

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

06.02 – МКР. 2176 «С». 2023.11.27. 026 ПЗ

**ТАРНАВСЬКИЙ НАЗАР ВОЛОДИМИРОВИЧ**

2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

УДК 632.78:57:632.93:635.9

**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 РОБОТА**

на тему **«ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ І ЗАХОДИ ОБМЕЖЕННЯ  
ЧИСЕЛЬНОСТІ КАШТАНОВОЇ МІНУЮЧОЇ МОЛІ (CAMERARIA  
OHRIDELLA DESCH. & DIMIC.) В УМОВАХ УРБОФІТОЦЕНОЗУ»**

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.с.-г.н., доцент Бондарева Л.М.

**Виконав**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Тарнавський Н.В.**

\_\_\_\_\_ (ПІБ студента)

КИЇВ-2024

# Національний університет біоресурсів і природокористування України

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології  
Кафедра ентомології, інтегрованого захисту і карантину рослин  
Освітній ступінь «Магістр»  
Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»  
Освітня програма Захист рослин

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**ентомології, інтегрованого захисту та  
карантину рослин**

\_\_\_\_\_ Доля М.М.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **ЗАВДАННЯ**

**на виконання кваліфікаційної роботи студенту**

**Тарнавському Назару Володимировичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Особливості розвитку і заходи обмеження чисельності каштанової мінуючої молі (*Cameraria ohridella* Desch. & Dimic.) в умовах урбофітоценозу»

керівник роботи к.с.-г.н., доцент Бондарева Леся Михайлівна,

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання студентом роботи 15 листопада 2024 року

3. Вихідні дані до роботи насадження кінського каштана звичайного, міль каштанова мінуюча *Cameraria ohridella*, феромонні пастки, вплив метеорологічних умов на динаміку чисельності та шкідливості фітофага

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Проведення фітосанітарних обстежень насаджень кінського каштана звичайного

4.2. Застосування феромонних пасток та моніторинг чисельності каштанової мінуючої молі

4.3. Фіксування метеорологічних умов в місці проведення досліджень

## 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бондарева Л.М.		
2	Бондарева Л.М.		
3	Бондарева Л.М.		

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми і отримання завдання магістерської роботи	Вересень 2023 р.	
2	Аналітичний огляд та опрацювання наукової літератури з даної теми	Протягом навчального періоду	
3	Проведення моніторингу чисельності каштанової мінуючої молі й оцінки фітосанітарного стану насаджень гіркокаштана звичайного	Протягом серпня 2022 р.	
4	Написання і оформлення магістерської роботи	Протягом 2023-2024 рр.	
5	Підготовка доповіді і презентації	Листопад 2024 р.	

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана на 79 сторінках, містить 3 розділи, 20 рисунків (3 з яких – власні фото), 13 таблиць та 71 використане джерело.

Мета роботи: дослідити біоекологічні особливості розвитку та шкідливості каштанової мінуючої молі в залежності від метеорологічних умов, а також провести моніторинг сезонної динаміки чисельності фітофага та оцінку ураженості дерев.

У роботі було досліджено фітосанітарний стан дерев кінського каштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) в умовах міських насаджень на території смт Макарів, Бучанського району, Київської області в серпні 2022 року. Також було проведено моніторинг сезонної динаміки чисельності шкідника за допомогою феромонних пасток.

У процесі проведених, на початку та в кінці серпня, маршрутних обстежень насаджень кінського каштана був оцінений фітосанітарний стан дерев обабіч дороги по вулиці Дмитрія Ростовського та на території Макарівського ліцею №1 за наступними критеріями: по пошкодженості крони, по ступеню ураження листових пластин та по загальній життєздатності дерев. Стан кожного дерева було оцінено певною кількістю балів за відповідними методиками. За даними проведених обстежень було виявлено, що дерева, які знаходилися на ізольованій території ліцею, протягом місяця зазнали менших пошкоджень від фітофага і мали значно вищу життєздатність та декоративність, у порівнянні з гіркокаштанами, що росли вздовж дороги.

Феромоніторинг фітофага показав, що чисельність шкідника, зафіксована в пастках обабіч проїжджої частини на вулиці Дмитрія Ростовського, суттєво перевищувала кількість пійманих комах на території навчального закладу.

