трихограма характеризується високою репродуктивною здатністю, швидким розвитком та ефективністю паразитування, що визначає її значення як одного з ключових агентів біологічного захисту рослин [2, 19].

Отже, представники роду *Trichogramma* є високоспеціалізованими яйцепаразитичними ентомофагами, що відіграють важливу роль у природному регулюванні чисельності комах-фітофагів і широко застосовуються в біологічному

захисті рослин. Їхні біологічні особливості, зокрема короткий цикл розвитку, висока плодючість, здатність до активного пошуку господаря та адаптація до різних умов середовища, забезпечують їхнє ефективне використання в агроєкосистемах [2, 3].

Встановлено, що найбільш поширеними у практиці є види *Trichogramma evanescens*, *T. pintoi* та *T. dendrolimi*, які морфологічно дуже подібні та потребують застосування спеціальних методів ідентифікації, зокрема мікроскопічного аналізу та молекулярно-генетичних досліджень. Це свідчить про складність таксономічної диференціації представників роду та необхідність застосування сучасних підходів у їх вивченні [14, 18].

Важливе значення має також здатність трихограми ефективно паразитувати на яйцях широкого спектра шкідників, що зумовлює її універсальність як біологічного агента. Оптимальні показники розвитку та життєздатності забезпечуються за відповідних умов температури, вологості та наявності якісного господаря, що необхідно враховувати під час її лабораторного розведення [7, 9].

Сукупність морфологічних, екологічних та поведінкових характеристик визначає трихограму як одного з ключових агентів інтегрованого захисту рослин, що обґрунтовує доцільність її подальшого вивчення, удосконалення технологій масового розведення та розширення практичного застосування у сучасних агроєкосистемах [2, 15].

1.2. Види трихограми, які використовують у промисловому розведенні

Рід *Trichogramma* об'єднує велику групу яйцепаразитичних ентомофагів, що широко застосовують у біологічному захисті рослин. За даними сучасних підручників, у виробничих умовах використовують лише ті види, що мають високу ефективність паразитування, здатність до масового розведення та стабільні біологічні показники [2, 3]. Це обумовлено необхідністю отримання значної кількості життєздатного матеріалу, здатного ефективно функціонувати в умовах

агроценозів та забезпечувати контроль чисельності шкідників протягом усього вегетаційного періоду.

Вибір виду трихограми для лабораторного культивування визначається його біологічними властивостями. Зокрема, важливими є плодючість, тривалість розвитку, стійкість у лабораторних умовах та здатність використовувати альтернативних господарів, що забезпечує ефективність масового розведення ентомофага [1, 19]. Важливим є також рівень виживання на різних стадіях розвитку, що визначає стабільність популяції у процесі культивування та можливість її тривалого підтримання у виробничих умовах.

Важливе значення має також здатність трихограми до ефективного розселення у польових умовах, що забезпечує охоплення максимальної кількості яєць шкідників. Крім того, враховується її сумісність з іншими методами захисту рослин, зокрема агротехнічними та біологічними, що дає змогу використовувати її у складі інтегрованих систем захисту. Сукупність цих факторів визначає ефективність застосування трихограми та доцільність її використання у сучасному сільському господарстві [7].

Додатково враховують такі характеристики, як швидкість пошуку господаря, конкурентоспроможність серед інших ентомофагів і здатність адаптуватися до змін умов середовища. Сукупність цих ознак визначає придатність конкретного виду трихограми до використання у біолабораторіях та його ефективність у подальшому застосуванні в польових умовах [13].

Таблиця 1.3

Фактори, що визначають ефективність використання трихограм [7, 13]

№	Фактор	Наукова характеристика	Вплив на ефективність застосування
1	Швидкість пошуку господаря	Здатність імаго швидко виявляти яйця шкідників за допомогою хімічних сигналів (кайромонів)	Підвищує рівень паразитування навіть за низької щільності популяції шкідника
2	Конкурентоспроможність	Здатність витіснити інших ентомофагів та ефективно використовувати ресурс (яйця господаря)	Забезпечує стабільність популяції у природних умовах
3	Адаптивність	Екологічна пластичність до змін температури, вологості та інших факторів середовища	Дозволяє використовувати трихограму в різних агрокліматичних зонах
4	Плодючість	Кількість яєць, які самка відкладає протягом життя	Визначає швидкість наростання чисельності популяції
5	Розселення	Здатність активно переміщатися та освоювати нові ділянки	Забезпечує рівномірне покриття території та ефективний контроль шкідників
6	Якість господаря	Відповідність комах-господаря біологічним потребам трихограми	Впливає на розвиток, життєздатність і вихід імаго
7	Стійкість до умов культивування	Здатність зберігати біологічні властивості при багаторазовому розведенні	Забезпечує стабільність виробництва в біолабораторіях
8	Синхронізація з життєвим циклом шкідника	Узгодженість періоду активності трихограми з наявністю яєць господаря	Підвищує ефективність паразитування у польових умовах

Важливу роль також відіграють поведінкові особливості трихограми, зокрема її здатність орієнтуватися на хімічні сигнали (кайромони), що виділяються яйцями або рослинами, пошкодженими шкідниками. Це забезпечує ефективний пошук об'єктів паразитування навіть за низької щільності популяції господаря. Крім того, має значення співвідношення статей у популяції, оскільки переважання самок сприяє підвищенню рівня паразитування та загальної продуктивності ентомофага [14, 17].



Рис. 1.7. Пошук господаря трихограмою за допомогою антен (сприйняття хімічних сигналів – кайромонів) [14].

Не менш важливим є генетичний потенціал популяції, який визначає її здатність зберігати стабільні біологічні показники під час багаторазового лабораторного відтворення. Тривале культивування може призводити до зниження життєздатності або адаптаційних можливостей, що необхідно враховувати під час організації масового розведення [13].

Окрему увагу приділяють сумісності трихограми з комахами-господарями, оскільки не всі види однаково ефективно розвиваються на різних кормових об'єктах. Вибір оптимального господаря дозволяє підвищити вихід імаго, покращити якість отриманого матеріалу та забезпечити стабільність виробничого процесу [10].

Таким чином, комплексне врахування морфологічних, біологічних, поведінкових та екологічних характеристик трихограми є необхідною умовою її ефективного використання як у лабораторному культивуванні, так і у системах біологічного захисту рослин [7].

Важливим критерієм вибору виду трихограми для промислового розведення є також його біоекологічна відповідність умовам використання. Види, що застосовуються у виробничих біолабораторіях, повинні демонструвати не лише високу ефективність паразитування, а й стабільність розвитку в умовах штучного культивування. Це передбачає здатність до масового відтворення, збереження життєздатності протягом декількох поколінь та відсутність суттєвого зниження біологічних показників [7, 13].

Таблиця 1.4

Критерії відбору видів трихограми для промислового розведення [2, 13]

№	Критерій	Наукова характеристика
1	Плодючість	Висока репродуктивна здатність самок (здатність відкласти значну кількість яєць)
2	Тривалість розвитку	Короткий цикл розвитку (7–10 діб за оптимальних умов), що забезпечує швидке відтворення популяції
3	Стійкість	Здатність зберігати життєздатність у лабораторних умовах протягом кількох поколінь
4	Адаптивність	Висока екологічна пластичність та здатність пристосовуватися до різних умов середовища
5	Комаха-господар	Можливість використання доступних та технологічно придатних видів господарів для масового розведення

Крім того, суттєвим є показник синхронізації розвитку трихограми з фазами розвитку шкідника. Ефективність ентомофага значною мірою залежить від того, наскільки точно період активності імаго збігається з періодом наявності яєць господаря в природних умовах. Саме тому у виробництві часто використовують

кілька видів трихограми або їхні локальні популяції, адаптовані до конкретних агрокліматичних умов [7, 13].

Ефективність використання трихограми значною мірою визначається умовами навколишнього середовища, серед яких важливу роль відіграють температура, вологість та тривалість світлового дня. Зміна цих факторів впливає на швидкість розвитку, рівень плодючості та загальну життєздатність ентомофага [2, 10].

Не менш важливим фактором ефективного розведення трихограми є якість кормової бази, оскільки саме від характеристики яєць комах-господарів залежить розвиток ентомофага. Яйця повинні мати оптимальні розміри, поживну цінність та бути фізіологічно придатними для розвитку личинок трихограми. Встановлено, що використання неякісного або невідповідного господаря може призводити до зниження життєздатності, плодючості та загальної ефективності ентомофага [9, 13].

У виробничих умовах найчастіше використовують штучно вирощених комах-господарів, зокрема зернову міль (*Sitotroga cerealella*) та млинову вогнівку (*Ephestia kuehniella*), які відзначаються високою доступністю та технологічною зручністю вирощування. Використання таких видів дозволяє стандартизувати процес розведення, забезпечити рівномірну якість матеріалу та підвищити продуктивність біолабораторій [8, 10].

