

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

06.02 – МКР. 2176 «С». 2023.11.27. 028 ПЗ

**ГРЕЧАНИЙ АНДРІЙ АНДРІЙОВИЧ**

2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**УДК 632:57.08.633.15**

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

\_\_\_\_\_ Коломієць Ю.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
Ентомології, інтегрованого захисту  
та карантину рослин

\_\_\_\_\_ Доля М.М.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Ефективність використання трихограми на кукурудзі проти кукурудзяного стеблового метелика, дослідження та практичні рекомендації»**

Спеціальність \_\_202 Захист і карантин рослин

Освітня програма **Захист рослин**

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_ д.с.-г.н., професор Доля М.М.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ к.б.н., доцент Стефановська Т.Р.

**Виконав (ла)** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **Гречаний А.А.**  
(підпис)

**Національний університет біоресурсів  
і природокористування України**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

Кафедра ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин

**Освітній ступінь «Магістр»**

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ентомології,  
інтегрованого захисту та  
карантину рослин

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ВИПУСКНУ  
МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Гречаному Андрію Андрійовичу**

1. Тема роботи «Ефективність використання трихограми на кукурудзі проти кукурудзяного стеблового метелика, дослідження та практичні рекомендації»

керівник роботи к.б.н., доцент Стефановська Тетяна Робертіна,

2. Строк подання студентом роботи 17 листопада 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи трихограма, що використовуються для контролю чисельності стеблового кукурудзяного метелика.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

4.1. Вивчити біологічні характеристики трихограми;

4.2. Ознайомитися з методиками досліджень з використання трихограми;

4.3. Дослідити ефективність використання трихограми проти стеблового кукурудзяного метелика.

## 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Стефановська Т.Р	Стефановська Т.Р	Гречаний А.А
2	Стефановська Т.Р	Стефановська Т.Р.	Гречаний А.А
3	Стефановська Т.Р	Стефановська Т.Р	Гречаний А.А

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз та вивчення питання та написання огляду літератури	Вересень-жовтень	Виконано
2	Ознайомлення з методикою проведення досліджень	Листопад-грудень	Виконано
3	Ознайомлення з методикою розведення трихограми	Лютий-березень	Виконано
4	Проведення досліджень в лабораторії	Квітень-травень	Виконано

5	Аналіз отриманих результатів та написання роботи	Серпень-жовтень	Виконано
---	--	-----------------	----------

**Студент**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Гречаний А.А.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Стефановська Т.Р.**

(прізвище та ініціали)

## Реферат

Кваліфікаційна робота подається на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 202 – захист та карантин рослин. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2023.

Метою роботи є дослідження ефективності застосування трихограми (*Trichogramma*) як біологічного методу захисту кукурудзи від шкідників, зокрема стеблового кукурудзяного метелика

Трихограма, як ентомофаг, ефективно бореться з яйцями шкідників, що робить її перспективним біологічним агентом для зниження популяції метелика. В роботі надано характеристику цього роду комах, а також описані методи їх масового виробництва та застосування в агропромисловому комплексі. Особливу увагу приділено оптимальним термінам внесення трихограми та умовам її розведення, а також факторам, що впливають на її ефективність.

Результати дослідження демонструють високу ефективність біологічного методу захисту, що має низьку вартість, не завдає шкоди навколишньому середовищу і є безпечним для людей. Проте існують певні труднощі, пов'язані з промисловим розведенням трихограми та механізацією її застосування.

# ЗМІСТ

[\\_Точ182914483](#)

Реферат .....	6
<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b>РОЗДІЛ I Загальна характеристика роду Trichogramma, та її види.....</b>	<b>12</b>
1.1. Загальна характеристика та морфологічні особливості трихограми як біологічного агента. ....	12
1.2. Класифікація та механізм дії трихограми .....	17
1.3. Фактори впливу на якість в процесі розведення трихограми .....	20
<b>РОЗДІЛ II: Особливості розведення трихограми: збір колоній засновників та визначення їх видового складу у відповідному регіоні... 24</b>	<b>24</b>
2.1. Розведення та фактори впливу якості стартових колоній трихограми та маточники-резерватори для неї. ....	24
2.2. Технологія масового розведення трихограми.....	28
2.3. Пошук природнього біоматеріалу для підвищення життєздатності лабораторних популяцій, особливості процесу зараження яєць зернової молі трихограмою та процес зберігання. ....	32
<b>РОЗДІЛ III Методи, якими можна визначити ефективність трихограми, переваги та економічна оцінка використання трихограми як біологічного агента в біологічному захисті кукурудзи. ....</b>	<b>37</b>
3.1. Методика визначення якості трихограми та рекомендована кількість розселення.....	37
3.2. Особливості підготовки трихограми до випуску, сезонність та періоди.	
Використання світлових пасток для визначення динаміки льоту шкідників.	41
Висновки до третього розділу .....	46
<b>РОЗДІЛ 4. Економічна оцінка використання трихограми як біологічного агента в біологічному захисті кукурудзи. ....</b>	<b>47</b>

4.1. Оцінка економічної обґрунтованості внесення трихограми на посіви кукурудзи .....	47
4.2. Порівняння використання трихограми з хімічними методами захисту та вплив на екосистему. ....	50
<b>Висновки до четвертого розділу.....</b>	<b>54</b>
<b>Список використаних джерел: .....</b>	<b>57</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** У сучасних умовах вирощування кукурудзи особливого значення набувають розроблення дієвих методик застосування біологічних засобів захисту рослин, а саме трихограми з урахуванням дотримання всіх виробничих факторів. Це сприятиме оптимізації системи захисту кукурудзи від стеблового метелика із застосуванням сучасних методів її внесення.

На сьогоднішній день великий інтерес серед досліджень, які стосуються використання ентомофагів привертають до себе дослідження щодо роду *Trichogramma*, і одним із не до кінця вивчених лишається питання її систематизації та ефективного розведення в лабораторних умовах не лише в Україні а і за кордоном. Дані дослідження щодо біологічних засобів захисту найбільше привертають інтерес науковців в порівнянні з іншими засобами.

Тож у сучасному світі, який розвивається економічно є головним завданням не просто удосконалення виробництва трихограми а в прямому сенсі відродження даного виробництва саме трихограми високої якості. Тобто сюди входить і достатній її об'єм, як товарної продукції так і наявність гарантії її ефективності як біоагента, що регулює чисельність лускокрилих, які є безпосередньо шкідниками.

Таким чином, з'явилася можливість цілеспрямованого використання трихограми і вдосконалення технології масового розведення окремих видів і внутрішньовидових форм. На території України зареєстровано 15 видів. Практичне застосування мають чотири види трихограми: *Trichogramma evanescens* West., *T. pintoi* Vog et. Pint., *T. dendrolimi* Nats та *T. embryophagum* Hart.

Аналізуючи сучасні дослідження та враховуючи вітчизняну та світову практики застосування трихограми в боротьбі з лускокрилими, такими, як: листогризучі совки, підгризаючі, стеблові і лучні метелики, молей та плодожерок та ін. абсолютно можна стверджувати про їх ефективність та широкі перспективи їх подальшого використання в сільському господарстві.

Ключовим моментом є саме удосконалення процесу ефективного розведення трихограми в лабораторних умовах, тобто збереження її ключових ознак: якості

та життєздатності, аби даний вид відповідав критеріям міжнародних стандартів якості. За даними досліджень майже 35 % від загальної кількості становить питома частка шкідників, уражених трихограмою.

Отже даний вид засобів біологічного захисту має неабияке значення для збагачення сучасних агроценозів, які дуже потребують нових корисних організмів, і тому щоб компенсувати асинхронність у розвитку паразитів і хижаків та їх головних живителів, широко застосовують метод сезонної колонізації, який полягає у штучному розмноженні та щорічному випуску ентомофагів; інтродукції та акліматизації ентомофагів, тобто перевезення їх з однієї зони в іншу та здатність їх пристосовуватись до нових умов існування; а також метод внутрішньо ареального переселення, який відбувається в межах ареалу, але з осередків де є менш чисельна кількість шкідників у більшу, де даний вид ентомофагів менш малочисельний або взагалі відсутній.

Тож з аналізу сучасної практики, досліджень вчених, які входять до Міжнародної організації біологічного захисту можна зробити висновок про перспективність широкого використання біологізації захисту рослин а особливо в екологізованому сільському господарстві.

На сьогодні однією із проблем також є і недостатня кількість біолабораторій для масового розведення ентомофагів, що б сприяло ефективному регулюванню чисельності шкідників, так як держаних лабораторій практично вже не існує, що значно погіршує процес досліджень даного біологічного виду. Це стосується розведення найбільш популярного виду яйцеїда трихограми. Процес її вирощування відбувається на яйцях зернової молі після чого її зберігають у спеціальних холодильних камерах при температурі +2...+3 °С. При потребі – у період масового льоту та яйцекладки комах-шкідників – трихограму вносять на осередки полів та садів. Дослідження показали ступінь ефективності зараження яєць шкідника близько 60–95 %.

**Об'єктом дослідження** є види роду *Trichogramma*, а саме *Trichogramma evanescens* Westwood.

**Предметом дослідження** є технологія та особливості процесу розведення трихограми та її живителів, технологія масового розведення трихограми високої якості.

**Метою даної роботи** є опрацювання існуючих результатів досліджень підвищення якості та ефективності трихограми при її масовому виробництві в лабораторних умовах, впливу на зернові культури та перспектив розвитку, в тому числі конкурентоспроможності у промисловому виробництві ентомофагів - препаратів біологічного захисту рослин. Розроблення рекомендацій щодо підвищення відповідного рівня якості трихограми та особливостей її масового випуску (внесення).

**Методи дослідження** в даній роботі використовувались польові та лабораторні методи дослідження. Перші – це вивчення чисельності та загальної динаміки трихограми в її природньому ареалі. За допомогою лабораторних методів була проведена синхронізація відродження імаго трихограми, відтворений процес розведення лабораторних та природніх жителів трихограми на яйцях живителів.

**Наукова новизна одержаних результатів** Опрацьовано та визначено найефективніші терміни збору колоній-засновників яйцеїдів для створення самих маточних культур трихограми після високих значень температур повітря (близько 30°C). Розроблено ефективні світлові пастки для визначення динаміки льоту шкідників.

**Практичне значення одержаних результатів** в роботі детально розглянуто особливості та основні фактори, які впливають на якість і ефективність трихограми, що в подальшому дозволить уникати помилок в процесі масового виробництва. Удосконалено рекомендації щодо методики масового виробництва трихограми та використання удосконалених світлових пасток для моніторингу шкідників посівів кукурудзи.

### **Структура роботи.**

Робота викладена на 58 сторінках, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та проілюстрована шістьма рисунками

## РОЗДІЛ I Загальна характеристика роду *Trichogramma*, та її види

### 1.1. Загальна характеристика та морфологічні особливості трихограми як біологічного агента.

Як свідчить історія України, вже у 80-х роках ХХ ст. на орних землях нашої держави, приблизно на  $\frac{1}{4}$  їх площі, широко використовували трихограму, як біологічний метод захисту у боротьбі зі шкідниками.

На сьогодні трихограма є найпоширенішим біологічним агентом проти стеблевого метелика, який є поширеним на посівних площах кукурудзи, при цьому цей ентомофаг має здатність знищувати близько 160 видів шкідників будучи ще у фазі яйця. Тож щороку вона є широко затребуваною як для великих агро-холдингів так і для невеликих фермерських господарств.

Рід *Trichogramma* належить до родини *Trichogrammatidae*, ряду Перетинчастокрил (Hemiptera). Якщо проаналізувати джерела, які стосуються вивчення трихограми то даний процес вже триває більше 150 років, і до тепер її систематику досі розроблено недостатньо.