Також спостерігалась чітка обернена залежність між кількістю впійманих комах та метеорологічними умовами: в період сильних дощів, коли вологість повітря була високою, літ каштанової мінуючої молі практично повністю припинявся, а кількість комах в пастках була близькою до нуля, і навпаки.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Актуальність досліджень.....	9
1.2. Історія виявлення та поширення шкідника .....	10
1.3. Зовнішня будова комах.....	13
1.4. Систематичне положення комах.....	16
1.5. Внутрішня будова комах .....	16
1.5.1. Покриви тіла комах.....	16
1.5.2. Скелетно-м'язова система комах .....	17
1.5.3. Травна система комах.....	20
1.5.4. Видільна система комах.....	21
1.5.5. Кровоносна система комах .....	22
1.5.6. Дихальна система комах .....	24
1.5.7. Нервова система комах.....	25
1.5.8. Органи чуття комах .....	27
1.5.9. Статева система комах .....	31
1.6. Особливості біології та циклу розвитку комах .....	32
1.7. Шкідливість комах .....	37
1.8. Фізіологічні та молекулярні аспекти резистентності видів рослин роду <i>Aesculus</i> проти каштанової мінуючої молі ( <i>C. ohridella</i> ) .....	39
1.9. Модель екологічної взаємодії між гіркокаштаном звичайним ( <i>A. hippocastanum</i> ) та каштановою мінуючою міллю ( <i>C. ohridella</i> ) .....	45
1.10. Природні вороги комах .....	47
1.11. Аналіз основних методів регулювання чисельності каштанової мінуючої молі ( <i>C. ohridella</i> ) .....	49
РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	53
2.1. Місце проведення досліджень .....	53
2.2. Об'єкти та методика проведення досліджень .....	55
2.3. Особливості застосування феромоніторингу каштанової мінуючої молі .....	57
2.4. Фактори, що впливають на ефективність застосування феромоніторингу .....	60

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	62
3.1. Результати маршрутних фітосанітарних обстежень насаджень гіркокаштана звичайного.....	62
3.2. Результати моніторингу динаміки чисельності каштанової мінуючої молі за допомогою феромонних пасток. ....	65
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	70
ДОДАТКИ.....	78

## ВСТУП

Ентомологія, як наука, бере свій початок ще з давніх часів. Комахи цікавили людину протягом усієї історії її розвитку, головним чином, як шкідливі або навпаки, корисні для сільського господарства види. Вчені намагалися описати, класифікувати та узагальнити знання про кожного представника із найчисельнішого і найрізноманітнішого класу із царства тварин – комах.

Чисельність комах перевищує кількість людей на Землі майже у 250 мільйонів разів і приблизно становить 12 500 000 000 000 000 особин. На нашій планеті мешкає понад мільйон відомих науці видів комах, і приблизно стільки ж видів нам ще тільки належить відкрити. В Україні відомі понад 35 000 видів комах, проте світ не стоїть на місці і їх кількісний та видовий склад постійно змінюється. У зв'язку зі змінами природно-кліматичних умов, як по всій планеті, так і в нашій країні з'являються все нові і нові види комах, які раніше вважалися не характерними для даної місцевості.

Питання біологічних інвазій адвентивних (не місцевих) організмів стає одним із найважливіших питань сучасності та розглядається як суттєва загроза біорізноманіттю природних екосистем. Серед комах-інвайдерів дедалі більшого значення набуває поширення адвентивних видів комах із групи фітофагів – тобто комах, які живляться асиміляційним апаратом рослин. Пошкодження листків суттєво впливає на фізіологічний стан рослин, призводить до їхнього ослаблення, а багаторазові пошкодження – і до їхнього відмирання. Інвазійні фітофаги у нових умовах часто можуть завдавати значної шкоди лісам і насадженням населених пунктів – регулюючі чинники в біогеоценозах не працюють на належному рівні та не завжди можуть забезпечити ефективну протидію інвазії нового організму.

Тому дослідження біології та екології інвазійних видів фітофагів в умовах України є надзвичайно актуальним завданням. Типовим представником видів, які потребують дослідження та формування ефективного комплексу боротьби з ними і є каштанова мінуюча міль *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, яка пошкоджує кінський каштан звичайний *Aesculus hippocastanum* L. та здатна

призвести до передчасної дефоліації каштанів, і як наслідок, до виснаження та загибелі дерев, як це не раз відбувалося в сусідніх Європейських країнах.