Важливим аспектом є також умови зберігання та обробки яєць господаря перед зараженням, оскільки їх фізіологічний стан безпосередньо впливає на успішність паразитування. Таким чином, оптимізація кормової бази є ключовим елементом технології масового розведення трихограми, що забезпечує отримання якісного ентомофага для подальшого використання у системах біологічного захисту рослин [7, 9].



Рис. 1.8. Комахи-господарі (*Sitotroga cerealella*, *Ephestia kuehniella*), що використовуються як кормова база для розведення трихограми [10].

Одним із найбільш поширених видів у практиці біологічного захисту рослин є *Trichogramma evanescens*. Локальні дослідження підтверджують його високу ефективність при паразитуванні яєць лускокрилих шкідників, а також можливість успішного використання у лабораторному розведенні з метою подальшого випуску в агроценози [1, 13].

Trichogramma pintoi також використовується в біолабораторіях і характеризується високою плодючістю та здатністю розвиватися на різних кормових об'єктах. Експериментально доведено можливість його вирощування на яйцях різних видів комах, що підвищує ефективність технологій масового виробництва [9, 13].

У сучасних наукових дослідженнях також розглядається *Trichogramma dendrolimi* як ефективний ентомофаг для контролю чисельності шкідників. Його використання пов'язане з високою адаптивністю та здатністю до ефективного паразитування у різних умовах середовища [3].

До видів, що застосовуються у зоні помірного клімату, належить також *Trichogramma embryophagum*. За даними наукових джерел, цей вид характеризується стабільністю розвитку та ефективністю в польових умовах, що зумовлює його використання в системах інтегрованого захисту рослин [2, 13].

Крім зазначених видів, у літературі описані й інші представники роду *Trichogramma*, зокрема *Trichogramma brassicae*, *Trichogramma ostriniae* та *Trichogramma chilonis*, які можуть використовуватися залежно від біології шкідника та умов вирощування. Їхнє застосування дозволяє підвищити ефективність біологічного методу захисту рослин [13].

Кожен із зазначених видів трихограми має свої біологічні особливості, що визначають доцільність його використання у конкретних умовах. *Trichogramma evanescens* характеризується широкою екологічною пластичністю та здатністю ефективно паразитувати яйця багатьох видів лускокрилих, що робить його універсальним видом для використання у різних агроценозах [1, 19].

Trichogramma pinto відзначається підвищеною репродуктивною здатністю та швидким розвитком, що є важливим для масового виробництва. Водночас *Trichogramma dendrolimi* характеризується високою ефективністю у контролі чисельності шкідників лісових та польових культур, а також здатністю адаптуватися до різних температурних режимів [7, 13].

Використання *Trichogramma embryophagum* доцільне у зонах помірного клімату, де цей вид демонструє стабільні показники виживаності та ефективності паразитування. Таким чином, вибір виду трихограми визначається не лише його біологічними властивостями, а й специфікою агроecosистеми [6].

Подальший розвиток біологічного захисту рослин пов'язаний із вдосконаленням технологій масового розведення трихограм. Особлива увага приділяється підбору виду залежно від екологічних умов та біології шкідника, що забезпечує підвищення ефективності використання ентомофагів у виробничих умовах [7, 13].

Таблиця 1.5

Основні види трихограми, що використовують для промислового розведення

Вид трихограми	Біологічні особливості	Основні об'єкти паразитування	Особливості лабораторного розведення	Культури де розселяють
<i>Trichogramma evanescens</i>	Висока екологічна пластичність, широкий спектр господарів, стабільна життєздатність	Яйця лускокрилих (кукурудзяний метелик, листокрутки)	Добре розвивається на зерновій молі (<i>Sitotroga cerealella</i>), стабільні показники при масовому розведенні	Зернові, технічні культури
<i>Trichogramma pintoï</i>	Висока плодючість, короткий цикл розвитку, інтенсивне розмноження	Яйця різних видів фітофагів	Висока адаптація до штучних кормових об'єктів, зручний для біолабораторій	Овочеві та польові культури
<i>Trichogramma dendrolimi</i>	Висока життєздатність, толерантність до температурних коливань	Кукурудзяний стебловий метелик та інші лускокрилі	Потребує стабільних температурних умов, ефективний при масовому виробництві	Кукурудза, польові культури
<i>Trichogramma embryophagum</i>	Добра адаптація до помірного клімату, стабільний розвиток	Яйця шкідників зернових культур	Помірні вимоги до умов вирощування, стабільна виживаність	Зернові культури

Як видно з таблиці, найбільш доцільними для промислового використання є *Trichogramma evanescens*, *Trichogramma pintoi*, *Trichogramma dendrolimi* та *Trichogramma embryophagum*, тоді як вибір комах-господарів (*Sitotroga cerealella*, *Ephestia kuehniella*) визначається технологією масового розведення [2, 13].

У промисловому розведенні використовуються види трихограми, що поєднують високу ефективність паразитування, адаптивність та технологічну придатність до масового культивування. Встановлено, що найбільшого практичного значення набули *Trichogramma evanescens*, *T. pintoi*, *T. dendrolimi* та *T. embryophagum*, які характеризуються сприятливими біологічними показниками та стабільністю розвитку в умовах лабораторного культивування [6, 13].

Показано, що вибір конкретного виду визначається сукупністю факторів, серед яких вирішальне значення мають біоекологічні особливості ентомофага, специфіка шкідника та умови середовища. Важливими є також показники плодючості, тривалості розвитку, життєздатності та здатності до використання різних видів комах-господарів [7, 13].

Таким чином, ефективність застосування трихограми у біологічному захисті рослин безпосередньо залежить від правильного підбору виду з урахуванням його біологічних властивостей та умов використання, що обґрунтовує необхідність подальшого вдосконалення технологій її масового розведення та практичного застосування [7].

1.3. Сучасні технології масового вирощування трихограми

Сучасні технології масового вирощування ендопаразита трихограми є ключовим елементом біологічного захисту рослин. Вони базуються на поєднанні класичних методів культивування з інноваційними підходами до автоматизації та контролю якості біоматеріалу [22, 24]. Ефективність застосування трихограми значною мірою залежить від рівня організації виробничого процесу. До важливих факторів належать правильний підбір комах-господаря, дотримання оптимальних

умов розвитку та використання сучасного технологічного обладнання [7, 13]. Важливими складовими є підтримання стабільних параметрів температури, вологості та фотоперіоду. Це забезпечує синхронізований розвиток як господаря, так і ентомофага [9, 10].

У традиційних системах розведення основою є використання яєць комах-господарів як субстрату для розвитку трихограми. Серед них найбільш поширеною є зернова міль *Sitotroga cerealella*. Вона характеризується високою технологічністю, доступністю та простотою культивування [8, 10]. Її використання дає змогу отримувати значні обсяги однорідного біоматеріалу. Це є важливою умовою для стабільного виробництва ентомофага.

Технологічний процес масового розведення трихограми включає кілька послідовних етапів: вирощування комах-господаря, отримання та підготовка яєць, їх очищення або знезараження, зараження яєць трихограмою та подальший розвиток ентомофага до стадії імаго. На кожному етапі здійснюється контроль якості, який включає оцінку життєздатності, рівня паразитування та співвідношення статей у популяції [7, 13].

Сучасні підходи до вдосконалення технологій вирощування передбачають застосування автоматизованих систем подачі корму та використання кліматичних камер. Також використовуються методи стерилізації, наприклад, ультрафіолетове опромінення. Це сприяє підвищенню якості яєць господаря та зниженню рівня контамінації [15]. Крім того, впроваджуються стандартизовані технології виробництва. Це дозволяє мінімізувати втрати та забезпечити стабільність технологічного процесу [7, 9].

Таким чином, сучасні технології масового вирощування трихограми є складною багатокomпонентною системою, що поєднує біологічні, технологічні та організаційні аспекти. Їх удосконалення сприяє підвищенню ефективності

біологічного захисту рослин і розширенню практичного використання трихограми в аграрному виробництві [7, 15].

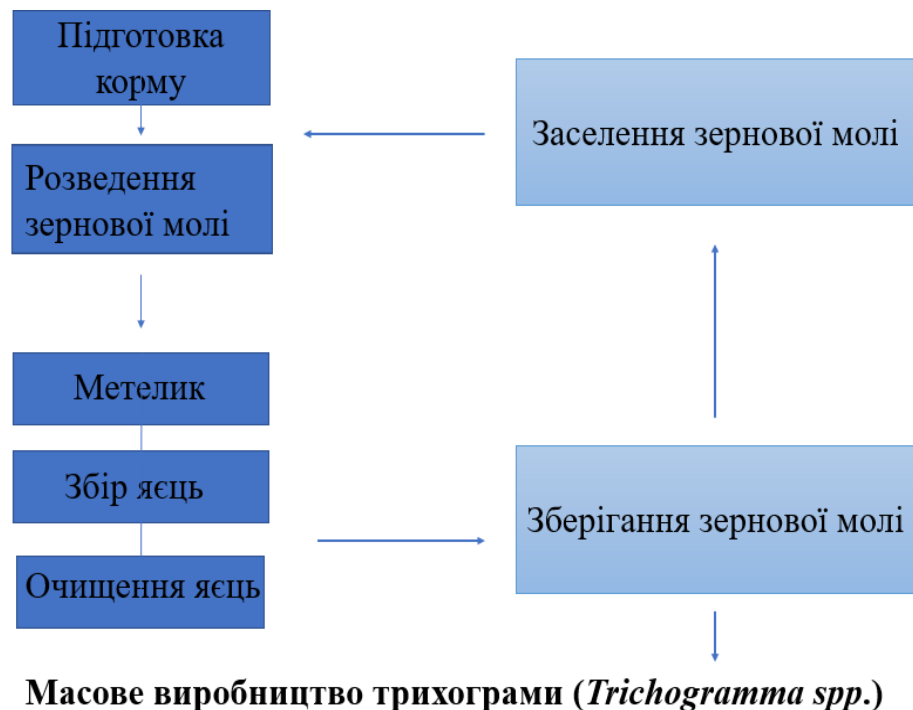


Рис. 1.9. Схема масового розведення трихограми з використанням зернової молі (*Sitotroga cerealella*) як комахи-господаря [9].