Наукове обґрунтування своєчасного внесення трихограми і як наслідок хорошого приросту врожаю доводили такі вчені, як: Б.В. Кіку, Б.Г. Дегтяров а також зарубіжні вчені Т.Ф. Аленчикова та Ш.М. Грінберг. Так доведено, що біологічна ефективність трихограми є нестабільною та має широкий діапазон варіацій. Основними факторами, які впливають на її якість і ефективність є своєчасне проведення оновлення культури, правильне застосування операції гетерозису а також необхідності вчасного введення культури в діапаузу, і також не менш важливим фактором є якість яєць зернової молі, при цьому мають бути дотримані такі чинники, як їх чистота, допустима кількість деформованих, і одне з головних від їх розмірів.

Трихограма відноситься до категорії ентомофагів, (від грец. *entoma* - комахи і *phgos* - пожирач) – це економічно вигідні для розведення в лабораторіях комахи, які по собі є корисними та харчуються шкідниками які є поширеними на сільськогосподарських культурах. Сама по собі Трихограма - це дрібна комаха з тричлениковими лапками. Її передні крила часто з рядами дискальних волосків,

нерідко з довгою крайовою бахромкою. Дорослі особини живляться нектаром. Личинки – внутрішні паразити яєць різних комах, найчастіше лускокрилих [1].

В природніх умовах в період сезону осені, личинки третього віку (передлялечки) трихограми впадають у діапаузу та схильні довго зберігати свою життєздатність цьому стані. Спостереження показали, що основним місцем зимуючої трихограми є багаторічні трави де трихограма зберігається в яйцях совок, вогнівок, п'ядунів, коконопрядів, щитоносок, біланів.

Якщо взяти до уваги процес розведення трихограми в біолабораторіях, то тут ключовим фактором є розмноження саме активної форми трихограми, зберігання якої можливе при температурах 1–2°C лише протягом 1–1,5 місяця. При більш тривалому зберіганні заражених трихограмою яєць ситотроги існує висока зниження проценту вильоту паразитів, змінюється в бік зменшення вага самок, що значною мірою впливає на їхню плодючість. Тут важливо відтворювати яйцеїда саме протягом зимового періоду щоб отримати оновлення маточного матеріалу.

Трихограма є полівольтними комахами зі схожим життєвим циклом [2]. Яйце трихограми не має забарвлення, є прозорим з відсутнім жовтком. При цьому воно налічує дві оболонки, це: зовнішню – хоріон, та внутрішню – жовткову, дана оболонка трофічно не функціонує. В процесі зараження самка знаходить яйце хазяїна, доторкаючись вусиками до нього, таким чином досліджує придатність яйця, піднімається на нього, далі проколюючи яйцекладом оболонку починає вводити всередину своє яйце. Від самого розміру яйця залежатиме кількість яєць, які відкладе самка трихограми в одне яйце хазяїна. Для порівняння, у яйце зернової молі самка відкладає одне яйце, а у яйця совок і плоджерок – два–чотири, у яйця бузкового бражника – може бути до 40 яєць.

Бувають випадки, коли трихограма робить уколи яйця хазяїна, та при цьому не відкладає своїх яєць лише харчується виступаючою з нього рідиною. Такі яйця зазвичай засихають, що призводить до загибелі лускокрилих, а це результат високої ефективності застосування даного ентомофага. З моменту відродження починається процес живлення самої личинки за рахунок того ж вмісту яйця.

Личинка трихограми має три віка та в процесі свого життя линяє два рази. Спочатку комага скидає неповністю свої личинкові шкурки, при цьому в личинок

другого і третього віків на задньому кінці тіла зберігається личинкова шкурка. Личинка першого віку має добре помітні мандибули, вона активно живиться вмістом яйця хазяїна. Наприкінці другого віку порожнина тіла личинки заповнена жировим тілом, а в третьому віці до кінця розвитку середня кишка так роздувається від їжі, що личинка здається пузироподібною [1].

Коли настає момент закінчення харчування личинки та переходу в наступну фазу пронімфи яйця хазяїна в цей момент мають чорний колір, іноді з синюватим відтінком. Процес заляльковування відбувається в середині яйця хазяїна. Наступним етапом є прогризання трихограмою, яка відроджена з лялечки імаго в її оболонці отвору та виходять назовні. Першими зазвичай з'являються самці, потім самки і вже після чого відбувається процес копуляції та запліднення, як правило на цій же заселеній кладці.

Після процесу відродження самки, вона вже є готовою до відкладання яєць, тобто в її яєчниках вже закладена основна кількість зрілих яєць (проовігенний тип розвитку). При цьому в самих яйцевих трубках також є незначна кількість ооцитів, приблизно від 2 до 8 в кожній трубці. Самкам трихограми необов'язково спарюватись, для того, щоб відкласти яйця.

Характерним розмноженням, який налічує три типи саме партеногетичного розмноження, для всього роду трихограми є: аренотокія (сюди відносять *T. pintoi* та *T. evanescens*), телітокія (*T. embryo-phagum*, *T. sasoeciae*) та дейтеротокія (*T. embryo-phagum*) [3].

Трихограма характеризується швидкою тривалістю розвитку від яйця до імаго. Візьмемо до прикладу *T. pintoi*. Якщо забезпечити стабільну температуру повітря 30 °C протягом 8 діб, 28 °C протягом 9 діб, та при 25 °C – 11, при 22 °C – 14, 18 °C – 21, при 16 °C – 27, при 13 °C – 40, та при 11,5 °C – 53 доби [4].

Тож при масовому розмноженні необхідно враховувати певні властивості які характеризують різні види трихограми в певних умовах.

Рід *Trichogramma* має два підроди:

1. підрід *Trichogramma Westwood*, має більшість відомих видів;
2. *Trichogramma manza Carver*, даний вид має відмінність лише в будові джгутика вусиків самців.

Довжина тіла імаго зазвичай становить 0,3 – 0,9 мм, воно широке, компактне і є характерним для всіх видів. Форма голови – гіпногнатична, округлої форми, з червоними очками та очима. Вусик складається з корінця, основного членика, поворотного членика, має 1 кілечко, джгутик та нечленисту булаву.

Будові вусиків трихограми характерний виражений статевий диморфізм. На відміну від самців, вусики самок короткі, компактні а джгутик складається з 2-х близьких за розмірами члеників. Булава самок є чітко диференційованою, масивною та довжина перевищує свою найбільшу ширину в два рази. У самців трихограми джгутик трішки довший та опушений середньої довжини волосками.

Джгутик підроду *Trichogrammatanza* має 2 ченики та булаву, натомість джгутик *Trichogramma* злитий з булавою. В даному виді диморфізм полягає у будові вусиків, яка описана вище, а у безкрилих вусики схожі на вусики самок [5].

Трихограма має поперечну передньоспинку, короткої довжини. Щит середньоспинки крупний. Аксіли великі і мають чітко обкреслені форми. Щиток крупний, поперечний, слабо випуклий, має 2 пари різних за довжиною щетинок. Задній відділ середньоспинки вигляд тонкої пластинки. Задньоспинка вузька. Передні крила є широкими з ясними рядками дистальних волосків, маргінальна і радіальна жилки утворюють дугу, радіальна жилка має «шийку». Задні крила вузькі [6].

Ноги з одним вертлугом. Передні і задні тазики дископодібно приплюснуті, задні – подовжено-потовщені. Передні стегна і гомілки коротші середніх і задніх. Лапки трьохчленикові, кігтики добре розвинені [6].

Саме черевце є широким, овальним. Яйцеклад трихограми має загальну для хальцид будову. Геніталії самця складаються з крупної фалобазис з широким передньодорсальним отвором, дорсальним і вентральним виступами, дигітальних склеритів, які оснащені одним шипом, парамер, едеагуса і його аподем [6].

Отже для того аби правильно ідентифікувати види самців трихограми варто звертати увагу на будову вусиків: відносну довжину їх волосків і геніталій, саме тут зустрічається різниця в:

- довжини і ширині фалобазис та її відношення до довжини парамер;
- формі лопатей дорсального виступу фалобазис;

- удаленість вершини дорсального виступу фалобазы від вершин дигітальних склеритів;

- ступінь розвинення вентрального виступу фалобазы;

- відношення довжини едеагуса до довжини аподем;

Для ідентифікації самок необхідно звертати увагу на:

- опушення диска переднього і заднього крила;

- співвідношення довжини першої і другої пари щетинок шитка

передньоспинки, відносна довжина яйцеклада);

У більшості статей обох видів колір тіла змінюється залежно від температури яка переважає в період преімангіального розвитку. Таку видову відмінність найкраще можна спостерігати при температурі 30 °С [7].

Одним із додаткових методів для достовірної інформації щодо токсономії трихограми можна порівняти види і популяції за складом і електрофоритичною рухливістю ізоферментів. Але варто не забувати, що в даному випадку видова і популяційна мінливість електрофоритичних критеріїв можуть ускладнювати дану об'єктивну інформацію, так як є імовірність впливу різного роду екологічних факторів [8].

## 1.2. Класифікація та механізм дії трихограми

На сьогодні в Україні відомо понад 10 видів трихограми, які масово поширені для розведення у біолабораторіях: це *Trichogramma pintoi* Voegele, *Trichogramma evanescens* Westwood., *Trichogramma semblidis* Aurivivillius, *Trichogramma dendrolimi* Matsumura, *T. cacaeciae*, та загалом рід *Trichogramma* налічує близько 143 валідних назви. Але загалом, якщо брати світову фауну, то реальну видову кількість трихограми оцінити складно, так як в багатьох районах Землі не проводились дослідження щодо неї. Розглянемо більш детально кожен з видів.

Протягом останніх 50 років завдячуючи дослідженням таких вчених, як С. Нагаркати, Г. Нагарая, А. Сорокіної та інших, для визначення видів трихограми було запропоновано використовувати будову геніталій та вусиків самців. У результаті виявлено кілька нових видів, а також встановлено істотні біологічні відмінності між окремими видами, зокрема їх спеціалізацію живлення.

Одним із найефективніших засобів боротьби зі шкідниками, які поширені на сільськогосподарських культурах є *Трихограма звичайна* (*T. Evanescens* West.). Вона має два етапи зміни кольору, починаючи зі світло-бурого та з часом змінюється на чорний. Довжина яйцекладу становить третину загальної довжини тіла. Даний вид трихограми поширений для розведення у багатьох регіонах. Якщо її порівнювати з іншими видами, то період розвитку буде значно довшим. Оцінюючи плодючість під час розмноження можна спостерігати коливання показників від 20 до 40 яєць в яйцекладці, при цьому самки переважають самців за кількістю втричі.

Шкідниками, які є так сказати "об'єктами" для трихограми є: совки (озима і капустяна), а також має здатність розмножуватись і на інших комах, це можуть бути горохова, стебловий кукурудзяний метелик, городня, гамма, бавовникова, конюшинова, люцернова совки, капустяна міль, горохова плодожерка та ін. Цей вид трихограми звичай розселяється протягом одного покоління. Ця трихограма має здатність заражати яйця шкідників на відстані до 15 м при температурі 17-19°C. Якщо температура збільшується до 25-30°C, то активність ентомофага зростає відповідно радіус території збільшується приблизно до 30 м. Переміщенню трихограми на більші відстані сприяє сильний вітер. Як показують

дослідження, в Україні цей вид може утворювати до дев'яти поколінь під час одного сезону.

Оптимальні температурні умови, які сприяють розвитку та активності даного виду трихограми - це температура від 18 до 30°C, відносна вологість повітря 60-95%. Зазвичай при сонячній погоді збільшується її активність, але самих прямих сонячних променів ентомофаг уникає.

Зазвичай зранку комах трихограми можна спостерігати на верхньому боці листків рослини, коли ж сонце переходить в активнішу фазу, вони переходять на нижній бік – це приблизно середина дня. Коли температура повітря стає вищою 35°C, вона переміщається у затінок.