Даний шкідник є дуже небезпечним адже, може мігрувати на значні відстані, має багато поколінь та не має спеціалізованих природних ворогів в умовах України. Отже, для ефективного обмеження чисельності шкідника, необхідне детальне вивчення його біологічних, морфологічних, екологічних і фенологічних особливостей та пошук і впровадження альтернативних прийомів у боротьбі з ним.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Актуальність досліджень

Народногосподарське значення кінського каштана складно переоцінити: його деревину використовують в будівництві, деревообробній та меблевій промисловості, а з його плодів виготовляють ліки, що застосовують для покращення кровообігу та підвищення тонуусу кровоносних судин.

Крім того гіркокаштан звичайний також вирощують в якості медоноса: з одного гектара суцільних насаджень можна зібрати до 600 кг меду. Каштановий мед належить до найбільш рідкісних і тому особливо цінних продуктів бджільництва. Він має по-справжньому унікальні характеристики та вишуканий смак. Своїй високій цінності він завдячує винятковому складу та лікувальним властивостям. Мед багатий на мікроелементи та вітаміни: в ньому наявні фітонциди, флавоноїди, алкалоїди та інші корисні речовини, що позитивно впливають на стан здоров'я людини.

Також, квіти кінського каштана мають багато нектару та приваблюють своїми пахощами безліч комах-запилувачів, а його крона слугує домівкою для багатьох птахів та тварин, що сприяє збереженню екосистеми в умовах урбофітоценозів та підвищенню їх біорізноманіття.

Однак, однією з найбільших цінностей кінського каштана є його застосування у ландшафтному дизайні та озелененні. Кінський каштан є найпопулярнішою рослиною для озеленення паркових зон, алей та вулиць в містах [9].

Гіркокаштан звичайний, або каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.) завдяки високій декоративності і відносному довголіттю активно використовується у ландшафтній архітектурі не тільки в Києві, а й в інших великих містах, містечках та селах по всій країні [12].

Каштан цінують не лише за естетичний вигляд та приємний аромат у період його цвітіння, але й тому, що він швидко пристосовується на новому місці після посадки та має середню стійкість до природних та антропогенних впливів

характерних для урбанізованої місцевості. Його насадження зменшують забруднення повітря, створюють природний бар'єр від шуму та дарують перехожим прохолодну тінь [18].

Насадження каштанів є своєрідним біологічним фільтром, що очищає не лише повітря, а й ґрунт та воду, забруднені промисловими, побутовими чи сільськогосподарськими відходами, які є характерними в умовах міського середовища [3].

На території Київської області гіркокаштан досить поширений. Ці дерева використовують для озеленення, як повздож вулиць та доріг, так і в парках та скверах, а також на подвір'ях житлових масивів і на території закладів освіти та охорони здоров'я.

До недавніх пір гіркокаштан вважався надзвичайно стійким проти патогенів, однак, починаючи з 2003 р., спочатку епізодично, а віднедавна масово, спостерігається ураження гіркокаштана хворобами та пошкодження шкідниками [14]. Згідно проведених досліджень, гіркокаштан звичайний у нашій країні заселяє 22 види фітофагів, серед яких провідна роль належить саме каштановій мінуючій молі (*C. ohridella*) [20].

Саме тому, дослідження спрямовані на вивчення біології, фенології та екології цього інвайдера є надзвичайно важливими та актуальними для своєчасного та ефективного захисту дерев каштана. Вони є ключовими в розумінні того, як природні та антропогенні фактори навколишнього середовища впливають на популяцію фітофага: динаміку його чисельності та ступінь пошкодження дерев, що в свою чергу дозволяє зрозуміти слабкі та сильні сторони шкідника і розробити дієву систему захисту насаджень каштана.

## **1.2. Історія виявлення та поширення шкідника**

Даний вид мінуючої молі так і залишився б досі нікому невідомим, якби не його неймовірна здатність до стрімкого поширення та пристосування до нових кліматичних та екологічних умов, яку продемонстрував шкідник за майже 40 років експансії з моменту першого його виявлення у 1985 році неподалік від

озера Охрид, що знаходиться на північних територіях Македонії, які межують з Албанією. Тоді ж комаха і була вперше вивчена та описана науковцями Дечкою і Дімічем та отримала свою латинську назву в честь місця її відкриття: каштанова мінуюча міль – *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (далі КММ).