Поряд із цим у практиці застосовуються й інші види господарів, зокрема млинова вогнівка *Ephestia kuehniella*, велика воскова міль *Galleria mellonella*, кукурудзяний стебловий метелик *Ostrinia nubilalis* та капустяна совка *Mamestra brassicae*. Альтернативні господарі дають змогу змінювати якісні показники трихограми. На життєздатність, плодючість і біологічну ефективність ентомофага безпосередньо впливають поживність яєць та їхні морфологічні особливості [10, 13]. Встановлено, що більші за розміром і більш поживні яйця (*Galleria mellonella*) сприяють формуванню більш життєздатних особин. Проте їх використання обмежується високою собівартістю [10]. У виробничих умовах перевагу надають компромісним варіантам, насамперед *Sitotroga cerealella* та *Ephestia kuehniella*.

Традиційна технологія масового розведення трихограми передбачає кілька послідовних етапів. Спочатку отримують культуру комахи-господаря. Далі

збирають і готують яйця, включаючи їх знезараження або інактивацію ембріонального розвитку. Потім здійснюють зараження трихограмою і вирощують до стадії імаго [7, 13]. Важливий етап — контроль умов середовища: температури (22–25 °C), відносної вологості (60–80 %) та фотоперіоду. Це забезпечує оптимальну швидкість розвитку і якість біоматеріалу [9, 10]. Такі підходи застосовують в Україні, де функціонують біолабораторії середньої потужності [2, 9].

Водночас у провідних країнах світу (США, Китай, Франція, Нідерланди) спостерігається перехід до індустріалізованих технологій виробництва трихограми. Зокрема, за кордоном широко використовуються автоматизовані лінії, що забезпечують масове отримання яєць господаря. Крім цього, вони забезпечують їх рівномірне нанесення на спеціальні носії (картки, стрічки, гранули) та стандартизоване зараження ентомофагом [15]. Характерною рисою таких технологій є застосування високопродуктивних систем розведення *Ephesia kuehniella*, яка вважається більш якісним кормовим об'єктом порівняно із зерновою міллю [13]. Додатково використовуються кліматичні камери з точним регулюванням параметрів середовища, що дозволяє програмувати розвиток трихограми та синхронізувати її випуск із фенологією шкідника [15, 25, 26].

Таблиця 1.6

Основні комахи-господарі для вирощування трихограми [10, 11]

Вид комах-господаря Латинська назва	Біологічні особливості яєць	Переваги використання	Недоліки використання
Зернова міль (<i>Sitotroga cerealella</i>)	Дрібні яйця, тонка оболонка	Найбільш поширений об'єкт, простий у розведенні	Потребує постійного підтримання культури
Млинова вогнівка (<i>Ephestia kuehniella</i>)	Яйця середнього розміру, висока поживність	Забезпечує високоякісний розвиток трихограми	Складніша та затратніша технологія вирощування
Велика воскова міль (<i>Galleria mellonella</i>)	Великі яйця, багаті поживними речовинами	Сприяє швидкому розвитку ентомофага	Висока собівартість утримання
Кукурудзяний стебловий метелик (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	Яйця відкладаються групами	Природний господар, висока ефективність у полі	Складний для масового лабораторного розведення
Капустяна совка (<i>Mamestra brassicae</i>)	Яйця середнього розміру	Може використовуватись у дослідженнях	Обмежене практичне застосування
Дубовий шовкопряд (<i>Antheraea pernyi</i>)	Великі яйця, щільна оболонка, висока поживна цінність	Забезпечує формування великих і життєздатних особин трихограми, використовується у наукових дослідженнях	Висока вартість утримання, складність масового розведення, обмежене використання у виробничих умовах

Суттєвою відмінністю зарубіжних технологій є впровадження систем контролю якості, які включають оцінку рівня паразитування, життєздатності, співвідношення статей та льотної активності імаго [15, 20]. Крім того, у деяких країнах застосовують молекулярно-генетичні методи ідентифікації видів трихограми, що дозволяють підтримувати генетичну чистоту культур і запобігати їх деградації [14]. Додатково швидко розвиваються методи механізованого та авіаційного внесення трихограми в агроценози; для цього використовують безпілотні літальні апарати, що значно підвищує ефективність біологічного захисту [15, 27].

Отже, порівняльний аналіз показує, що в Україні переважають прості та економічно доступні технології масового розведення трихограми. Вони базуються на використанні зернової молі та на ручних або напівмеханізованих процесах. На відміну від цього, за кордоном домінують високотехнологічні автоматизовані системи, орієнтовані на стандартизацію виробництва та підвищення якості ентомофагів [9, 15]. Тому подальший розвиток вітчизняних біолабораторій має бути спрямований на впровадження інноваційних технологій, що дозволить підвищити ефективність біологічного методу захисту рослин і забезпечити його конкурентоспроможність на міжнародному рівні [7, 20].

1.4. Використання видів роду трихограми у технологіях інтегрованого захисту рослин

Трихограма (*Trichogramma spp.*) є одним із найбільш ефективних агентів біологічного захисту рослин, що широко застосовується для регулювання чисельності комах-фітофагів, передусім представників ряду *Lepidoptera*. Її біологічна особливість полягає у здатності паразитувати яйця шкідників, запобігаючи розвитку личинок ще до моменту пошкодження рослин, що забезпечує високу ефективність біологічного контролю. Завдяки цьому трихограма посідає важливе місце у сучасних інтегрованих системах захисту рослин, орієнтованих на

зменшення застосування хімічних засобів та підвищення екологічної безпеки агровиробництва [19, 27].

Важливою перевагою трихограми є її висока біологічна пластичність і здатність адаптуватися до різних агрокліматичних умов. Це дозволяє ефективно використовувати її як у відкритому ґрунті, так і в умовах закритого ґрунту, зокрема у тепличних господарствах. Завдяки короткому життєвому циклу та високій плідності трихограма здатна швидко нарощувати чисельність популяції, що забезпечує оперативну реакцію на зростання чисельності шкідників [2, 17].

Крім того, трихограма характеризується здатністю до активного пошуку господаря, використовуючи хімічні сигнали (кайромони), що виділяються яйцями шкідників або пошкодженими рослинами. Це дозволяє їй ефективно локалізувати об'єкти паразитування навіть за низької щільності популяції фітофагів. Така поведінкова адаптація значно підвищує результативність її застосування у польових умовах [14, 17].

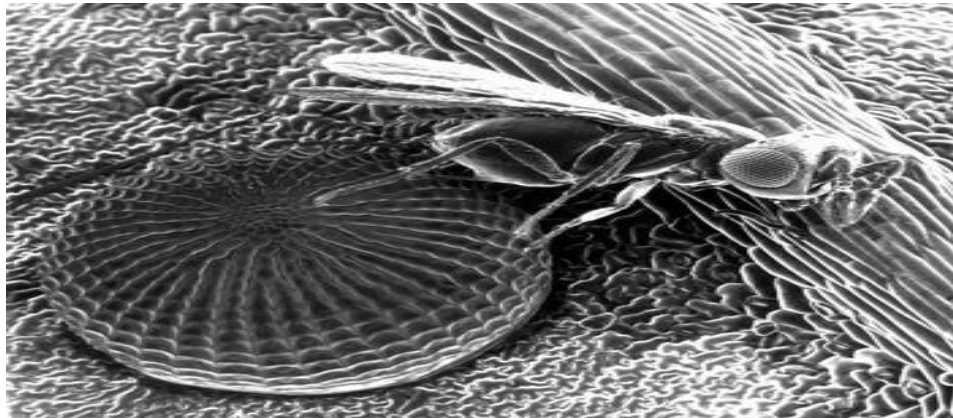


Рис. 1.10. Паразитування яєць шкідників трихограмою [14].