Налічується чотири раси трихограми звичайної (совкова, біланова, вогнівкова, плодожеркова), та попри даних рас налічується також ще 15 екотипів. Під час розведення трихограми в лабораторних умовах важливо звертати увагу на спеціалізацію різних рас і екотипів. Як приклад, ентомофаги, які були вирощені на яйцекладках стеблового метелика будуть більш ефективними саме проти даного виду, ніж ті, які будуть отримані з яєць капустяної совки. Вогнівкова трихограма уражує від 70% до 80% яйцекладок стеблового метелика, тоді як совкова – не більше 60% [9].

*Наступним видом, який розглянемо це Трихограми жовта (T. pallida) і безсамцева (T. embryophagum).* Даний вид пристосувався до існування в плодових насадженнях та паразитує на яйцях яблуневої плодожерки та листокруток. Цей вид відрізняється вмінням добре літати та переміщатись на більш далекі відстані. Регіони її масового поширення це Полісся та Лісостеп. Також вона відрізняється і за своїм забарвленням. Самкам притаманний лимонно-жовтий колір, тоді як самці мають сіруватий відтінок. Їх особливістю є довший яйцеклад та плодючість в порівнянні з іншими видами, яка є вищою за попередні в 30-47 яєць. Співвідношення самок до самців 4:1 [10].

І третій різновид - *Трихограма безсамцева (T. embryophagum)*, яка характеризується жовто-бурим забарвленням. Та має біля основи черевця темну поперечну смужку. На відміну від інших видів, довжина її яйцекладки становить третину загальної довжини грудей та черевця, разом взятих. Особливістю даного

виду також є відсутність самців. Особини, які щойно відроджені з перезимованих личинок, мають темно-коричневий колір тіла, та згодом, коли настає сезон літа дані особини набувають блідо-жовтого забарвлення.

Безсамцева трихограма має високу стійкість до засухи, може існувати в екосистемах де зазвичай незначна кількість опадів, і як правило паразитує на яйцях совок, біланів, листокруток, шовкопрядів, парусників, вогнівок. Часто її можна зустріти в садах, де вона як паразит поширюється на яблуневій плодожерці. Якщо наявні сприятливі умови то тривалість життя таких яйцеїдів близько 17-19 днів [11].

Тож в загальному вигляді основний механізм дії трихограми полягає у відкладанні своїх яєць в яйця шкідників, які безпосередньо наносять шкоду рослинам та сільськогосподарським культурам. Через що личинки шкідників не можуть розвиватись в яйці та гинуть.

Можна виділити такі етапи механізму дії трихограми (Рис. 1):



Рис.1. Етапи механізму дії трихограми

### 1.3. Фактори впливу на якість в процесі розведення трихограми

Під час процесу розведення трихограми в лабораторних умовах варто звернути увагу на деякі особливості, які впливатимуть на її якісні показники. Перш на що слід звернути увагу – це вибір культури. Наступний фактор це інкубація та розвиток, де варто дотримуватись оптимальних температурних умов, приділяти увагу до догляду вилуплених личинок, аби забезпечити процес їхнього розвитку до моменту стадії дорослих особин. Ще одним фактором є детальне спостереження та контроль за станом трихограми, уникнення поширення хвороби та шкідників в лабораторії.

І не менш важливим фактором є дотримання правил та методики розповсюдження дорослих особин в полях.

Отже розглянемо більш детально основні з факторів.

**Дотримання гігротермічного режиму утримання.** Ключовим тут є двоякий характер температури і вологості повітря, за якого утримуються комахи. Як спосіб, можна створити гігротермічну температуру, яка буде оптимальною для життєздатності особин та самої культури в цілому. Але при цьому втрачається важлива функція температури та вологості а саме процес відбору в період естивації та зимування, (тобто тут ключовою є екстремальна температура та вологість), дана функція має місце в природі, при цьому посилюється життєздатність популяції, тобто присутня імовірність відсіювання ослаблених особин з самого процесу розмноження. [12].

Так всі фактори, такі як можливість виживання нащадків, співвідношення їх статей імаго, рівень плодючості, терміни розвитку одного покоління трихограми всі вони підлягають під визначення гігротермічними умовами. Як вже відомо, коливання та зміна температур чудово впливають на плодючість імаго, в тому числі на життєздатність нащадків в процесі їх розведення [13].

Що стосується дочірніх поколінь трихограми, то від фотоперіоду може залежати статичний критерій їх якості, та все ж більш важливе значення має середньодобова температура та відносна вологість саме в період їхнього розвитку.

Дослідження, проведені на прикладі *T. Evanescens* показали, що при температурі повітря 35 °C та відповідній вологості 30% термін життя лише 1 доба,

якщо температура 30°C – 4 доби, 25°C- 5,5 та при 15 °C – близько 9 діб. При поступовому збільшенні вологості від 70% до 90% навіть якщо присутні умови екстремальної температури 35°C, термін життя відповідно ентомофага збільшується в два рази.

Якщо пропорційно збільшувати температури повітря до 15°C - 30°C і також підвищення вологості повітря від 30% до 90% то рівень плодючості трихограми має здатність до збільшення від 6,2 до 42 та від 27 до 42 яєць на одну самку [14].

Негативним наслідком під час розведення ентомофагів сприяє низька температура, яка варіює в межах 16°C до 18°C при відносній вологості повітря 50-80% а також і високі температури, які сягають вище 30°C при рівні вологості 40-50%. В даному випадку рівень плодючості трихограми знизиться в три чи й в чотири рази. Також знижується і життєздатність у 1,5-2 рази, тобто падає рівень виживаності, відповідно знижується і сама кількість самок в ентомокультурах до 1,6 рази.

Відносне значення, яке має гарний вплив на активність ентомофага є температура середовища. Так швидкість руху ентомофага досягала максимального показника при температурі 24-26°C. В таких же умовах близько 40-70% особин, які були розведені при температурі 20-27°C вже мали здатність літати. З них лише 5-10% ентомофаг могли літати при температурі 19-20°C.

**Фактор значення фотоперіоду, в тому числі освітлення, а також безперервне розведення трихограми.**

Загалом процес безперервного розведення трихограми протягом тривалого часу, враховуючи фактор безперервного розвитку, особливо впливає на зниження життєздатності ентомофаг. Так з покоління в покоління починають накопичуватись зміни в культурі, як правило негативні, і причиною тому є відсутність добору життєздатності, а в точності штучного добору. Тут також присутній негативний вплив на життєздатність – бездіапаузний розвиток.

Що до самої діапаузи, то вона має неабияке значення в процесі адаптації комах саме до несприятливих умов. Наслідком є загибель особин, які не впали в діапаузу до періоду початку відповідних несприятливих умов. Тобто діапауза

сама по собі є природним фактором добору, що сам по собі дає можливість підвищити життєздатність популяції.

Отже, для того щоб підвищити якість трихограми її вводять в діапаузу [15]. Її формування відбувається при температурі близько 10°C на стадії передлялечки протягом 25-30 днів [16]. Пороговою або перехідною зоною можна вважати температурний режим від 13°C до 20°C, якщо температуру підвищувати до 19-20 °C, діапауза припиняє можливість існувати. Якщо температура є нижчою 13°C – розвиток припиняється в стадії передлялечки [17].

Варто звернути увагу на реактивацію трихограми з діапаузи, що є важливим технологічним етапом при розведенні трихограми. При цьому використовують різні термічні режими, все залежить від того, наскільки довгим було зберігання. Якщо біоматеріал зберігати при температурі 25°C вдень та 17°C вночі то термін зберігання становить 30-60 діб, якщо температура 23°C вдень та 20°C вночі то 90 діб, при таких терморежимах розвиток *T. evanescens* можливий від передлялечки до імаго після того як закінчення діапауза а також і при 7°C.

Варто приділити увагу фотоперіоду, який є не менш важливим фактором визначення терміну розвитку трихограми. Саме він відповідає за добові ритми фізіологічних процесів та їх налагодження, тобто відродження трихограми з лялечки. Так виліт з яєць живителя з особин, після завершення преімагінального розвитку, відбувається раз на добу протягом не дуже тривалого часу. Тож при розведенні присутня асинхронність розвитку ентомофага, так як особини, які ще не завершили свій розвиток можуть вилітати лише через добу.

В преімагінальних стадіях трихограми саме освітлення спонукає імаго бути більше чутливими до світла. За даними досліджень, швидкість руху особин, які були в процесі розвитку в умовах світла на 36% вище ніж в тих, які розвивались в період темряви [18].

Можна виділити три етапи за допомогою яких самки трихограми шукають живителів:

1. Визначення місця існування даного живителя;
2. Його точне знаходження в тому місці;
3. Визначення його придатності для заселення.

Дані досліджень показують, що особини трихограми можна поділити на дві категорії, стосовно їх відношення до світла: рухливо активні та рухливо пасивні. Розглянемо їх більш детально. Рухливо пасивними є комахи, які в визначених вище умовах поводять себе лише за другим і третім етапами пошуку. Вони не акцентують увагу на світло та рухи вгору та ретельно проводять обстеження поверхонь навколо себе. На відміну від них рухливо активні не зразу починають процес паразитування, вони починають з першого етапу, витрачають свою енергію на рух.

Під час темного періоду, практично всі особини втрачають свою активність – тобто стають рухливо пасивними. І починають діяти з другої стадії [19].

Не лише температура та вологість повітря осередку розведення є основоположними факторами, які впливають на плодючість та активність трихограми, її тривалості життя а і підживлення. За його відсутності, дорослі комахи можуть прожити лише 3-4 доби, якщо застосовувати підживлення то термін збільшується до 21 доби [20].

Коли перед самками є вибір підживитись чи яйця, вони завжди обирають спочатку годування. Після підживлення самки стають більш плодючими, та при цьому збільшується термін відкладання яєць протягом їхнього існування.

В природньому середовищі підживлення нектаром квітів сприяє збільшенню тривалості життя особин до 8-10 разів та плодючість в 4,2 рази. Що стосується лабораторних умов, то підживлення розчином цукру чи 20% медовим розчином з додаванням мікродобавок біологічних стимуляторів дозволить створити схожі для розведення умови до природніх.

## **РОЗДІЛ II: Особливості розведення трихограми: збір колоній засновників та визначення їх видового складу у відповідному регіоні.**

### **2.1. Розведення та фактори впливу якості стартових колоній трихограми та маточники-резерватори для неї.**

Власне на будь якому з етапів масового розведення комах варто звертати увагу на збереження культурою закладених властивостей, що і саме забезпечується у виробництві введенням маточної культури.

Важливий правильний вибір виду трихограми для подальшої ефективності її застосування, визначення її домінуючих видів, внутрішньовидових форм, які мають змогу пристосовуватись до паразитування спеціально визначених шкідників в відповідних екологічних умовах. Для цього рекомендовано наявність в виробничих біолабораторіях таксономічного контролю під час всього періоду такого масового розведення трихограми, починаючи зі збору стартової популяції аж до виготовлення крупних партій, які готові до розселення [21].

Розмірами стартових колоній визначаються генетичні процеси в самих ізольованих популяціях, особливо в період швидкого росту. Має місце генетична мінливість, тобто різниця між дочірніми та батьківськими популяціями в рівні та характері.

Можна виділити основні етапи створення культур комах:

1. вибір відповідного вимогам вихідного матеріалу програми розведення;
2. введення біоматеріалу в техноценоз і створення вихідної популяції;
3. оптимізація культивування за основними параметрами утримання, типізації та стандартизації культури;
4. надання культурі заданих властивостей;
5. закладання племінної маточної культури для тривалого відтворення із заданими властивостями;
6. створення і масове виробництво культур комах із заданими властивостями та прийнятною собівартістю виробленого біоматеріалу [22].