А вже у 1989 році КММ (*C. ohridella*) виявили в Австрії, що знаходиться аж за тисячу кілометрів від озера Охрид. Вважається, що туди комаха потрапила не без сторонньої допомоги: імовірно до Австрії екземпляри комах були завезені для проведення ентомологічних досліджень проте, в результаті цього, шкідник опинившись на свободі швидко акліматизувався та утворив ще одне вогнище для своєї подальшої експансії.

За період наступних десяти років фітофаг колосальними кроками почав колонізувати країни з південних та центральних регіонів Європи: спочатку міль було виявлено 1992 року у Франції та Німеччині, потім 1993 року в Чехії, далі у 1994 році його було помічено на території Словаччини, а вже у 1998-1999 роках епізоотії на каштанах спалахнули у Швейцарії і Польщі та поширились на Нідерланди та Бельгію. Міль швидко заселила каштани, що росли на землях Англії та Уельсу, після її завезення до Лондону у 2002 році [68].

Станом на сьогодні, випадки появи та спалахів чисельності популяції інвайдера були підтверджені майже у всіх країнах Європи. Станом на 2011 рік фітофаг був зафіксований в таких державах як: Болгарія, Австрія, Угорщина, Данія, Албанія, Чехія, Боснія, Молдавія, Франція, Німеччина, Словаччина, Герцеговина, Греція, Італія, Туреччина, Косово, Швеція, Ліхтенштейн, Нідерланди, Люксембург, Македонія, Польща, Румунія, Бельгія, Латвія, Іспанія, Словенія, Сербія, Швейцарія, Литва, Хорватія та Естонія, а також в європейській частині Росії.

Але ареал каштанової молі не перестає зростати з року в рік, що зумовлено кліматичними змінами та широким використанням кінських каштанів в декоративних цілях, для озеленення міських та приміських районів по всій Європі та Азії (рис. 1.1). Загалом, можна говорити про те, що розповсюдження шкідника тісно пов'язане із ареалом рослин кінського каштану, які ростуть у помірних широтах Північної півкулі, та фактично є одним із лімітуючих факторів, що обмежують подальше просування шкідника, на ряду з фактором низьких температур.