Не менш важливою є екологічна безпечність використання трихограми. На відміну від хімічних інсектицидів, вона не накопичується в навколишньому середовищі, не забруднює ґрунт і воду та не чинить негативного впливу на корисну ентомофауну, зокрема запилювачів. Це робить її незамінним елементом систем органічного землеробства та сталого розвитку аграрного виробництва [6, 27].

Таким чином, трихограма поєднує у собі високі біологічні показники, екологічну безпечність та технологічну придатність до масового використання, що зумовлює її значення як одного з ключових агентів біологічного захисту рослин у сучасних агроecosистемах [19, 27].

Практичне використання трихограми (*Trichogramma spp.*) охоплює широкий спектр сільськогосподарських культур, серед яких провідне місце займають зернові, овочеві, плодові та технічні культури. Це зумовлено її здатністю ефективно паразитувати яйця багатьох видів лускокрилих шкідників, які є одними з найбільш шкочинних у сучасному агровиробництві. Застосування трихограми дозволяє знижувати чисельність фітофагів на ранніх етапах їх розвитку, що суттєво зменшує втрати врожаю та підвищує ефективність захисних заходів [7, 15].

На посівах кукурудзи трихограма широко використовується для контролю чисельності кукурудзяного стеблового метелика (*Ostrinia nubilalis*), який пошкоджує стебла та качани, знижуючи врожайність і якість продукції. Внесення трихограми проводиться у період яйцекладки шкідника, що дає змогу досягти високого рівня паразитування та запобігти розвитку личинок. У багатьох випадках застосування трихограми дає змогу повністю відмовитися від використання хімічних інсектицидів або значно зменшити їх кількість [30].

У овочівництві трихограма ефективно використовується проти капустяної совки (*Mamestra brassicae*), а також інших видів нічних метеликів, що пошкоджують листову поверхню та генеративні органи рослин. Особливо важливим є її застосування у системах інтегрованого захисту овочевих культур, де необхідно забезпечити екологічну безпечність продукції. У тепличних умовах трихограма також може застосовуватися для контролю шкідників томатів і перцю, зокрема мінуючої молі (*Tuta absoluta*), що є серйозною проблемою у закритому ґрунті [28].

У садівництві трихограма використовується для боротьби з яблуною плодожеркою (*Cydia pomonella*), яка є одним із найнебезпечніших шкідників плодових культур. Її застосування дозволяє знизити пошкодженість плодів і підвищити їхню товарну якість. У багаторічних насадженнях трихограма може застосовуватися кілька разів протягом вегетаційного періоду, що забезпечує стабільний контроль чисельності шкідника [11].

Крім того, трихограма активно використовується для захисту технічних культур, зокрема соняшнику, від бавовникової совки (*Helicoverpa armigera*), яка здатна пошкоджувати кошики та насіння. Ефективність її застосування залежить від своєчасності внесення та погодних умов, однак за оптимальних умов вона забезпечує значне зниження чисельності шкідника [29].

Таблиця 1.7

Застосування трихограми у захисті сільськогосподарських культур

№	Культура	Основний шкідник	Вид трихограми	Особливості застосування	Біологічна ефективність
1	Кукурудза	<i>Ostrinia nubilalis</i>	<i>Trichogramma evanescens</i>	Внесення у фазу яйцекладки шкідника, 2–3 випуски за сезон	Висока (до 80–90 %)
2	Капуста	<i>Mamestra brassicae</i>	<i>T. pinto</i>	Використання у відкритому ґрунті та теплицях, сумісна з біометодами	Середня–висока (60–80 %)
3	Яблуня	<i>Cydia pomonella</i>	<i>T. dendrolimi</i>	Багаторазове внесення протягом вегетації, особливо ефективна в садах	Висока (70–90 %)
4	Соняшник	<i>Helicoverpa armigera</i>	<i>T. evanescens</i>	Застосовується при масовій яйцекладці, залежить від погодних умов	Середня (50–70 %)
5	Томати	<i>Tuta absoluta</i>	<i>T. pretiosum</i>	Використовується у тепличних господарствах, потребує регулярного внесення	Висока (70–85 %)

Як видно з таблиці, трихограма застосовується на різних культурах і забезпечує ефективний контроль широкого спектра шкідників, що свідчить про її універсальність як біологічного агента [19, 27].

Таким чином, використання трихограми у різних галузях рослинництва дозволяє ефективно контролювати чисельність основних фітофагів, зменшувати застосування пестицидів та підвищувати екологічну безпечність сільськогосподарської продукції. Її універсальність, висока ефективність та сумісність з іншими методами захисту рослин визначають важливе місце трихограми у сучасних технологіях інтегрованого захисту рослин [27, 31, 32].

Ефективність застосування трихограми значною мірою залежить від правильного підбору виду ентомофага, синхронізації його випуску з періодом яйцекладки шкідника та умов середовища. Вирішальне значення має відповідність біологічних особливостей трихограми конкретному виду фітофага, що забезпечує високий рівень паразитування його яєць. Не менш важливим є своєчасне внесення ентомофага, оскільки максимальна ефективність досягається за наявності достатньої кількості свіжовідкладених яєць шкідника у агроценозі [7, 13].

Суттєвий вплив на результативність застосування трихограми мають абіотичні фактори, зокрема температура повітря, відносна вологість і фотоперіод. Оптимальні умови сприяють активності імаго, підвищують їхню життєздатність і забезпечують ефективний пошук господаря. За несприятливих умов (низькі або надто високі температури, дефіцит вологи) активність трихограми знижується, що негативно позначається на рівні паразитування [9, 10].

За оптимальних умов рівень паразитування може досягати 60–90 %, що дає змогу суттєво знизити чисельність фітофагів і мінімізувати їхній шкідливий вплив на сільськогосподарські культури. У деяких випадках застосування трихограми забезпечує ефективність, співставну з хімічними методами захисту, що робить її перспективним компонентом інтегрованих систем захисту рослин [19, 31].

У практиці застосування трихограми використовуються різні способи її внесення, що постійно вдосконалюються відповідно до сучасних вимог аграрного виробництва. Традиційно застосовуються паперові картки або капсули, що містять паразитовані яйця комах-господарів, які розміщують безпосередньо на рослинах або рівномірно розподіляють по площі посіву. Такий метод є відносно простим у реалізації, не потребує складного обладнання та широко використовується у дрібних і середніх господарствах. Після розміщення карток із яєць виходять імаго трихограми, які активно розселяються та здійснюють пошук яєць шкідників для паразитування [9, 13].

Разом із тим традиційні методи мають певні обмеження, зокрема нерівномірний розподіл ентомофагів, залежність від людського чинника та значні трудові витрати під час обробки великих площ. У зв'язку з цим у сучасному сільському господарстві все більшого поширення набувають механізовані способи внесення, які забезпечують точніше дозування та рівномірніше розселення трихограми. До таких методів належать використання спеціалізованих розподільчих пристроїв, що встановлюються на сільськогосподарську техніку [7, 13].

Особливо перспективним напрямом є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які дозволяють здійснювати внесення трихограми на великі площі за короткий час. Використання дронів забезпечує рівномірний розподіл біоматеріалу, зменшує витрати праці та дає змогу працювати у важкодоступних або великих за площею агроценозах. Крім того, поєднання БПЛА з системами точного землеробства дозволяє оптимізувати строки та норми внесення ентомофага з урахуванням просторового розподілу шкідників [15, 27].

Таким чином, розвиток технологій внесення трихограми спрямований на підвищення точності, ефективності та економічної доцільності її застосування, що

є важливою умовою успішного впровадження біологічного методу захисту рослин у сучасних агротехнологіях [27, 31].



Рис. 1.11. Сучасні способи внесення трихограми у посівах [15].

Перевагами використання трихограми є її екологічна безпечність, відсутність негативного впливу на корисних організмів, можливість застосування в органічному землеробстві та відсутність розвитку резистентності у шкідників. На відміну від хімічних засобів, трихограма не накопичується у навколишньому середовищі. Вона не спричиняє забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Також негативно не впливає на ентомофауну, зокрема на запилювачів. Це робить її важливим компонентом екологічно орієнтованих систем землеробства та сприяє формуванню стабільних агроєкосистем [27, 31].

Важливою перевагою є її висока селективність. Трихограма паразитує переважно яйця певних груп шкідників, не порушуючи біологічної рівноваги в агроценозах. Вона добре поєднується з іншими методами захисту рослин, зокрема з агротехнічними та біологічними заходами. Це дозволяє ефективно інтегрувати її у системи інтегрованого захисту рослин [7, 27].

Водночас ефективність застосування трихограми залежить від низки факторів, серед яких ключове значення мають погодні умови, якість біоматеріалу та правильність визначення строків внесення. Значні коливання температури або вологості можуть впливати на активність імаго та їхню здатність до пошуку

господаря. Не менш важливим є використання високоякісного біоматеріалу з оптимальними показниками життєздатності та співвідношення статей, що безпосередньо впливає на результативність біологічного контролю [9, 13].