Лише завершивши процеси типізації, селекції, оптимізації і стандартизації лабораторної культури починають закладати маточну культуру яку надалі

використовують для створення стартової колонії робочої культури та її оздоровлення у процесі експлуатації [23].

Результати експериментів показали, що початкова мінімальна чисельність колоній-засновників повинна бути приблизно 1000-2000 яєць хазяїна, які паразитовані трихограмою саме в її природніх умовах. Це дасть можливість збереження генофонду популяції та як наслідок уникнути генетичної елімінації даної культури.

Стартові колонії формують шляхом збору яєць протягом року впродовж кількох поколінь, які паразитовані трихограмою, в природніх умовах а також шляхом ідентифікації видів за кожною окремою кладкою та з допомогою компонування в основі якого лежить домінантний вид.

Ефективно проводити дані збори з кінця серпня по жовтень місяць, цей період в природньому середовищі накопичено ту кількість трихограми, яка є достатньою в тих місцях поля, де її не випускали протягом останніх двох років.

Популяція сама по собі схильна до локальної адаптації, тож сам матеріал який призначений для створення культури необхідно по можливості збирати в місцях де буде застосовуватись біологічний агент або місця, які максимально близько до такого. Аби досягти максимального рівня збагачення генофонду маточних культур та гарантувати створення стартової культури трихограми необхідно забезпечити в природніх умовах місця концентрації трихограми шляхом організації маточників.

Сформувавши стартову колонію важливо саме в лабораторних умовах закрити життєвий цикл. Тож з моменту, коли в лабораторії колонія почала своє розмноження виникає так звана штучна культура, яка повністю є ізольованою від природи, популяція. Далі необхідно створити процес накопичення, типізації культур та відповідно створити під даний тип штучної популяції, яка буде оптимально стандартною.

Задля цього необхідно дотриматись таких етапів процесу накопичення трихограми: використовуючи яйця природних живителів розводити на них маточні культури та слідуючим масово напрацьовувати ентомофага на яйцях лабораторного хазяїна (як приклад, це може бути зернова міль).

Загалом рекомендовано в біолабораторіях дотримуватись методики, коли одні починають вводити вид в культуру, тобто йде процес масового розведення основних живителів трихограми (огнівок, совок) та відповідно створюючи маточну культуру трихограми (елітну) на яйцях даних хазяїв передаючи її поступово наступним лабораторіям, де вже активно працюють над промисловим виробленням на яйцях зернової молі культури трихограми з подальшою її реалізацією.

Результати спостережень показують, що близько 70% самок природної трихограми не паразитують на яйцях лабораторного хазяїна протягом двох поколінь, тому необхідним є її вуглеводне підживлення. Під час масового розведення, підвищити рівень гетерогенності маточного матеріалу можливо за допомогою міжпопуляційного схрещування сумісних за репродукцією як географічно близьких популяцій так і ізолятів які є віддаленими між собою. В процесі обміну генами між всіма популяціями можливим є уникнення виродження а також швидше проходить процес адаптаційної мінливості.

Зазвичай для полегшення під час контролю якості популяції яйцеїда, в процесі добору та генетичного аналізу стартових колоній, дотримання певного рівня поліморфізму використовують біохімічні методи, такі як електрофорез множинних форм ферментів, які є важливими.

Щойно початковий матеріал зібрано та ідентифіковано, починається процес вивільнення популяції від супутніх видів. Тобто доки не буде встановлена абсолютна чистота вихідного матеріалу не можна приступати до стандартизації самої культури. Тут є більш доцільнішим починати закладку с самої стадії яйця або ж імаго, при цьому заселяючи їх нащадків в окремі та ізольовані один від одного садки [24].

Загалом процес створення такої стартової колонії унеможлиблює чистоту та відсутність різноманіття видів трихограми. Як наслідок, один вид може витіснити інший з відповідної лабораторної культури, прикладом є і *T. evanescens*. Тож під час утримання в біолабораторіях декількох видів трихограми варто дотримуватись жорсткого видового контролю самого яйцеїда та слідкувати за чистотою культури [25].

Визначимо в чому полягає маточник - це так званий конвеєр рослинних культур, на яких проводять спостереження за розвитком ентомофагів протягом цілого сезону. Використовуючи сучасні технології, в сезон осені та ранньої весни проводиться обробка ґрунту, після чого висівається конвеєр культур (ранні ярі, капусту різних строків зрілості, горох, цукровий буряк, кукурудзу та ін.), саме на них протягом літа збирають яйця фітофагів, що були паратизовані трихограмою (ряд совок, білянок, стебловий і луговий метелики та ін.).

## 2.2. Технологія масового розведення трихограми.

Процес біотехнологічного виробництва зернової молі включає в себе такі основні етапи: підготовка і зараження зерна ячменю; створення метеликів і яєць зернової молі; очистка та калібрування вирощених яєць; оцінка якості та особливості зберігання яєць зернової молі; утилізація самих відходів виробництва.

Отже як вже зазначалось, технологічний процес масового розведення трихограми та основна частина технологічних операцій завжди використовують спеціальне обладнання та прилади.

Субстратом, який зазвичай найкраще підходить для корму при масовому розведенні зернової молі а в особливості в лабораторних умовах є зерно ячменю високої якості. У використанні зерно повинно бути середнього розміру, приблизно від 20 до 21 тисячі зернівок на 1 кг. Якщо у зерні присутні домішки, подрібнені та дрібні зерна, таке зерно можна вважати некондиційним та слід очистити від таких домішок за допомогою спеціальних машин чи вручну [26].

Найефективнішим способом для знищення всіх шкідників та паразитів обраного зерна, в тому числі і хижаків зернової молі є знезараження термічним або хімічним способами. Ефективно діє такий вид термічного знезараження зерна як стерилізація в спеціально створених автоклавах, що мають різні конструкції. Це також дає змогу запобігти утворенню зародків, що проростають, так як зерно постійно зволожують. Більш рідше застосовують спосіб вологого термічного знезараження, під час якого відбувається короткотерміновий контакт, від 45 секунд до 1 хв. вибраної порції зерна в парі з гарячою водою, температура якої 95–100 °С. Що стосується хімічного методу то таку обробку проводять препаратом бромистого метилу та поміщають зерно в бункери баштового типу ємкістю від 1 до 5 т [27].

Після того, як зерно ячменю пройшло обробку, його розміщують у стелажних кюветах шарами до 5 см та доводять до вологості 15–16 % протягом 1–2 днів, даний термін та температура є оптимальними для поступового зараження гусеницями зернової молі. При цьому в приміщенні повинна бути обов'язково наявна вентиляція.

Під час зараження зерна слід використовувати лише свіжовідкладені яйця молі, які зібрані протягом одного дня. Яйця зернової молі розсипають на підготовлене до зараження зерно, яке вже насипане в кювети шарами не більше 5 см, необхідно розсипати рівномірно, та розподілити на поверхні шару яйця зернової молі з розрахунку 100 г яєць на 100 кг зерна.

В цей період, який називаємо відродженням гусениць не варто перемішувати і зволожувати зерно, щоб уникнути травмування гусениць. Через 5-6 діб після зараження, зерно необхідно перемішати, визначити рівень вологості, та за її низького рівня додатково зволожити до 15–16 %. Особливу увагу слід приділяти розвитку ситотроги шляхом проведення аналізу зерна протягом кожних двох тижнів з моменту проникнення в нього гусені. Так потрібно відібрати три проби по 200 шт. зернин, розрізаючи їх. Потрібно підрахувати кількість як цілих зерен, так і зерен з гусеницями та лялечками. Відповідно можна визначити ступінь заселення за допомогою співвідношення кількості зерен які вже з гусеницями і лялечками ситотроги до всієї кількості зернин у кожній партії [25].

Заражене зерно варто постійно перемішувати та зволожувати, щоб забезпечити постійний оптимальний гігротермічний режим. Зазвичай інтенсивне самозігрівання зерна відбувається протягом 12–15 діб. Про початок лялькування гусениць зернової молі свідчить зниження у шарі зерна температури.

Через 25 -30 днів після зараження зерна, починається вильот метеликів зернової молі, так зерно починають засипати у спеціально відведені для нього касети і поміщають у приміщення, яке відведене для розведення зернової молі. Конструкція має бокові отвори в стінках касет, через які метелики можуть вільно виходити із шару зерна.

Існує розроблена методика рентгенографічного аналізу заселеності зерна зерновою міллю Інститутом захисту рослин [Дядечко М.П. Основи біологічного методу захисту рослин. Її сутність полягає в розкладенні партії досліджуваного зерна на предметні рамки, потім на портативній рентгенівській установці типу РЕИС-N-45 «Електроніка-25» або інших рентгенограмах зразків [28].

Наступним етапом є встановлення заповнених зерном касет у спеціальні бокси. Під даними конструкціями встановлений та званий комахопровід який дозволяє об'єднати бокси в одну механізовану лінію.

Приміщення, в якому утримується міль та її яйця повинно бути з підтриманою температурою на рівні  $24 \pm 1$  °C та відносну вологість повітря від 75 до 80 % [29]. Під час масового розвитку зернової молі в касетах протягом першого відбувається значне підвищення температури зерна. Необхідно слідкувати за температурою в боксах, знижуючи її до заданого значення за допомогою активного вентилявання таких боксів, якщо буде необхідно то знизити температуру приміщення (рис.2).



Рис. 2. Масове розмноження трихограми

Послідовність процесів збирання метеликів молі, пуску та зупинки вентилятора, а також дії з відкриття та закриття засувки, в тому числі і продування боксів – можуть бути виконаними як в автоматичному так і в ручному режимах. Далі метеликів утримують протягом 5 діб в контейнерах поміщеними у комірчасті термостати.

За допомогою вібраційного пристрою у втяжній шафі починається збирання яєць всього один раз на добу. Після чого очищені яйця молі важать та фасують у паперові пакети по 100 г в кожному пакеті. Так вони зберігаються в спеціальних клімокамерах або побутових холодильниках (Рис.3).



Рис.3.Зберігання трихограми

Рекомендовано під час розведення трихограми використовувати свіжовідкладені яйця зернової молі або ж ті, що зберігались не більше 10 діб.

Підсумовуючи можна сказати, щоб досягти максимальної ефективності дії в польових умовах застосованої трихограми, треба досягти створення особин при масовому розведенні паразита з високими показниками життєздатності, та які будуть стійкі до несприятливих умов в середовищі, в якому будуть розселені. Тобто позитивний результат можливий коли даний біоматеріал під час розведення трихограми отриманий в максимально наближених до природних умовах, тобто з коливанням температури та вологості повітря [30].

Слід зазначити, що приміщення, в яких проходить виробництво зернової молі та ентомологічного препарату трихограми обов'язково мають бути відокремленими одне від одного, це необхідно для запобігання неконтрольованому зараженню яєць зернової молі, так як самки трихограми постійно ведуть пошук яєць. Те ж саме відбувається і з різними видами трихограми, такі процеси також варто розділити один від одного, аби один вид витісняє інший.

### **2.3 Пошук природного біоматеріалу для підвищення життєздатності лабораторних популяцій, особливості процесу зараження яєць зернової молі трихограмою та процес зберігання.**

Способом підвищення життєздатності лабораторних популяцій трихограми є підбір її агресивної природної раси і еко типу, саме в них є вираженою висока пошукова здатність та орієнтація на певні видів шкідників-живителів. В процесі ретельного огляду листя рослин, їх верхньої та нижньої поверхні, а також стебел та інших субстратів, збирають яйця шкідників, які паразитовані трихограмою, це зазвичай період коли різні лускокрилі відкладають свої яйця. В стерильні пробірки поміщають кожну кладку або поодинокі яйця, до якої підкріплюють етикетку з номером збору та закривають ватним тампоном.