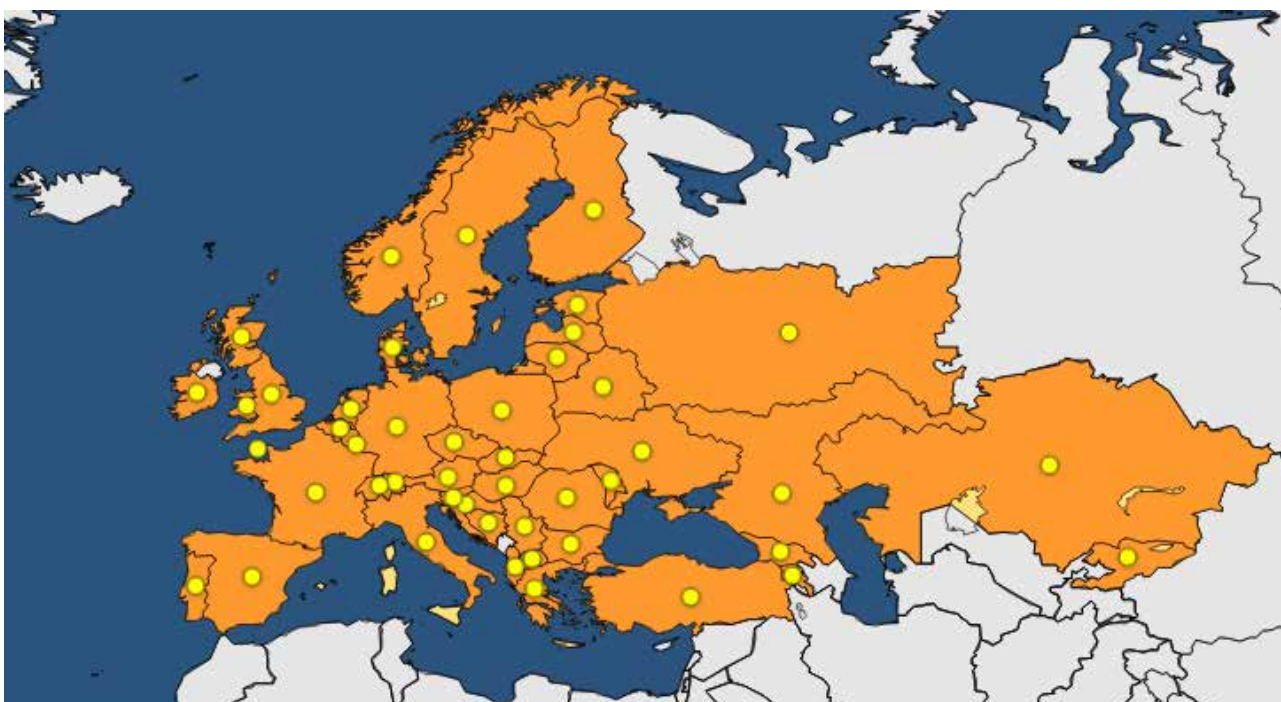


Рис. 1.1. Ареал поширення КММ у світі, станом на 2023 рік [37]

На території України перші ознаки пошкодження мінуючою міллю листків гіркого каштана було зафіксовано влітку 2002 року у Львівській області. А вже через рік, шкідника спостерігали в більшості областей західної та центральної України. У 2004-2006 роках пройшло інтенсивне поширення каштанової молі в садово-паркових насадженнях столиці. Існує думка, що в нашу країну комаху було завезено з Угорщини, це пов'язано із тісними економічними зв'язками та масовим імпортуванням посадкових матеріалів із таких країн як Угорщина, Словенія, Чехія, Польща та інші. Крім того, головним чинником одночасного

стрімкого розповсюдження фітофага нашою державою, стало незаконне ввезення саджанців контрабандою в обхід карантинних служб та митниці [1].

### 1.3. Зовнішня будова комахи

Каштанова мінуюча міль (*C. Ohridella*) має вигляд метелика 6-7 мм завдовжки та з розмахом крил 7-9,5 мм. Тіло імаго складається із трьох відділів: голови, грудей (торакса) та черевця (абдомена). Голова опушена з рудим чубчиком, на ній розташовані тонкі та довгі ниткоподібні (філіформні) вусики (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Імаго каштанової мінуючої молі

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Cameraria\\_ohridella.jpg?20130822185245](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Cameraria_ohridella.jpg?20130822185245))

Під час сидіння комаха тримає антени загнутими назад паралельно крилам і в такому положенні вони простягаються на 3/4 довжини тіла метелика. Також на голові у *C. ohridella* знаходиться пара складних фасеткових очей, що

складаються з багатьох малих омаїдів. На грудях молі розташовані дві пари крил. Передня пара крил коричнева, вохриста із візерунком з білих та чорних плям, що розташовані лініями перпендикулярними до крила. Задня пара крил напівпрозора та має досить розвинену строкату торочку. КММ, як і інші комахи, має 3 пари ніг, забарвлених в коричневий колір з білими кільцями, що оперезують їх, створюючи на них смугастий візерунок. Черевце комахи має сіре забарвлення, покрите лусками, потоншене, видовжене та тендітне, на крайніх його сегментах знаходяться статеві придатки комахи – геніталії.

Яйце комахи досягає 0,33 мм в діаметрі, має овальну чи еліпсоїдну форму та забарвлення спершу молочно-зеленувате, а перед відродженням гусениці набуває світло-коричневого кольору.

Личинка першого віку після виходу з яйця безнога та має напівпрозору желеподібну структуру та світло-зелене забарвлення. Тіло довжиною 0,8 мм, трохи сплюснуте та сильно звужене ближче до заднього кінця. Перший сегмент грудей досить широкий (приблизно 0,2 мм), та вирізняється шириною з поміж інших сегментів грудей. Голова гусениці завдовжки 0,1-0,15 мм та 0,11-0,2 мм завширшки, майже прозора, має жовто-коричнє забарвлення.

Личинка другого віку завдовжки 2 мм, світло-зеленого кольору, вкрита світлими волосками, напівпрозора. Її головна капсула завдовжки 0,24 мм і завширшки 0,25 мм, жовто-коричнева, майже прозора. Перший сегмент грудей досить широкий та становить приблизно 0,3 мм.

Личинка третього віку сягає близько 3,5 мм в довжину та має жовтувато-зелене чи молочно-жовте забарвлення. Тіло гусениці вкрите рідкими світлими волосками. Щетинки на спині та черевці забарвлені в коричневий колір. Перший грудний сегмент, як і у гусениць попередніх віків, значно ширший за інші та становить до 0,75 мм в ширину. Головна капсула завдовжки 0,35 мм і завширшки 0,40 мм, світло-коричневого кольору з глянцевою блиском.