Таким чином, трихограма є універсальним і перспективним засобом біологічного захисту рослин, який забезпечує ефективний контроль чисельності шкідників на різних культурах. Її застосування сприяє зменшенню хімічного навантаження на довкілля, підвищенню екологічної безпеки агровиробництва та розвитку сучасних інтегрованих систем захисту рослин. Подальше вдосконалення технологій масового розведення та методів внесення трихограми відкриває нові можливості для підвищення ефективності її використання у сільському господарстві [19, 27].

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце, умови та період проведення досліджень

Комплекс лабораторних досліджень дипломної роботи проводився протягом 2025–2026 рр. на кафедрі ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Ознайомлення з особливостями масового розведення трихограми здійснювали на базі Приватного підприємства «Агрономіка» (Черкаська обл., м. Кам'янка), яке спеціалізується на вирощуванні ентомофагів для біологічного захисту рослин. Біолабораторія забезпечує культивування як господарів для трихограми, так і самих паразитів, що дає змогу отримувати високоякісний біоматеріал для використання в агроценозах.

На момент проведення досліджень у біолабораторії культивували основні види комах, що застосовуються у технології розведення трихограми, зокрема зернову міль (*Sitotroga cerealella*), яйця якої використовуються як субстрат для паразитування, а також різні види роду *Trichogramma* (*Trichogramma evanescens*, *Trichogramma pintoi*, *Trichogramma dendrolimi*, *Trichogramma brassicae*). Крім того, підтримувалися культури інших ентомофагів, що свідчить про комплексний підхід до біологічного захисту.

Біолабораторія має чітко структуровану організацію виробничого процесу та складається з окремих спеціалізованих приміщень (цехів), кожне з яких виконує визначену функцію у технологічному циклі розведення трихограми. Зокрема, для вирощування зернової молі обладнано окремі кімнати, оснащені інсектаріями для утримання імаго та отримання яйцепродукції. Для цього використовують спеціальні садки та ємності, а також металеві піддони для підготовки кормового субстрату (зерна ячменю).

Ключовим етапом технології є зараження яєць господаря трихограмою, яке проводиться в окремих ізольованих приміщеннях із контрольованими умовами

середовища. Це дозволяє уникнути контамінації та забезпечити високу ефективність паразитування.

Важливу роль у виробничому процесі відіграють приміщення для інкубації заражених яєць, де підтримуються оптимальні параметри температури, вологості та освітлення, необхідні для розвитку трихограми. Після завершення розвитку здійснюється підготовка біоматеріалу до зберігання або реалізації.

Окрім цього, у біолабораторії передбачені спеціальні камери для коротко- та довгострокового зберігання біоматеріалу, в яких підтримуються стабільні мікрокліматичні режими. Такі умови забезпечують збереження життєздатності трихограми та синхронізацію її використання з фенологією шкідників у польових умовах.

2.2. Матеріали для проведення досліджень.

Під час проведення лабораторних досліджень, пов'язаних із розведенням трихограми, використовували сучасне лабораторне обладнання, прилади спостереження та спеціалізовані матеріали, що забезпечують контроль за розвитком ентомофага на всіх етапах його культивування. Для морфологічного аналізу, ідентифікації та обліку особин застосовували стереоскопічний мікроскоп SIGETA MS-220 (7×–180× LED), який дозволяє досліджувати дрібних комах і їхні яйця у відбитому світлі. Для більш детального вивчення анатомічних структур використовували мікроскоп SIGETA MB-302 (40×–1600× LED Trino), оснащений цифровою камерою SIGETA HDC-14000 HDMI, яка забезпечувала фото- та відеофіксацію результатів досліджень. Оперативні спостереження проводили за допомогою цифрового мікроскопа SIGETA HandView (20–500×, 5.0 Mpx), який є зручним для швидкої оцінки стану біоматеріалу.

Для відлову комах використовували ентомологічний сачок Light 40X, а також допоміжні інструменти — пінцети, препарувальні голки, лупи та лабораторні планшети. Контроль мікрокліматичних умов у приміщеннях здійснювали за

допомогою термометрів і гігрометрів, що дозволяло підтримувати оптимальні параметри температури та відносної вологості для розвитку трихограми.



Рис. 2.1. Прилади, що використовувалися під час досліджень

Для забезпечення технологічного процесу розведення трихограми (*Trichogramma spp.*) та її лабораторного господаря – зернової молі (*Sitotroga cerealella*) – використовували стандартний лабораторний посуд (чашки Петрі, колби, мірні ємності), пластикові контейнери, а також інсектарії різних типів і розмірів. Вирощування культури господаря здійснювали у спеціально підготовлених ємностях із кормовим субстратом.

Отримання яйцепродукції зернової молі проводили за допомогою спеціальних яйцезбірників, що забезпечують рівномірний збір та мінімізацію пошкодження яєць (рис.7). Перед зараженням трихограмою яйця господаря піддавали інактивації (ультрафіолетове опромінення або термічна обробка), після чого їх використовували як субстрат для паразитування.

Зараження яєць здійснювали в ізольованих інсектаріях або камерах, що забезпечували контроль щільності заселення та рівня паразитування. Для перенесення імаго трихограми та роботи з дрібними об'єктами використовували електричний екстаустер.

Інкубацію паразитованих яєць проводили в умовах регульованого мікроклімату (термостати або кліматичні камери), що дозволяло підтримувати

оптимальні параметри розвитку. Для зберігання біоматеріалу застосовували холодильні установки, які забезпечують пролонгацію життєздатності трихограми та можливість синхронізації її використання з фазами розвитку шкідників у польових умовах.

2.3. Методика проведення досліджень.

Лабораторні дослідження були спрямовані на вивчення особливостей культивування трихограми (*Trichogramma spp.*), визначення оптимальних умов її діапаузування та оптимізацію складу кормового середовища для лабораторного господаря – млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*).



Рис. 2.2. Процес проведення лабораторних досліджень

Розведення трихограми здійснювали в умовах лабораторного інсектарію за контрольованих параметрів мікроклімату. Температуру підтримували на рівні 24 – 26 °С, відносну вологість повітря – 60 – 75 %, фотоперіод становив 16:8 (світло:темрява). Як субстрат для розвитку використовували інактивовані яйця млинової вогнівки.



Рис. 2.3. Імаго трихограми, процес визначення статевого індексу

Перед зараженням яйця господаря піддавали ультрафіолетовому опроміненню протягом 20–30 хв з метою припинення розвитку ембріона без втрати

їх придатності до паразитування. Після цього яйця рівномірно наносили на паперові носії (картки) і розміщували в інсектаріях разом із імаго трихограми.

Зараження проводили за співвідношення самок трихограми до яєць господаря 1:10 – 1:20. Тривалість експозиції становила 24 години, після чого заражений матеріал переносили в умови інкубації. Розвиток трихограми контролювали щоденно, фіксуючи зміну забарвлення яєць (потемніння як ознака паразитування) та строки виходу імаго.



Рис. 2.4 Процес визначення якісних показників лабораторних культур трихограми

Для визначення оптимальних умов індукції діпаузи трихограми використовували варіювання температурного режиму та фотоперіоду. Дослідження проводили у кількох варіантах, де змінювали: температуру (8–10 °С; 10–12 °С; 12–14 °С); відносну вологість (70–80 %); тривалість світлового дня (8:16; 10:14).

Заражені яйця на певній стадії розвитку (переважно передлялечковій) поміщали у відповідні умови для індукції діпаузи. Тривалість зберігання становила від 15 до 60 діб.

Оцінку ефективності діапаузування проводили за такими показниками: відсоток особин, що перейшли в стан діапаузи; виживаність після виходу з діапаузи; відсоток виходу імаго; репродуктивна здатність отриманих особин. Після завершення періоду зберігання матеріал переносили в оптимальні умови культивування (24–26 °C), де визначали здатність трихограми до відновлення розвитку.

Оптимізацію кормового середовища проводили для підвищення якості яєць млинової вогнівки як господаря трихограми. У дослідженнях використовували різні варіанти кормового субстрату на основі зернопродуктів (пшеничне борошно, висівки) з додаванням поживних компонентів.

Формували такі варіанти досліду:

- Контроль (пшеничне борошно 97% + дріжджі 3%)
- Варіант 1 (пшеничне борошно 50% + кукурудзяне борошно 47% + дріжджі 3%)
- Варіант 2 (висівки 60% + мелений ячмінь 37% + дріжджі 3%)
- Варіант 3 (варіант 2 + глюкоза + гліцерин)
- Варіант 4 (варіант 2 + ліпіди (олія/горіхи) + вітамінні добавки)

Кормовий субстрат попередньо просіювали, за потреби зволожували та термічно обробляли. Після охолодження його заселяли яйцями млинової вогнівки та вирощували в однакових умовах. Ефективність кормових середовищ оцінювали за такими показниками: тривалість розвитку млинової вогнівки; вихід імаго; кількість отриманої яйцепродукції; життєздатність яєць; рівень паразитування трихограмою.