Місце для зберігання таких пробірок повинно бути максимально наближене до природних умов, де відсутні прямі сонячні промені. Необхідно щоденно перевіряти зібраний біоматеріал та вчасно видаляти гусениць за допомогою пінцету, які відродилися, залишаючи в пробірці почорнілі яйця.

Зазвичай, для того щоб підтримувати в лабораторії чисту культуру трихограми, яка була зібрана в природних умовах, у пробірку з яйцями які заражені трихограмою вкладають паперову картку з наклеєними яйцями зернової молі (не менше 50 яєць на одну самку) [31].

Перед тим, як картка буде наклеєна, її зволожують водою або розчином 10 % меду та в один шар насипають свіжовідкладені яйця зернової молі. Це є способом отримання первинного маточного матеріалу трихограми.

Зазвичай етап зараження яєць зернової молі здійснюється за допомогою спеціальних скляних банок будь якої ємності.

Зараження яєць молі у скляних ємностях триває близько п'яти діб, в процесі свіжі яйця зернової молі клеять на внутрішню бокову поверхню банки. Перед цим необхідно ретельно почистити та помити банки, банки повинні бути висушені. Перед тим, як починати наклеювання яєць необхідно протягом декількох секунд утримувати банку над кип'ячою водою біля носика чайника [32].

З моменту коли на внутрішній поверхні банки утворюється водяний конденсат, потрібно починати наклеювати на бокові стінки банки яйця молі з

розрахунку 5 г на 1 л місткості банки. Далі в такі банки поміщають трихограму, яка відроджена з розрахунку 1:5.

В процесі горловину банки закривають серветкою із тонкої, бажано білої тканини, зафіксувавши резинкою та ставлять на стелажі. Трихограма це комаха, яка володіє таким показником як позитивний фототаксис, сутність цього полягає в тому, що вона здатна концентруватись на більш освітленому боці банки.

Тож для більш кращого та головне рівномірного зараження яєць зернової молі трихограмою необхідно регулярно повертати такі банки навколо своєї осі на 90–120°. Починаючи з третьої – п'ятої доби, яйця обережно знімають зі стінок банки щіточкою. Після чого починається розфасовка у паперові пакети (не більше 1 мг у пакет). На пакетах повинно бути зазначено № партії, дату зараження та дату розфасування яєць, відсоток зараження, кількість заражених яєць, а також вид трихограми [33].

Під час масового розведення трихограми на яйцях зернової молі визначають кількість трихограми в кожній партії, спираючись на дані, що в 1 г свіжих яєць зернової молі міститься 50 тис. яєць, а в 1 г заражених трихограмою яєць молі – 70–80 тис.

Що стосується зберігання трихограми, на сьогодні часто зустрічаються випадки нехтування встановленими термінами через гонитву виробників трихограми за більшими прибутками. Як приклад, масове виробництво починають ще задовго до початку періоду її розселення, така трихограма зберігається в холодильних камерах протягом тривалого часу і в результаті частково або повністю втрачає свою ефективність. Їй характерна ослабленість та зниження здатності паразитувати на яйцях шкідників. Іноді трапляються випадки повної або часткової відсутності відродженості.

Температура короткотермінового зберігання активної (недіапаузуючої) трихограми повинна бути від 1°C до 3°C з відносною вологістю повітря 85–90 %. Зазвичай зберігають трихограму у побутових холодильниках. Тобто короткотерміновому зберіганню підлягають паразитовані яйця зернової молі, саме в них трихограма перебуває у фазі передлялечки або лялечки.

Саме трихограма у фазі передлялечки є найбільш холодостійкою, тому за вказаних вище умов вона може зберігатись протягом 30–40 діб. Якщо вона вже у фазі лялечки то термін зберігання не повинен перевищувати 20 діб. Що стосується фази, коли імаго трихограми, вже вийшли з яєць зернової молі то термін зберігання становить до 5 діб при температурі 10°C – 12°C і відносній вологості повітря 70–80 %.

При необхідності тривалого зберігання понад 40 діб, трихограму необхідно ввести в стан діапаузи. Всі дані стосовно строків, технологічних операцій необхідно фіксувати в спеціальних лабораторних журналах.

Важливо приділяти увагу характеру живлення личиночної паразитичної фази під час розвитку трихограми, це має неабияке значення для позитивної життєздатності трихограми. Якщо розводити яйця зернової молі на яйцях одного і того ж лабораторного хазяїна, це призведе до виродження популяції. Тож рекомендовано щорічно робити пасаж маточного матеріалу через яйця природних хазяїнів, при цьому також одержувати та зберігати трихограму в діапаузі, це буде процес, максимально наближений до природних умов.

Способами одержання яєць природних хазяїнів є: збирання в природі метеликів, лялечок і гусениць та їх розведення за допомогою штучних живильних середовищ. Зазвичай для відлову метеликів використовують світлові пастки які в подальшому переносять в біолабораторію та розміщують у садках, стінки таких пасток обклеюють білим папером.

Не бажано закривати садки марлевою тканиною, так як з неї буде важко знімати яйця. В садках повинно бути розсіяне світло, так як метелики паруються в сутінках. Для створення умов відкладання яєць метеликами потрібно розмістити гофрований папір, листя капусти в садку.

Щоб плодючість метеликів була вищою їх можна підживлювати 20 % розчином цукру або меду. Щоденно з паперу чи капустяного листя починають збирати яйця, які відразу використовують для зараження трихограмою. За необхідності їх можна зберігати у холодильній камері при температурі від 0°C до 2 °C [34].

Щоб підтримувати регулярний стан здорового маточного біоматеріалу трихограми в спосіб проведення пасажів, варто завжди мати запас великої кількості яєць шкідника, проти якого застосовують яйцеїд. Можливим це стає лише при масовому розведенні даних комах на штучних живильних середовищах протягом цілого року.

В сучасних умовах створені рецепти виготовлення таких штучних живильних середовищ для масового розведення капустяної та озимої совки і кукурудзяного метелика. Дані рецепти дозволяють в лабораторних умовах отримувати велику кількість яєць основних природних живителів трихограми та відповідно через них проводити систематичний пасаж трихограми.

## **Висновки до другого розділу**

Аналіз технологічного процесу виробництва ентомологічного препарату трихограми, а також існуючого обладнання, яке використовується для її виробництва дозволяє зробити наступні висновки. В сучасному ентомологічному виробництві промислові технології являють собою комплексні системи, які розроблені з урахуванням технічних, біологічних, організаційно-економічних, соціальних та багатьох інших чинників. Визначення якості ентомокультури проводиться на кожній стадії розвитку. Причому оцінювання якості культур комах проводиться за різними критеріями для культур маточних і промислових.

Отже в розділі зазначено, що при оцінюванні якості маточних культур потрібно використовувати переважно загальні показники, які є однаковими для всіх культур: виживаність, тривалість розвитку, плодючість, біометричні показники, співвідношення статей, то що стосується промислових культур, критерії оцінювання залежать лише від їх призначення, і тут важливіші цільові показники. Такими показниками є пошукова та міграційна активність для хижих та паразитичних видів – хижацька активність, для других – це ступінь зараженості хазяїна.

Отже варто зазначити, щоб підтримувати високу якість та забезпечити ефективність використання ентомофага в агроценозах необхідно регулярно оновлювати культуру ентомофага під час його масового розведення. Джерелом поповнення особин штучної популяції є маточні культури, які формують з комах, зібраних у природних умовах агроценозів, або у маточнику резерваторі.

На сьогодні є проблемою відсутність центрів маточних культур. Їх Створення дасть змогу забезпечувати виробників ентомологічної продукції високоякісними маточними культурами. Використання таких гібридних культур як стартової дасть можливість отримувати високожиттєздатних комах (основні показники їх якості на 15% вище порівняно з продукцією, отриманою за традиційним виробництвом), це сприятиме підвищенню ефективності захисту рослин від шкідників в умовах агробіоценозу.

## **РОЗДІЛ III Методи, якими можна визначити ефективність трихограми, переваги та економічна оцінка використання трихограми як біологічного агента в біологічному захисті кукурудзи.**

### **3.1. Методика визначення якості трихограми та рекомендована кількість розселення.**

Щоб біоматеріал, який розводять у біолабораторіях характеризувався високою ефективністю в процесі застосування трихограми варто приділяти увагу до його контролю якості. Ефективно надавати перевагу інтегральним показникам при оцінці критеріїв якості, які характеризують різні властивості яйцеїда. Показниками, які повинні визначати партію біоматеріалу є: зараженість яєць зернової молі трихограмою, відродження (виліт) трихограми з яєць молі, кількість самиць трихограми, що вилетіла, кількість самиць які недеформовані, пошукова здатність самиць, плідність.

Визначена кількість однорідного біоматеріалу, який отримано за один період зараження та який розфасовано в один вид тари і оформленого одним документом називають партією. Під час визначення показників якості трихограми а їх потрібно проводити не менше 3–4 разів за період розведення кожного виду паразита, необхідне суворе дотримання встановлених для цього гідротермічних умов. При цьому під час відбору проб відбувається візуальне визначення зовнішнього вигляду та кольору біоматеріалу [35].

Розглянемо більш детально процес визначення зараження яєць зернової молі трихограмою. Використовую дану методику: у чотирикратній повторності (всього 400 яєць) беруть пробу у 100 яєць, встановлюючи мале збільшення біокуляру, проглядають їх. Використовуючи білий папір необхідно обережно перемішувати препарувальними голками або м'якою кісточкою, підраховуючи при цьому кількість чорних (заражених) яєць та визначаючи зараження яєць у відсотках від загальної кількості (400) за формулою:

$$y = \frac{N_1}{N_0} \cdot 100$$

де  $N_0$  — загальна кількість яєць у пробі, шт.;

$N_1$  — кількість чорних (паразитованих) яєць, шт.

З числа заражених трихограмою яєць живителя визначають відродження (виліт) імаго трихограми з лялечок у % ( $\alpha_1$ ). З яєць, відібраних для встановлення першого показника, беруть 500 чорних (паразитованих) яєць, наклеюють по 100 шт. на 5 картонних карток (1×10 см) 10 % цукровим сиропом і вміщують по одній у пробірки. В етикетках, які кладуть до кожної пробірки вказують номер партії, дати зараження і час початку аналізу.

Дані пробірки необхідно пронумерувати та закрити щільною білою тканиною, яку закріплено гумовим кільцем, потім їх розміщують у ексикаторі і ставлять у термостат з температурою 25°C. Починається процес стеження за відродженням трихограми та оцінка відродження за льотними отворами в яйцях. Після закінчення льоту і природної загибелі імаго трихограми в пробірках підраховують число особин у кожній з них. Показник  $\alpha_1$  розраховують за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{N_2}{N_1} \cdot 100$$

де  $N_2$  – кількість яєць, з яких вилетіла трихограма;  
 $N_1$  – загальна кількість яєць.

На тому ж матеріалі визначають і співвідношення статей і кількість самиць ( $\alpha_2$ ), що відродилися. У кожній з п'яти пробірок обчислюють кількість самців і самиць, розглядаючи під бінокуляром або за допомогою лупи (10х) комах, які відрізняються за формою вусиків. Визначають загальну кількість самиць і самців в кожній пробірці та обчислюють загальне співвідношення статей.

Такі показники як плідність, тривалість життя та кількість самиць, які можуть відкласти яйця, визначають у середній пробі з 2–3 тисяч яєць живителя, які заражені трихограмою. З них випадковим відбором наклеюють на 10 картонних карток (1×10 см) по 10 чорних яєць і розміщують у 10 пробірках, які щільно закривають тканиною. Далі проводиться їх нумерація та переміщення в ексикатор, який ставлять у термостат з температурою 25°C. З початком відродження і протягом усього життя імаго в кожну пробірку вміщують білі картонні картки розміром 1×10 см з наклеєними на них 100–150 свіжовідкладеними яйцями зернової молі чи природного хазяїна яйцеїда [1].