Отримані результати обробляли статистично з використанням методів варіаційної статистики, що дозволило визначити оптимальний склад кормового середовища для підвищення ефективності розведення трихограми.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАБОРАТОРНОГО РОЗВЕДЕННЯ ЕНДОПАРАЗИТА ТРИХОГРАМИ (*TRICHOGRAMMA* SPP.)

3.1. Оптимізація складу кормового середовища комах - господаря млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*)

Відомо, що пшеничне борошно, пшеничні висівки, кукурудзяне борошно та крупа рекомендовані для вирощування млинової вогнівки. Аналіз даних, наведених у таблиці 3.1., свідчить про суттєвий вплив складу поживного середовища на біологічні показники розвитку млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*). Результати експериментів демонструють, що різні комбінації білкових, вуглеводних та ліпідних компонентів по-різному впливають на тривалість розвитку, виживання личинок, вихід імаго та плодючість самок.

Таблиця 3.1

Вплив поживного середовища на біологічні показники млинової вогнівки

Варіант	Тривалість розвитку, діб	Виживання личинок, %	Вихід імаго, %	Плодючість самок
Контроль (пшеничне борошно 97% + дріжджі 3%)	45,21±1,03	75,61±2,14	74,41±3,47	254,49
Варіант 1 (пшеничне борошно 50% + кукурудзяне борошно 47% + дріжджі 3%)	38,10±2,21	85,81±3,48	80,17±4,14	326,11
Варіант 2 (висівки 60% + мелений ячмінь 37% + дріжджі 3%)	35,74±1,85	90,22±3,07	85,25±2,01	357,24
Варіант 3 (варіант 2 + глюкоза + гліцерин)	32,24±2,36	92,58±3,67	90,98±3,12	384,04
Варіант 4 (варіант 2 + ліпіди (олія/горіхи) + вітамінні добавки)	33,36±1,45	95,13±2,74	92,02±4,58	397,25

У контрольному варіанті, що включав лише пшеничне борошно та дріжджі, тривалість розвитку личинок становила 45,21 доби, виживання – 75,61 %, вихід імаго – 74,41 %, а середня плодючість самок – 254,49 яйця. Це дозволяє розглядати базовий склад як стартовий для лабораторного розведення.

Варіант 1, до складу якого входила суміш пшеничного та кукурудзяного борошна з дріжджами, забезпечив скорочення тривалості розвитку до 38,10 доби та підвищення виживання до 85,81%. Плодючість самок зросла до 326,11 яйця, а вихід імаго становив 80,17 %, що свідчить про підвищення поживної цінності середовища.

Варіант 2 (висівки + мелений ячмінь + дріжджі) характеризувався ще вищими показниками: тривалість розвитку скоротилася до 35,74 доби, виживання досягло 90,22%, вихід імаго – 85,25%, а плодючість самок – 357,24 яйця. Це свідчить про оптимальний баланс поживних речовин для розвитку личинок.

Додавання до складу середовища глюкози та гліцерину (Варіант 3) підвищило енергетичну забезпеченість і вологість субстрату, що позитивно вплинуло на біологічні показники: виживання зросло до 92,58 %, тривалість розвитку скоротилася до 32,24 доби, плодючість самок досягла 384,04 яйця, а вихід імаго становив 90,98 %.

Найвищі показники продуктивності отримано у варіанті 4, де до поживного середовища додавали ліпіди та вітамінні добавки. Виживання личинок досягло 95,13 %, вихід імаго – 92,02 %, тривалість розвитку становила 33,36 доби, а плодючість самок – 397,25 яйця. Цей варіант демонструє максимальну ефективність поживного середовища для лабораторного розведення *Ephestia kuehniella*.

Таблиця 3.2.

**Варіанти штучного поживного середовища для розвитку гусениць
млинової вогнівки**

Харчові компоненти	Склад поживного середовища	Співвідношення (кг)
Основні інгредієнти, розрахунок на 1 кг ШПС		
Білки (основа ШПС)	Пшеничне борошно + Харчові дріжджі (рекомендовано для гусениць щойно відроджених з яйця)	0,970 (97%) 0,030 (3%)
	Пшеничне борошно + Кукурудзяне борошно + Харчові дріжджі (рекомендовано для гусениць щойно відроджених з яйця)	0,500 (50%) 0,470 (47%) 0,030 (3%)
	Пшеничні висівки (або кукурудзяна крупа) + Мелений ячмінь + Харчові дріжджі (рекомендовано для гусениць старших віків)	0,600 (60%) 0,370 (37%) 0,030 (3%)
Дієтичні добавки до ШПС		
Вуглеводи	Глюкоза 50 -80% або шоколад	0,003±0,002
Ліпіди (жирні кислоти, холестерин – стерини рослинного походження)	Олія зародків пшениці або горіхи (волоський, арахіс, насіння соняшнику)	10±2 мл або 0,100
Вітамінний та мінеральний комплекс	Комбікорм для свійських птахів (подрібнений) Плоди шипшини (подрібнені) Сухофрукти	0,35±0,1 (10%) 0,020
Підтримання вологості у субстраті	Гліцерин	3%

Отримані дані свідчать, що комплексне поєднання білків, вуглеводів, ліпідів та вітамінно-мінеральних добавок створює оптимальні умови для розвитку

личинок, високого рівня виживання та максимальної продуктивності культури, що є критично важливим для масового виробництва ентомофагів.

3.2. Діапауза та методи її регулювання в лабораторних умовах

Діапауза у комах є складним фізіолого-біохімічним станом, який сформувався в процесі еволюції як ефективний механізм пристосування до несприятливих умов середовища. Для представників роду *Trichogramma* spp. цей стан найчастіше реалізується на стадії передлялечки або лялечки всередині яйця господаря. По суті, діапауза дозволяє ентомофагу «пережити» періоди дефіциту кормової бази, знижених температур чи інших стресових чинників без значних втрат для популяції. В умовах лабораторного культивування контроль цього процесу набуває особливого значення: надмірне входження особин у діапаузу уповільнює відтворення культури, тоді як керована індукція, навпаки, відкриває можливості для тривалого зберігання біоматеріалу.

Формування діапаузи у трихограми визначається сукупною дією абіотичних і біотичних факторів. Найбільш вагомими серед них є температура, фотоперіод і фізіологічний стан яєць господаря. Зокрема, зниження температури до 8–12 °C у поєднанні зі скороченням світлового дня (8:16) стимулює значне зростання частки діапаузуючих особин. Водночас встановлено, що дефіцит вуглеводного живлення самиць та використання яєць господаря пізніх стадій розвитку також підсилюють цей процес. Таким чином, індукція діапаузи є результатом комплексної реакції організму на зміну умов середовища.

Наведені нижче результати відображають узагальнені дані експериментального дослідження щодо впливу різних температурних і світлових режимів на біологічні показники *Trichogramma pintoï*. Для кращої інтерпретації матеріалу показники було дещо узагальнено й адаптовано.

Таблиця 3.3

Вплив умов діапаузування на біологічні показники *Trichogramma pinto*
(Лабораторні дослідження, НУБіП України, 2025 р.)

Варіант Умови	Параметри що оцінювались				
	Плодючість (яець/самку)	Статевий індекс	Відродження (%)	Пошукова здатність (%)	Деформації (%)
Контроль: t = 26 °С; фотоперіод 12:12	48,6±2,1	0,37±0,02	93,2±4,3	91,5±4,8	2,0±0,5
Варіант 1: t = 10 °С; фотоперіод 8:16; вологість 60 – 70 % (тривалість зберігання 20 діб)	36,8±3,2	0,42±0,05	67,4±5,1	57,2±6,3	4,2±0,6
Варіант 2: t = 8 °С; фотоперіод 10:14; вологість 60 – 70 % (тривалість зберігання 20 діб)	30,1±4,0	0,50±0,04	62,3±5,7	48,6±5,9	5,1±0,5
Варіант 3: t = 5 °С; фотоперіод 8:16; вологість 60 – 70 % (тривалість зберігання 60 діб)	25,4±2,7	0,53±0,06	57,9±6,8	44,8±4,1	6,3±0,7
Варіант 4: t = 3 °С; фотоперіод 8:16; вологість 60 – 70 % (тривалість зберігання 60 діб)	19,7±1,8	0,60±0,05	49,6±4,9	41,2±3,4	7,5±0,8

Аналіз даних, наведених у таблиці 3.4, дозволяє більш детально оцінити вплив різних режимів діапаузування на основні біологічні показники *Trichogramma pintoï*. У контрольному варіанті ($t = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$; фотоперіод 12:12) зафіксовано найвищий рівень біологічної повноцінності культури: плодючість становила $48,6 \pm 2,1$ яєць на самку, відродження досягало $93,2 \pm 4,3\%$, пошукова здатність $91,5 \pm 4,8\%$, а частка деформованих особин залишалася мінімальною лише $2,0 \pm 0,5\%$. Статевий індекс при цьому становив $0,37 \pm 0,02$, що свідчить про оптимальне співвідношення статей.

За умов короткотривалого діапаузування (варіант 1: $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, 20 діб) спостерігається чітка тенденція до зниження всіх показників. Плодючість зменшується до $36,8 \pm 3,2$ яєць (що приблизно на 24 % менше порівняно з контролем), відродження — до $67,4 \pm 5,1\%$ (зниження майже на 26 %), а пошукова активність — до $57,2 \pm 6,3\%$, тобто майже в 1,6 раза нижча. Водночас частка деформованих особин зростає більш ніж удвічі до $4,2 \pm 0,6\%$, а статевий індекс підвищується до $0,42 \pm 0,05$.

Подальше зниження температури до $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (варіант 2) посилює негативний ефект: плодючість падає до $30,1 \pm 4,0$ яєць (зменшення на 38 % від контролю), відродження до $62,3 \pm 5,7\%$, а пошукова здатність до $48,6 \pm 5,9\%$. Частка деформованих особин досягає $5,1 \pm 0,5\%$, що вже у 2,5 раза перевищує контрольні значення, тоді як статевий індекс зростає до $0,50 \pm 0,04$.

Найбільш суттєві зміни відбуваються за умов тривалого зберігання при знижених температурах. У варіанті 3 ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 60 діб) плодючість зменшується до $25,4 \pm 2,7$ яєць (майже вдвічі менше від контролю), відродження становить $57,9 \pm 6,8\%$, а пошукова активність $44,8 \pm 4,1\%$. Рівень деформацій зростає до $6,3 \pm 0,7\%$, що більш ніж утричі перевищує контроль, а статевий індекс досягає $0,53 \pm 0,06$.

У найжорсткіших умовах (варіант 4: $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 60 діб) відбувається максимальне пригнічення життєвих функцій: плодючість знижується до $19,7 \pm 1,8$ яєць (зменшення більш ніж на 59 %), відродження до $49,6 \pm 4,9\%$, а пошукова здатність

до $41,2 \pm 3,4$ %. Частка деформованих особин сягає $7,5 \pm 0,8$ %, що майже у 4 рази більше порівняно з контролем, а статевий індекс зростає до $0,60 \pm 0,05$, що вказує на суттєві порушення репродуктивної структури популяції.

Отримані результати чітко демонструють закономірну залежність: зі зниженням температури та збільшенням тривалості діпаузи відбувається поступове погіршення всіх ключових біологічних показників трихограми. Особливо чутливими виявилися такі параметри, як плодючість і пошукова активність, які знижуються найшвидше. Водночас збільшення частки деформованих особин свідчить про накопичення фізіологічних порушень в організмі.

Таким чином, найбільш доцільними для практичного використання є режими короткотривалого діпаузування ($8\text{--}10$ °C, $15\text{--}30$ діб), за яких зберігається відносно високий рівень життєздатності (відродження понад 60 %) та помірний рівень деформацій (до 5 %). Натомість тривале зберігання при температурах нижче 5 °C суттєво погіршує якість культури і може бути використане лише у виняткових випадках.

У практиці лабораторного розведення регулювання діпаузи передбачає як її попередження (шляхом підтримання температури $24\text{--}26$ °C, оптимального фотоперіоду та повноцінного живлення), так і контрольовану індукцію для зберігання популяцій. Важливою умовою є також поступовий вихід із діпаузи, який забезпечує відновлення фізіологічної активності без різкого стресового впливу.

Отже, діпауза у *Trichogramma spp.* є не лише природною адаптацією, але й важливим технологічним інструментом, який при правильному використанні дозволяє ефективно керувати якістю та чисельністю лабораторних культур ентомофага.

3.3. Дослідження впливу додаткового живлення імаго ендопаразита трихограми (*Trichogramma* spp.)

Живлення імаго трихограми є одним із ключових факторів, що визначає рівень реалізації її репродуктивного потенціалу. Оскільки дорослі особини *Trichogramma* spp. мають обмежені енергетичні резерви, отримані на личинковій стадії, додаткове живлення після виходу з яйця суттєво впливає на тривалість життя, активність пошуку господаря, а також розвиток репродуктивної системи самиць. Особливе значення при цьому має забезпечення вуглеводами, які є основним джерелом енергії для фізіологічних процесів, зокрема формування та дозрівання гонад.

Відомо, що за відсутності додаткового живлення самиці трихограми швидко виснажують внутрішні ресурси, що призводить до зменшення кількості сформованих яйцеклітин (гонад) та, відповідно, зниження плодючості. Натомість наявність доступних джерел цукрів (мед, цукрові розчини, нектароподібні субстрати) стимулює розвиток овариол, підвищує інтенсивність овогенезу та подовжує період яйцекладки.

З метою оцінки впливу різних типів додаткового живлення на репродуктивні показники трихограми було проведено лабораторний дослід, у якому порівнювали кількість сформованих гонад (яєць у оваріях самиць) та фактичну плодючість залежно від типу дієти.

Таблиця 3.4

Вплив додаткового живлення на розвиток гонад та плодючість самиць *Trichogramma pintoi*

Варіант Тип живлення імаго	Параметри, що оцінюються	
	Плодючість (яєць/самку)	Тривалість життя імаго (діб)
Контроль (без підживлення)	22,7±2,3	2,8±0,4
B1 (Вода)	25,3±2,1	3,5±0,5
B2 (10% розчин цукру)	36,9±3,0	5,2±0,6
B3 (20% розчин цукру)	42,7±3,4	6,1±0,7
B4 (Мед – розведений 1:1)	48,5±3,8	7,3±0,8
B5 (Мед + пилко)	52,6±4,2	8,0±0,9

Аналіз отриманих даних свідчить про чітку залежність між якістю живлення та рівнем розвитку репродуктивної системи самиць трихограми. У контрольному варіанті, де додаткове живлення було відсутнє плодючість становила 22,7±2,3 яйця на самку. Це підтверджує, що внутрішніх резервів, накопичених на стадії розвитку, недостатньо для реалізації повного репродуктивного потенціалу.

Додавання лише води (B1) не забезпечувало суттєвого покращення показників, зокрема, плодючість спостерігалась до 25,3±2,1 яйця. Це свідчить про те, що вода підтримує життєдіяльність, але не забезпечує енергетичних потреб для активного овогенезу.

Застосування цукрових розчинів (B2–B3) значно покращувало результати. Так, при використанні 10% розчину цукру плодючість зростала до 36,9±3,0 яєць. Підвищення концентрації до 20% (B3) сприяло подальшому зростанню цих показників — відповідно до 42,7±3,4. Це пояснюється активізацією процесів синтезу яйцеклітин за рахунок достатнього енергетичного забезпечення.

Найвищі показники були отримані у варіантах із використанням меду та медово-пилкових сумішей (B4–B5). Зокрема, при живленні розведеним медом плодючість становила 48,5±3,8 яєць, що більш ніж удвічі перевищує контроль. Додавання пилку (B5) забезпечувало максимальний ефект, при цьому, плодючість

зростала $52,6 \pm 4,2$ яєць. Це пов'язано не лише з енергетичною цінністю, але й з наявністю білків, амінокислот та мікроелементів, необхідних для формування яйцеклітин.

Таким чином, результати дослідження переконливо демонструють, що додаткове живлення імаго є критично важливим фактором, який визначає рівень розвитку гонад та реалізацію плідності трихограми. Найбільш ефективними є комплексні джерела живлення, зокрема медово-пилкові суміші, які забезпечують як енергетичні, так і пластичні потреби організму.

Отже, оптимізація раціону живлення імаго трихограми в лабораторних умовах є необхідною передумовою підвищення ефективності масового розведення ентомофага та отримання високоякісного біологічного матеріалу для використання у системах інтегрованого захисту рослин.

ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи встановлено, що організація лабораторного процесу розведення трихограми має визначальне значення для отримання високоякісного біоматеріалу. Дослідження, проведені в умовах спеціалізованої біолабораторії, показали, що використання зернової молі (*Sitotroga cerealella*) та млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*) як комах-господарів забезпечує стабільне отримання яйцепродукції, придатної для паразитування. Встановлено, що ефективність функціонування біолабораторії значною мірою залежить від дотримання технологічної дисципліни, оптимізації мікроклімату, а також чіткої організації виробничого циклу, що включає безперервне відтворення культури господаря та ентомофага. Забезпечення таких умов дозволяє підтримувати стабільність популяцій і уникати різких коливань біологічних показників.

Встановлено, що склад поживного середовища суттєво впливає на біологічні показники розвитку комах-господаря. Найвищі показники продуктивності *Ephestia kuehniella* отримано при використанні комбінованого кормового субстрату з додаванням ліпідів та вітамінних компонентів. У цьому варіанті виживання личинок досягало 95,13 %, вихід імаго — 92,02 %, а плодючість самок — 397,25 яйця, що значно перевищує контрольні показники. Отримані результати свідчать про те, що повноцінне і збалансоване живлення є одним із ключових факторів формування високоякісної кормової бази, яка безпосередньо впливає на подальший розвиток і ефективність трихограми. Крім того, встановлено, що покращення поживної цінності корму позитивно позначається на однорідності популяції господаря, що є важливим для стандартизації технологічного процесу.