Щодня до кожної пробірки вставляють нову картку з наклеєними на ній 100–150 свіжовідкладеними яйцями живителя. Попередню картку забирають і вміщують у порожню пробірку, зазначивши, з якої пробірки картку взято. Паразитовані яйця підраховують після вильоту з них імаго, визначають плідність кожної самиці і середню плідність партії в цілому.

Кожного разу обчислюють кількість живих і відмерлих самиць, видаляючи останніх з пробірки. Після закінчення спостережень визначають середню, мінімальну і максимальну тривалість життя самиць ( $T$ ) та кількість таких, що відклали яйця (%) (книга).

Після того, як дістануть останню картку з відповідної пробірки на якій наклеєні яйця, визначають плідність трихограми через п'ять днів (беручи до уваги те, що переважну більшість яєць самиця відкладає за 1–2 дні). Для цього загальну кількість паразитованих яєць на всіх картках, які було вкладено в пробірку, ділять на кількість самиць, що в ній відродилися. Плідність самиць визначають за формулою:

$$\bar{i} = \frac{\sum N1}{\sum n_1}$$

де  $N1$  – сумарна кількість паразитованих яєць хазяїна у десяти пробірках, шт;

$n1$  – сумарна кількість самиць у десяти пробірках, екз.

Визначення кількості деформованих особин ( $\alpha_3$ ), %. Визначається за допомогою півлітрових скляних банок в які закладають понад 1000 заражених трихограмою яєць зернової молі. Після повного вильоту і природної загибелі комах без вибору беруть 500 екз., розглядають їх під біноклем, фіксують відсутність крил або їх деформацію. Обчислюють кількість деформованих особин від загальної кількості оглянутих (%) [1].

На сьогоднішній день розроблені науково-дослідними установами норми щодо кількості використання трихограми під час внесення базується на кількості самок/га а не в загальному особин. Тому як правило, вносять трихограму спираючись на розрахунки кількості особин/га. Але ж варто зауважити, що саме самки паразитують яйця шкідника а отже і орієнтуватись потрібно на такі

показники. В лабораторній практиці досліджень завжди зазначають у пробах відсоток самок трихограми, тому плануючи кількість, яку необхідно внести варто зазначати саме показник кількості самок.

Якщо взяти до уваги рекомендації ІЗР НААН, випуск трихограми для боротьби зі стеблевим метеликом варто проводити в два періоди: це початок та період масового відкладання шкідниками яєць. В першому періоді нормою є 30-50 тис. самок на 1 га, в другому періоді необхідно спиратись на результати моніторингу кількості яйцекладок на 100 рослин. Якщо кількість до трьох кладок – 50 тис., 3-5 – 100 тис., 6-8 – 150 тис., понад 8 – 200 тис. самиць на 1 га площі.

Досвід зарубіжних країн, таких як Франція, Німеччина, Швейцарія, свідчить, що найкращі результати які було досягнуто при внесенні трихограми нормою 75-100 тис. самок/га було саме триразове внесення. Тому підсумовуючи, можна сказати, якщо період льоту кукурудзяного метелика продовжується довгий період ніж зазвичай, то має місце триразове внесення трихограми з інтервалом у 5-6 діб.

Отже в даній роботі наведені основні рекомендації щодо виробництва та ефективного використання трихограми.

1. Моніторинг – одна з рекомендацій, за допомогою якої закладається фундамент подальших дій це моніторинг появи шкідників, який дає змогу визначити правильний період внесення трихограми на пошкоджені площі;
2. Точне визначення виду трихограми: її збір, підготовка зразків та проведення їх морфологічного аналізу, за потреби доцільно проводити молекулярний аналіз, провести порівняння з референсними зразками, документальна фіксація результатів;
3. Вивчення та аналіз біологічних показників трихограми, яка готується до внесення (з зазначенням % відродження, паразитування, співвідношення кількості самок та самців в культурі);
4. Проведення аналізу результатів спостережень за світловими пастками рівня заселеності кукурудзяного метелика на посівах та правильний розрахунок норми внесення трихограми.

### 3.2. Особливості підготовки трихограми до випуску, сезонність та періоди. Використання світлових пасток для визначення динаміки льоту шкідників.

Отже можна зазначити, що використання ентомологічних препаратів (ентомофагів) є і в майбутньому залишиться одним із найефективніших та екологічно безпечних препаратів біологічного захисту сільськогосподарських культур від шкідників. І це стосується не лише процесу їх масового знищення а з метою попередження їх розмноження.

Застосування трихограми рекомендовано для всіх сільськогосподарських культур для захисту від комах-шкідників, які належать до ряду Лускокрилі із родин Совки, Білани, Вогнівки, Листовійки (Рис.4).



Рис.4 Яйцеклади стеблового метелика, заселені трихограмою

Перед тим як вносити трихограму, важливо оцінити момент пришвидшення та стимуляції періоду відродження трихограми в природніх умовах, щоб ентомофаги мали здатність до розмноження та активного пошуку яєць шкідників. Адже її розвиток вже уповільнився з моменту початку зберігання трихограми в холодильній камері. Завжди існує вірогідність внесення трихограми яка ще не закінчила свій розвиток і вона вразлива до поїдання іншими хижими шкідниками.

Головними діями перед початком внесення є розкладання та спостереження за відродженням трихограми яка розкладається в паперових конвертах в теплому місці. Після чого конверти знову поміщають до холодильної камери де вона чекає на час внесення.

Зустрічаються випадки використання саме діапauзи трихограми для боротьби зі шкідниками. Та враховуючи підвищену температуру влітку при низькій

вологості повітря це є неефективним. Тут варто згадати поняття різновікової трихограми, тобто це культура трихограми, в якій яйця лабораторного живителя були уражені в різний період. Її відродження відбувається не одночасно а протягом декількох діб, тому таке внесення передбачає лише додаткове живлення для шкідників, адже не відроджена комаха ніяк не є захищеною [36].

Оптимальним періодом застосування трихограми є період відкладання яєць конкретним шкідником, адже самки трихограми зазвичай відкладають яйця саме в цей період. Отже оптимальними строками для розселення трихограми на посівах сільськогосподарських рослин є проведення розселення мінімум двічі на рік в чотири періоди – перший раз на початку періоду відкладання яєць шкідником, другий – через 6–8 діб після першого. Розселення трихограми можливе за періодами: початку льоту шкідника, в період масового льоту, та під кінець льоту шкідника.

Загалом випуск трихограми можливо проводити декілька разів протягом вегетаційного сезону, все залежить від спостережень за інтенсивністю появи яєць шкідників та динаміки розвитку їх популяції.

Розселення трихограми бажано здійснювати в ранкові або вечірні години, так є більша вірогідність уникнути перегріву під впливом прямого сонячного світла і врешті забезпечити появу зниження ефективності паразитів.

Кількості повноцінних самок паразита визначають норми розселення трихограми на 1 га та залежать від виду шкідника, який розповсюджений на сільськогосподарській культурі, а також щільності яєць шкідника та становлять від 30–50 тис. особин/га до 150–200 тис./га.

Для першого етапу розселення трихограми характерні складнощі з визначення щільності яєць шкідника, тому зазвичай виробники трихограми дотримуються загальних норм: якщо це комплекс совок на усіх культурах 30 тис. самок/га, проти кукурудзяного стеблового метелика – 50 тис. самок/га. Починаючи з другого етапу розселень в норму враховують співвідношення самок паразита до кількості яєць шкідника – 1:10, рідше 1:20, що становить від 50 до 200 тис. самок/га.

Існують інструкції двох способів розселення трихограми – це ручний та механізований. Що стосується ручного способу то тут трихограму застосовують

лише у стадії імаго. Після відродження імаго трихограму переміщують з пакетів та вносять у скляні банки, які попередньо заповнюють дрібнолистими рослинами, це може бути суцвіття конюшини, еспарцету або листків акації та інші. У банку з субстратом розміщують певну кількість імаго трихограми з розрахунку 100 тис. особин на 1 л ємності банки.

На сьогодні виробники використовують декілька способів механізованого розселення трихограми. Рідше застосовують наземну техніку, використовують різну апаратуру в агрегаті з малопотужними тракторами. Та одним із швидких і ефективних способів розселення трихограми є різна повітряна літальна техніка. Як правило, це малі літаки, дельтоплани, та різного плану БПЛА (дрони) [37].

Високою продуктивністю роботи у виробників трихограми (до 70 га/год) та низьку вартість обробки і що є не менш головним, екологічність, характеризуються саме дрони. При розселенні використовують трихограму у стадії лялечки. Дана робота проводиться з дотриманням оптимальних строків та з урахуванням чітких норм та рекомендацій розселення.

Показниками, які характеризують технічну ефективність застосування трихограми проти лускокрилих шкідників рослин є: ступінь паразитування яєць шкідника трихограмою, %; зменшення чисельності гусениць самого шкідника; покращення рівня та кількості пошкоджених рослин. Даний облік варто проводити на ділянці, яка є дослідною та знаходиться під контролем і має бути площею не менше 0,1 га. Таких ділянок повинно бути не менше двох і вони повинні бути ідентичними, відстань між ними – не менше 250 м.

В день розселення трихограми починають проводити перший облік яєць шкідника, наступні проводять через кожні 5 днів протягом усього періоду відкладання яєць шкідником. По діагоналі ділянок полів овочевих культур, кукурудзи, соняшнику проводять огляд близько 200 рослин (по 10 рослин у 20 пробах), а на інших культур – на 40 ділянках площею 0,25 м<sup>2</sup> кожна. В такий же спосіб визначають кількість і ступінь пошкодження рослин шкідниками та чисельність його гусениць. Взяті з кожної проби яйця з частиною субстрату поміщують в окремі пробірки та починають спостереження за їх розвитком до закінчення виходу з яєць гусениць шкідника та імаго трихограми.

Що стосується сезонності розселення трихограми, то спостереження показують, що це є період весна, осінь, Саме в цей період відбувається інтенсивне розмноження лускокрилих, таких як плодожерки, капустяні совки, яблуневі молі та інші. Все залежить від виду шкідника та періоду його активного відкладання яєць, іноді це може бути рання весна або пізні літо.

Так можна констатувати, що застосування трихограми потребує дотримання технологій, які містять в собі цілий комплекс як технічних так і організаційних складових, що дає можливість досягти максимально високих результатів і врешті нехтування якими призведе до небажаних результатів та відсутності ефективності даного біологічного методу боротьби з шкідниками рослин та зернових культур в сільському господарстві.

Розглянемо більш детально процес моніторингу шкідника та використання світлових пасток. Даний вид контролю допомагає визначити приблизну кількість шкідників та обґрунтування необхідності застосування захисних засобів. Також моніторинг дасть відповідь щодо термінів, протягом яких необхідно здійснити внесення.

Зазвичай в будь якому регіоні України присутнє поширення стеблевого метелика але є й регіони з опосередкованою його наявністю. Одним із найефективніших засобів для моніторингу чисельності та динаміки льоту шкідників, які в природі активно літають саме в нічний час. Даний метод дозволяє оцінити популяцію комах та широко використовується в агрономії, лісовому господарстві та наукових дослідженнях.

Основний принцип роботи світлової пастки полягає в привабленні комах до джерела світла. В пастці використано набір діодів у спеціальному спектрі світла, які гарно привертають увагу лускокрилих. Пастка оснащена липучкою для збору лускокрилих, які в процесі наближення до джерела світла потрапляють у пастку без змоги вивільнитись.

До переваг використання даних світлових пасток можна віднести:

1. Часова ефективність: така світлова пастка дає можливість проводити моніторинг за відсутності перебування в межах поля, так як за допомогою світла

вона активна і в нічний період часу, коли на яку приходить пік активного льоту шкідливих комах.