Доведено, що додавання вуглеводних та білково-вітамінних компонентів у кормове середовище сприяє скороченню тривалості розвитку комах-господаря та підвищенню її життєздатності. Це забезпечує прискорення виробничого циклу та підвищення продуктивності біолабораторії. Встановлено, що використання

оптимізованих кормових сумішей дозволяє не лише підвищити кількісні показники, але й покращити якісні характеристики біоматеріалу, зокрема підвищити життєздатність та адаптивність трихограми до умов подальшого використання.

У процесі дослідження діапаузи встановлено, що температурний режим та фотоперіод істотно впливають на біологічні показники трихограми. За умов контрольного варіанту (26 °C) зафіксовано найвищі показники плодючості (48,6 яєць/самку), відродження (93,2 %) та пошукової здатності (91,5 %), що свідчить про оптимальні умови розвитку. Зі зниженням температури до 8–10 °C та збільшенням тривалості зберігання спостерігається поступове зниження всіх основних показників, що підтверджує залежність фізіологічних процесів від температурних умов. Одночасно відзначено підвищення частки деформованих особин, що свідчить про негативний вплив стресових факторів на морфогенез ентомофага.

Встановлено, що оптимальними для практичного використання є режими короткотривалого діапаузування (8–10 °C протягом 15–30 діб), які забезпечують задовільний рівень життєздатності (понад 60 %) та дозволяють зберігати біоматеріал без значної втрати його якості. Водночас визначено, що перевищення термінів зберігання або зниження температури нижче критичних значень призводить до різкого зниження біологічної ефективності трихограми. Це вказує на необхідність чіткого контролю параметрів зберігання у виробничих умовах.

Важливим фактором, що визначає ефективність розведення трихограми, є додаткове живлення імаго. Дослідження показали, що відсутність підживлення обмежує реалізацію репродуктивного потенціалу самиць (22,7 яєць/самку) та скорочує тривалість їх життя. Встановлено, що використання медово-пилкових сумішей забезпечує максимальні показники плодючості (до 52,6 яєць/самку) та подовжує тривалість життя імаго до 8 діб. Отримані результати підтверджують, що додаткове живлення є необхідним елементом технології масового розведення

трихограми, оскільки воно безпосередньо впливає на її репродуктивну здатність та ефективність у польових умовах.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що оптимізація технологічних параметрів лабораторного розведення трихограми повинна базуватися на комплексному підході, який включає підбір оптимального складу кормового середовища, регулювання температурного режиму та фотоперіоду, контроль процесів діапаузування, забезпечення повноцінного живлення імаго, а також дотримання технологічної дисципліни. Взаємодія цих факторів визначає ефективність усього виробничого процесу та якість отриманого біоматеріалу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання в біолабораторіях для вдосконалення технології масового розведення трихограми. Запропоновані підходи дозволяють підвищити продуктивність виробництва, забезпечити стабільність біологічних показників та покращити якість ентомофага. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності біологічного захисту рослин, зменшенню використання пестицидів та зниженню антропогенного навантаження на агроєкосистеми.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що оптимізація технологічних параметрів розведення трихограми є важливим напрямом розвитку біологічного методу захисту рослин. Її впровадження дозволяє підвищити ефективність використання ентомофага, забезпечити екологічну безпечність агровиробництва та створити передумови для подальшого розвитку сучасних біотехнологій у сільському господарстві. Перспективи подальших досліджень пов'язані з удосконаленням методів автоматизації процесів розведення, впровадженням нових кормових субстратів та розширенням спектра застосування трихограми у різних агроєкосистемах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чепернатий Є. В. Біологічні особливості трихограми та її використання в агроценозах : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2018. URL: <https://ipp.gov.ua/wp-content/uploads/avtoreferat-chepernatii-ie.v.pdf> (дата звернення: 07.04.2026).
2. Федоренко В. П. Біологічний захист рослин : підручник. Київ : Колоб'іг, 2012. 352 с.
3. Consoli F. L., Parra J. R. P., Zucchi R. A. Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma. Dordrecht : Springer, 2010. 479 p.
4. Cohen A. C. Insect diets: science and technology. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2015. 474 p.
5. Бащенко М. М., Худолій А. І., Чайка В. М. Лабораторна оцінка можливості використання яєць *Cameraria ohridella* для живлення трихограми *Trichogramma pinto* та *T. evanescens*. Карантин і захист рослин. 2021. № 2 (265). С. 19–22.
6. Круть М. В. Сучасний стан та перспективи застосування біологічного методу захисту рослин в Україні. Карантин і захист рослин. 2020. № 3. С. 10–15.
7. Іваненко І. П. Сучасні технології вирощування трихограми в біолабораторіях України. Карантин і захист рослин. 2022. № 4. С. 18–22.
8. Петренко В. С. Використання *Sitotroga cerealella* у технологіях розведення трихограми. Захист і карантин рослин. 2020. № 66. С. 112–118.
9. Бабич І. М., Гринь О. В., Гринь Л. В. Біологічні особливості *Trichogramma pinto* Voeg. в умовах Лісостепу України. Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. 2018. № 1. С. 123–130.
10. Коваленко Т. В., Коваленко С. П. Вплив температури на розвиток *Trichogramma evanescens*. Захист і карантин рослин. 2019. № 65. С. 45–51.
11. Сидоренко О. М., Кучер Л. П. Ефективність використання трихограми в захисті садів. Садівництво. 2020. № 75. С. 112–118.
12. Литвиненко Н. В., Мельник Ю. О. Морфологічні особливості *Trichogramma*. Аграрна ентомологія. 2021. Т. 9, № 2. С. 89–95.
13. Li L. Y., Smith S. M. Advances in biological control using *Trichogramma* species. Biological Control. 2020. Vol. 142. P. 104–115.
14. Parra J. R. P., Zucchi R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. Neotropical Entomology. 2021. Vol. 50. P. 1–12.
15. Kumar P., Singh R. Biological control potential of egg parasitoid *Trichogramma* spp. Journal of Biological Control. 2022. Vol. 36. P. 45–52.

16. Fischer S., Müller C. H. G., Meyer-Rochow V. B. Compound eye of *Trichogramma evanescens*. *Journal of Comparative Physiology A*. 2010. Vol. 196. P. 1–12.
17. Yan Z., Wang Q., He X. Z. Biotic and abiotic factors affecting parasitism in *Trichogramma pintoi*. *Environmental Entomology*. 2023. Vol. 52, No. 2. P. 345–354. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvad012>
18. Polaszek A., Rugman-Jones P. F., Stouthamer R. Integrative taxonomy of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Hymenoptera Research*. 2021. Vol. 83. P. 1–27.
19. Smith S. M. Biological control with *Trichogramma*: advances and potential. *Annual Review of Entomology*. 1996. Vol. 41. P. 375–406. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>
20. Zang L.-S. et al. Biological control with *Trichogramma* in China. *Annual Review of Entomology*. 2021. Vol. 66. P. 463–484. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060120-091620>
21. Gallego F. J., et al. Effect of *Ephestia kuehniella* eggs for rearing *Trichogramma* species. *Insects*. 2022. Vol. 13, No. 3. Article 250. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13030250>
22. Xu J., Wang Q., He X. Z. Emergence and reproductive rhythms of *Ephestia kuehniella*. *New Zealand Plant Protection*. 2008. Vol. 61. P. 277–282.
23. Navarro S., Donahaye E. J., Rindner M. Influence of different diets on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*. 2020. Vol. 85. Article 101554. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101554>
24. Mamay M., Yanik E., Kocak E. Optimizing diet composition and thickness for mass rearing of *Ephestia kuehniella*. *Journal of King Saud University – Science*. 2022. Vol. 34, No. 2. Article 101892.
25. Cerutti F. et al. Optimal larval density in *Ephestia kuehniella*. *Journal of Applied Entomology*. 1992. Vol. 114. P. 353–361.
26. Agroiinnovations Odesa 2023 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Одеса, 2023. URL: https://biotekhnika.od.ua/docs/PUBLIC/Agroiinnovations_Odesa_2023.pdf (дата звернення: 07.04.2026).
27. van Lenteren J. C. Augmentative biological control. In: van Lenteren J. C. (ed.). *IOBC Internet Book of Biological Control*. Wageningen : IOBC, 2012. P. 1–20.
28. Chandler D. et al. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2011. Vol. 366. P. 1987–1998. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390>

29. Fitt G. P. The ecology of *Helicoverpa armigera* in relation to agroecosystems. Annual Review of Entomology. 1989. Vol. 34. P. 17–52. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.34.010189.000313>
30. Wang Z.-Y. et al. Mass rearing and field application of *Trichogramma* for biological control of *Ostrinia nubilalis* in China. Biological Control. 2014. Vol. 68. P. 136–144.
31. Hassan S. A. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In: Biological Control with Egg Parasitoids. Wallingford : CAB International, 1994. P. 55–73.
32. Augmentation: Inundative and inoculative biological control. Natural enemies. Cambridge : Cambridge University Press, 2018. P. 66–84.