2. Висока точність: дозволяє визначити точний часу льоту шкідників та х кількості.

3. Широкий спектр використання: пастки використовують для різних видів шкідників, зокрема тих, які активні в нічний час.

4. Неінвазивність: Пастка є абсолютно екологічною та не несе шкоди екосистемі, і з важливого не шкодить та не знищує інших корисних організмів.

Рекомендовано встановлювати світлові пастки на відкритих площах з підвищеною активністю шкідників. Висота встановлення пастки приблизно 1,5–2 метри від землі, це збільшує ефективність залучення шкідників.

На сьогодні останні два роки лабораторією, яка займається виробництвом трихограми компанії ТОВ «БІОТЕХ» було розроблено власні світлові пастки (Рис.5) та проведені за допомогою них виробничі випробовування на території Черкаської області в межах 4 господарств. В двох господарствах, де щорічно протягом останніх двох років проводилось розселення трихограми і як наслідок економічний поріг шкодочинності не мав ознак підвищення, що свідчить про ефективність її застосування. Під час огляду інших полів спостерігалось природня ураженість гусінню стеблевого метелика яка становила лише 15-18%.

Економічною границею шкодочинності для стеблевого метелика приблизно дві-три особини протягом однієї ночі в одній світловій пастці. Спостереження в межах різних господарств показують від 1 до 40 особин (Рис. 6).



Рис.5 Світлова пастка компанії ТОВ «БІОТЕХ»



Рис.6. Моніторинг льоту трихограми

## Висновки до третього розділу

- Важливими показниками якості трихограми є зараженість яєць шкідника, відродження імаго трихограми, кількість самок і самців, плідність та деформація особин. Для цього використовуються спеціальні методи, зокрема підрахунок заражених яєць, визначення відродження, співвідношення статей та плідності.
- Якість біоматеріалу визначається через регулярний контроль і моніторинг, що забезпечує високу ефективність використання трихограми.
- Рекомендації щодо кількості трихограми для внесення ґрунтуються на кількості самок, що повинні бути розселені на 1 га. В залежності від інтенсивності відкладання яєць шкідниками, норма може варіювати від 30 до 200 тис. самок на 1 га.
- Розселення трихограми повинно здійснюватися мінімум двічі на рік, з акцентом на періоди масового відкладання яєць шкідниками. Це дає змогу максимально ефективно контролювати чисельність шкідників.

## **РОЗДІЛ 4. Економічна оцінка використання трихограми як біологічного агента в біологічному захисті кукурудзи.**

### **4.1. Оцінка економічної обґрунтованості внесення трихограми на посіви кукурудзи**

Як показує практика, досвід застосування трихограми на посівах сільськогосподарських культур, наприклад кукурудзи, від найбільш шкочинних шкідників, а саме стеблового метелика, совки гами, бавовникової совки зберігається урожай цієї культури від 20 до 45 %.

Тому не менш важливим моментом в оцінці економічної обґрунтованості внесення трихограми та плануванні заходів захисту рослин є визначення порогу шкочинності (ПШ). ПШ являє собою чисельність або щільність популяції шкідників, при якій шкода, яку завдають ці організми, перевищує економічно обґрунтовані витрати на їхнє контролювання. Визначення порогу шкочинності для лускокрилих шкідників є важливим етапом у, оскільки це дозволяє оптимізувати застосування засобів захисту і уникати зайвих витрат [38].

Зазвичай лускокрилі можуть завдати значної шкоди культурним рослинам, зокрема на етапах цвітіння, плодоношення або при посіві, як правило сюди включають багато видів шкідників. Основними чинниками, що визначають ПШ лускокрилих, є фази розвитку шкідника, тип пошкоджень (пошкодження листя, плодів, коренів), а також відсоток пошкоджених рослин.

Наразі можна виокремити декілька основних етапів методики підрахунку порогу шкочинності лускокрилих:

1. Визначення виду шкідника та його біологічних особливостей. Дане визначення виділене в першочерговому етапі, так як для різних видів лускокрилих ПШ може суттєво відрізнятися. Згідно нього враховуються основні етапи життєвого циклу шкідника (яйце, личинка, лялечка, доросла особина) і періоди активності шкідливих стадій а також проводиться оцінка ступеню шкочинності на різних стадіях розвитку рослини, до яких можуть бути приурочені різні групи шкідників.

2. Визначення типу пошкоджень під час попадання на рослину лускокрилі пошкоджують різні частини рослин: листя (пошкодження листя при живленні личинок на поверхні), плоди і насіння (внутрішнє пошкодження плодів, виведення личинок у плоди, які провокують їх гниття). корені (у випадку певних видів, як, наприклад, молі кореневої системи). Необхідно також визначити, які частини рослини найбільше уражаються конкретним видом шкідника.
3. Оцінка чисельності популяції Для визначення порогу шкодочинності необхідно визначити чисельність популяції шкідника. Застосовують для цього такі методи, як пастки для дорослих особин (світлові пастки, феромонні пастки); метод підрахунку личинок — підрахунок кількості личинок на 1 м<sup>2</sup> або на певній частині рослини (наприклад, на листках або суцвіттях) та вибіркові огляди — обстеження рослин у полі, визначення кількості шкідників на певній кількості рослин (наприклад, 100 рослин на 1 га).
4. Розрахунок порогу шкодочинності визначається через врахування двох основних параметрів таких як економічна шкода: коли кількість пошкоджених частин рослини (наприклад, листя або плодів), що призводить до зниження врожайності та економічно обґрунтовані витрати на боротьбу з шкідником, що включають вартість засобів захисту, трудовитрати та технічне обслуговування.

Зазвичай поріг шкодочинності для лускокрилих встановлюється як відсоток пошкоджених рослин: Для листогризучих шкідників (наприклад, біланів) поріг може становити 10-15% пошкоджених листків. Для плодожерок поріг шкодочинності зазвичай становить 5-10% пошкоджених плодів, залежно від виду рослини і економічної важливості культури [39].

Маючи дані про чисельність шкідників та порогові значення шкодочинності важливо розробити рекомендації щодо часу та способу проведення внесення трихограми. Якщо поріг шкодочинності перевищено то проводиться обробка рослин засобами захисту на вибір. Якщо чисельність шкідників в межах

допустимої, можна використовувати агротехнічні заходи, такі як зміна строків посіву або вирощування стійких сортів.

## 4.2. Порівняння використання трихограми з хімічними методами захисту та вплив на екосистему.

Наведемо порівняння вартості внесення трихограми з хімічними препаратами на 1 га площі: для розрахунку вартості обробітку одного гектару з використанням інсектицидів та біологічного препарату *Trichogramma* враховуємо наступні компоненти:

Ціни на препарати вказані для одного гектару

Ампліго (інсектицид)	Кораген (Інсектицид)	Trichogramma
1700 грн./1га	1900 грн.1/га	300 грн./га
Ампула	Пакування	за комплект для дворазового внесення

Як бачимо трихограма є набагато економічно вигідною і таке дворазове внесення включає витрати на підготовку та випуск паразитів.

Розглянемо декілька факторів щоб визначити, який із препаратів є економічно обґрунтованим для використання такі як ефективність, ціна, тривалість дії та екологічний вплив. У цьому випадку ми розглядаємо два види захисту: Ампліго

та Trichogramma:

Назва препарату	Механізм дії	Переваги	Недоліки
<b>Ампліго</b> (інсектицид)	це комбінований інсектицид, який містить два активних інгредієнти: лямбда-цигалотрин та хлорпірифос. Він ефективно діє як	Широкий спектр дії.  Висока ефективність у боротьбі з різними	Висока вартість (1700 грн за гектар).  Потребує повторного внесення для

	<p>контактний і системний інсектицид, знищуючи широкий спектр шкідників, зокрема лускокрилих</p>	<p>шкідниками (плодожерки, совки, молі).</p> <p>Порівняно швидкий ефект (діє протягом 7-14 днів).</p>	<p>забезпечення стабільного ефекту.</p>
<b>Trichogramma</b>	<p>Висока безпечність для навколишнього середовища та корисних комах.</p> <p>Низька ціна (300 грн за дворазове внесення).</p> <p>Підвищення біорізноманіття і підтримка екологічної рівноваги.</p> <p>Не викликає стійкості у шкідників.</p>	<p>Висока безпечність для навколишнього середовища та корисних комах.</p> <p>Низька ціна (300 грн за дворазове внесення).</p> <p>Підвищення біорізноманіття і підтримка екологічної рівноваги.</p> <p>Не викликає стійкості у шкідників.</p>	<p>Не завжди ефективний при високих популяціях шкідників або в разі нестабільних погодних умов.</p> <p>Потрібно правильно планувати терміни та умови для випуску паразитів.</p>

Отже, є використання Trichogramma, якщо популяція шкідників на посівних площах не дуже велика. Якщо ж іде вже пізня стадія та шкідники активно поширюються та проглядається імовірна загроза високого рівня шкодочинності, застосування Ампліго чи Кораген може бути виправдано.

На сьогодні статистика негативного впливу сільського господарства на території України становить близько 80%. При цьому відсоток забруднення навколишнього середовища від дії агропромислового комплексу становить 35-40%, земельних ресурсів – 50%, поверхневих вод - 45-50%. Дослідження показали, що лише 1 гектар із кожних 10 оцінюється як задовільний. Це має потужний негативний вплив на продуктивність наших посівних площ, які значно виснажені в порівнянні з Європейськими країнами це відображається на продовольчих ресурсах [40].

В сучасних умовах біологічний захист рослин став важливим так би мовити резервом за допомогою якого ми зможемо підвищувати врожайність сільськогосподарських культур. Використання пестицидів як традиційної системи захисту не є достатньо ефективною. Тому в багатьох розвинених країнах активно розвивається концепція інтегрованого екологізованого захисту рослин, в тому числі і в нашій державі.

Тож перед науковцями постає глобальне завдання вирішення даної проблеми та кардинального покращання екологічного стану в Україні. Завдання полягає в пошуку можливостей уникнути сильного впливу дії пестицидів та зменшити навантаження на агроценози. Необхідні кардинальні рішення які сприятимуть підвищенню рівня безпеки для навколишнього середовища. Тож під час створення комплексних систем таких заходів захисту рослин значну увагу необхідно приділити саме біологічним методам. Як ми вже знаємо, вони які ґрунтуються на використанні паразитичних і хижих комах, кліщів, хвороботворних мікроорганізмів, та інших біотичних факторах. Адже саме процес розмноження паразитів, хижаків в умовах природи призводить до довготривалого зменшення чисельності шкідників вирощуваних культур без шкоди навколишньому середовищу, що і є основною перевагою біологічних методів захисту [41].

Шкода від шкідливих організмів, шкідників призводить до втрат продукції рослинництва у середньому близько 17 %. В деяких регіонах при несприятливих погодних умовах господарства втрачають 25-40 % вирощеного врожаю.

Деякі виробники використовують трихограму разом з хімічними засобами, дані інсектициди мають дію широкого спектру, з високою токсичністю але краще надавати перевагу селективним засобам або з низькою персистентністю з'єднання. Після проведення обробки хімічними препаратами ефективність дії внесеної трихограми значно знижується, тому хімічні обробки рекомендовано проводити не раніше 3-4 діб після випуску трихограми. Необхідно чітко розуміти тривалість токсичної дії пестицидів [42].

## Висновки до четвертого розділу

- Використання трихограми дозволяє значно зменшити популяцію шкідників без застосування хімічних пестицидів, що є екологічно безпечним і економічно вигідним методом захисту.
- Впровадження світлових пасток для моніторингу льоту шкідників дозволяє точно визначати моменти, коли потрібно внести трихограму, що підвищує ефективність застосування цього методу.
- Для забезпечення високої ефективності важливо ретельно підготувати трихограму перед внесенням, зокрема, проводити контроль за її відродженням та розвитком.
- Розселення трихограми має бути своєчасним і точно обчисленим, що дозволяє ефективно боротися з шкідниками, одночасно знижуючи економічні витрати на захист культур.

## ВИСНОВКИ

В сучасному сільському господарстві, яке активно розвивається, кукурудза є найпопулярнішою зерновою, кормовою та технічною культурою як в Україні так і в усьому світі. Вона характеризується високою врожайністю і універсальністю використання. При умовах високої агротехніки, оптимальних режимів живлення кукурудза забезпечує 100-120 ц/га зерна з 1 га.

Лише близько 12% світової кукурудзи йде на продовольство, а всі 60% направлені на виробництво кормів для тварин та птахів. Наша держава в основному вирощує кукурудзу на корм тваринам та на експорт. Навіть враховуючи важкі часи та війну, у 2022 році країна змогла експортувати в інші країни 24 млн т кукурудзи, що відповідає об'ємам, які були 2021 році.

Як і будь яка культура, кукурудза на протязі часу своєї вегетації схильна до враження різними видами шкідників. Найпоширенішими з яких є: попелиця, дротяник, стебловий кукурудзяний метелик, бавовняна і озима совка та ін.

На сьогоднішній день однією з нагальних задач є відродження виробництва трихограми високої якості. З часу активного розвитку економіки нашої країни трихограма вже давно стала товарною продукцією – тобто це необхідний об'єм виробництва та якість такої продукції, яка в майбутньому зарекомендує себе як ефективний біологічний засіб в боротьбі проти шкідливих лускокрилих.

В даній роботі розглянуто загальну характеристику роду *Trichogramma*, особливості її масового виробництва та застосування як біологічного методу захисту для боротьби з заселеністю стеблевого метелика.

В процесі внесення, комахи-ентомофаги відкладають свої яйця в яйцекладку стеблевого метелика. Згодом відроджені личинки трихограми виїдають яйця метелика. Внесення трихограми зазвичай необхідно проводити якомога ближче до часу відкладення яєць.

В роботі визначено видовий склад роду *Trichogramma*, яку застосовують в агропромисловому комплексі. Наведена характеристика особливостей трихограми під час її розведення в лабораторних умовах, таких як біологічні, екологічні та етологічні. Окреслені основні способи збору трихограми в

природніх умовах, що дають змогу в майбутньому заготовляти достатню кількість паразитованих яйцеїдом яєць та мінімізувати можливість знищення їх хижаками.

В роботі наведені основні фактори, які впливають на якість трихограми під час її розведення.

Розглянуто основні рекомендації щодо збору ентомофага, оптимальних термінів для створення його стартових колоній та акцентована увага на питанні створення маточних культур трихограми та вихідних вимог, які ставлять до технологічного обладнання для її масового напрацювання.

В роботі висвітлені позитивні сторони застосування методу біологічного захисту на посівах кукурудзи, його висока ефективність, відсутність шкоди для навколишнього середовища та персоналу на виробництві. Як було зазначено, біопрепарати мають меншу вартість у порівнянні з хімічними препаратами. Проте все ще існують ускладнення з необхідністю промислового розведення й зберігання великої кількості комах і труднощі механізації їхнього розселення в агробіоценозах при їх короткочасному життєвому циклі ускладнюють його застосування.

Отже основними перевагами застосування Трихограми є:

- чистота і природність засобу захисту від шкідників;
- широкий діапазон впливу на велику кількість видів шкідників (близько 200);
- відсутність складнощів в процесі обробки;
- низькі витрати в порівнянні з іншими препаратами;
- висока ефективність при стабільному використанні;
- здатність знищувати шкідників у «недосяжних» для хімії місцях;

### Список використаних джерел:

1. Біологічний захист рослин від шкідливих організмів: підручник / М.О. Білик. – Харків: Майдан, 2022. – 356 с.
2. (Федоренко В.П., Конверська В.П., Колісніченко В.С. та ін. Технологія використання видів роду трихограма (Hymenoptera, Trichogrammatidae) в регулюванні чисельності лускокрилих шкідників овочевих культур. – К.: Колобіг, 2004. – 48 с.
3. Руснак А.Ф. Аспекти генетики масового розведення трихограми//Захист рослин, № 5, 1987.-С.30-34.
4. Методичний посібник 1979 Федоренко, Конверська, Колісніченко
5. Інтегрований захист рослин / Писаренко В. М., Піщаленко М. А., Поспелова Г. Д., Горб О. О., Коваленко Н. П., Шерстюк О. Л. Полтава, 2020. 245 с.
6. Адашкевич Б.П. вплив і розподіл місцевих видів трихограми//Захист рослин №8, 1981. С.50
7. Яхонтов В.В. Екологія комах. – М.: Вища школа, 1964. – 344 с.
8. Суменкова В.В., Дюріч Г.Ф., Агеєва Л.І., Використання електрофорезу для опису морфологічних близьких видів та внутрішньовидових форм роду Trichogramma// Трихограма (біологія, розведення, застосування). Тези доповідей другої Всесоюзної наради по трихограмі, 1985. – Кишинів: Штинца, 1985. – С. 6-7.
9. Захист рослин: методи та засоби. Під ред. О. М. Гринька, В. О. Кондрашова. Київ: Видавничий дім «Освіта», 2012.
10. Опарін В. Ф. Сучасні аспекти і технології у захисті рослин : матеріали IV Міжнародної наук.- практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 28 листопада 2023 р.). Полтава: ПДАУ, 2023. 150 с.
11. Бровдій В.М., Гулий В.В., Федоренко В.П. Біологічний захист рослин: Навчальний посібник. – Київ: Світ. 2003. – 352 с.
12. Злотин. А.З. Технічна ентомологія: Довідник. – К.: Наукова думка, 1989. – 184 с.

13. Ashley Tom R. And Gonzalez D. Effect of Various Food Substances on Longevity and Fecundity of *Trichogramma* // *Environmental Entomology* vol.3, no,1, 1974, pp.169-171.
14. Адашкевич Б.П., Умарова Т.М., Сорокіна А.П. Види ентомофага в Узбекистані // *Захист рослин* №5, 1987. С. 34-37.
15. Tezze Andrea Alejandra, Botto Eduardo Norberto Effect of cold storage on the quality of *Trichogramma nerudai* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) // *Biological Control* 30, 2004. – P. 11-16.
16. Garcia P., Wajnberg E., Pizzol J. Oliveira M.L. Role of temperature for the induction of diapause in the egg parasitoid *Trichogramma cordubensis* // *Egg Parasitoid News* vol. 14. – 2002. – P. 13.
17. Резник С.Я., Кац Т.С. Екзогенні і ендогенні фактори, індикуючі діпаузу у *Trichogramma principium* Sug at Sor (Hymenoptera, Trichogrammatidae) // *Ентомол. огляд.*, 2004, Т.83, вип. 4. – С.776-786.
18. Аленчикова Т.Ф., Ткачова Л.Б. Вплив хазяїна на трихограму // *Захист рослин* № 12, 1988. – С. 20-21.
19. Tshernyshev W.B., Afonina V.M. The Search of Optimal light and Temperature Condition for *Trichogramma* Rearing // 4<sup>th</sup> International Symposium on *Trichogramma* and Other Egg Parasitoids, Cairo, Egypt, October 3-7, 1994. – P.6. 2002).
20. Щелестова В.С., Мельничук С.Д., Гончаренко О.І. та ін. Показники якості трихограми. Методичні рек. До застосув. трихограми проти шкідників с.-г. культур. – К.: Видавничий центр НАУ, 205. – 59 с.
21. Грінберг Ш.М., Підберезська Л.В. Порівняльна оцінка показників якості трихограми, розмножуваної на яйцях різних живителів // *Захист рослин*. Вип. 30, 1-72, Київ, 1983. – С. 39-41.
22. Білякова Н.А. Нове покоління біологічних засобів ахисту на основі ентомофагів /Н.А. Білякова // *Гавриш: наук.-інформ. журн. для спеціалістів захисного ґрунту*. — 2008. — № 6. — С. 18–22.).
23. Методичні рекомендації щодо створення системи визначення якості і сертифікації трихограми. — Одеса: ІТІ «Біотехніка» УААН, 2009. — 10 с..

24. Fursov V.N. The Taxonomic Control of Trichogramma Production in the Ukraine // 4<sup>th</sup> International Symposium on Trichogramma and Other Egg Parasitoids, Cairo, Egypt, October 3-7, 1994. – P.6. 2002).
25. Покозій Й.Т. Показники якості трихограми. Методичні рекомендації до застосування трихограми проти шкідників сільськогосподарських культур Й.Т. Покозій, М.М. Бабич, В.С. Колісніченко. К.: Колобіг, 2004. 59 с.
26. Трибель С. О. Шкідливість внутрішньостеблових фітофагів зернових колосових культур та методи захисту / С. О. Трибель, О. О. Стригун, О. М. Гаманова // Карантин і захист рослин. – 2014. – № 10-11. – С. 1-5.
27. Soman A. G., Gloer J. B., Angawi R. F., Wicklow D. T., Dowd P. F. Verticillanins: new phenopicolinic acid analogues from *Verticillium lecanii*. *J. of Natural Products*. 2001. V. 64. P. 189–192.
28. Дядечко М.П., Падій М.М., Шелестова В.С., Дегтярьов Б.Г.]. – К.: Урожай, 1990. – 268 с.
29. Brar K.S. Effect of insecticides on *Trichogramma chilonis* Ishii (Hym.: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of sugarcane borers and cotton bollworms / K.S. Brar, G.C. Varma, M.R. Shenhmar // Entomol. – 16 (1). – 1991. – P. 43–48.
30. Агат Я.В., Семенець Н.О. Біологічний метод захисту рослин – використання трихограми. *Карантин і захист рослин*. 2016. №1. С. 12-14.
31. Федоренко В.П., Ткаленко А.Н., Конверская В.П. Досягнення та перспективи розвитку біологічного методу захисту рослин в Україні. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 6. С. 6 – 9.
32. Балокан В.І., Менчер Е.М., Панасенко А.М., Оцінка ефекту проколювання в трихограми // Вид. МССР. Сер. біол. і хім. Наук. №4. – 1981. – С. 71-73.
33. Шелестова В.С., Падій М.М., Гончаренко О.І. Біологічний захист. *Захист рослин*. 1999. № 10. С. 2–5.
34. Біопрепарати в боротьбі зі шкідниками. *Агробізнес сьогодні*. 2013. №4(251).

35. Liying Li, Wajberg Ed.E., Hassan S.A. World-wide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. *Biological Control with Egg Parasitoids*. Wallingford: CABI, 1995. P. 37–53.
36. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур – у виробництво: Матеріали наук.-практ.конф. молодих вчених 23-25 листопада 2004 року. / Укр.акад.аграр.наук, Ін-т земл-ва УААН. Чабани: Ін-т землеробства, 2004. 131 с.
37. Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П. Використання техніки в АПК: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 268 с.
38. Гринберг Ш.М. Наукові основи біотехнології виробництва та застосування трихограми / Автореф. Дис. д-ра біол. Наук / ВІЗР. – Л.:1991. – 56 с.
39. Мерц Ф. Обробка посівного матеріалу – безпрограшні інвестиції / Ф. Мерц // Агроном. –2015. – № 3. – С. 40-42.
40. Дегодюк, Є.Г. (2006) *Еколого-техногенна безпека України*. Київ : ЕКМО.
41. Федоренко, В.П., Ткаленко, Г.М., & Конверська, В.П. (2011) Біологічний захист - основа фітосанітарної оптимізації агроценозів. *Український ентомологічний журнал*, (1), 9-22.
42. Consoli F.L. Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) / F.L. Consoli, R.P. Parra, S.A. Hassan // J. Appl. Entomol. – 1998. – 122 (1). – P. 43–47).