На четвертій стадії личинки досягають 4,5 мм в довжину та мають світло-зелене чи жовтувато-зелене забарвлення. Їх тіло має більш-менш правильну форму циліндра, що значно звужується від п'ятого до останнього сегмента

черевця. Перший грудний сегмент завширшки 0,78 мм. Головна капсула має те ж саме забарвлення, що й тіло та сягає 0,35-0,4 мм у довжину та 0,45-0,5 мм в ширину (рис. 1.3).

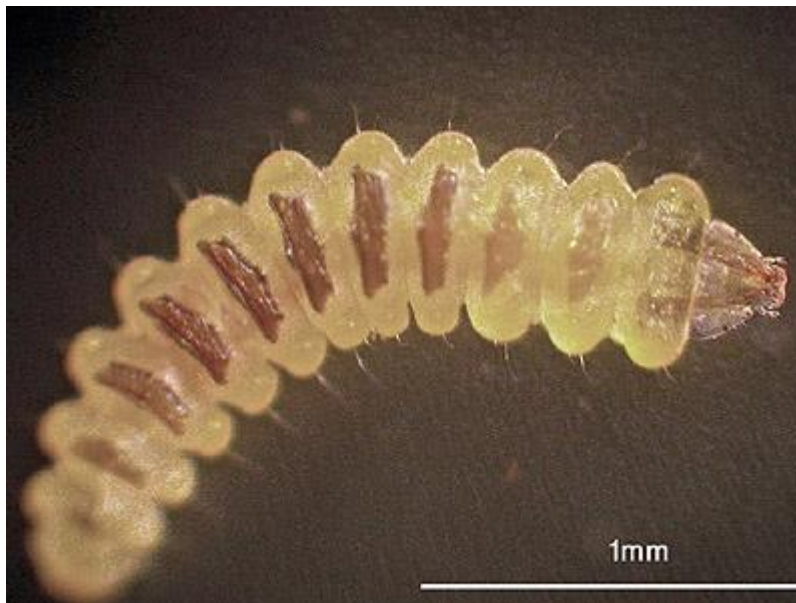


Рис. 1.3. Личинка *C. Ohridella* 4-го віку

(<http://www.eakringbirds.com/eakringbirds4/horsechestnutleafminerlarva02.jpg>)

Личинки п'ятого віку сягають 4,5-6 мм завдовжки та мають зеленувато-сіре забарвлення. Їх тіло вкрите волосками, на грудях та черевці наявні спинні щетинки чорного кольору. Перший сегмент грудей становить 1,1 мм завширшки, проте тепер найширшим являється третій сегмент грудного відділу гусениці, ширина якого досягає 1,26 мм. Головна капсула забарвлена в коричневий колір.

Личинки завершального шостого віку досягають 4,2-5,5 мм завдовжки. Їх тіло матове, блідо-зеленого чи молочно-жовтого забарвлення, вкрите світлими волосками. Перший грудний сегмент відрізняється, порівняно із другим, третім та наступними сегментами черевця, значно меншими розмірами. Головна капсула 0,5 мм завдовжки та 0,45 мм завширшки, її забарвлення майже таке саме, як і забарвлення тіла: від молочно-зеленого до блідо-коричневого кольору.

Лялечка комахи 3,25-5,7 мм завдовжки, має темно-коричневе забарвлення та вкрита короткими світлими волосками. Її голова має характерну форму схожу на дзьоб. На кожному з сегментів черевця знаходиться пара зігнутих гачечків,

що слугують лялечці для утримання за кокон чи епідерміс листка, при відродженні та виході дорослих метеликів з коконів.

#### **1.4. Систематичне положення комах**

Відповідно до даних морфологічної будови, а також спираючись на інформацію про життєвий цикл комах та власні спостереження можна стверджувати, що каштанова міль мінуєча (*C. ohridella*), займає наступне систематичне положення:

Надцарство: Еукаріоти (*Eukaryota*)

Царство: Тварини (*Animalia*)

Тип: Членистоногі (*Arthropoda*)

Клас: Комахи (*Insecta*)

Підклас: Крилаті комахи (*Pterygota*)

Надряд: Комахи з повним перетворенням (*Endopterygota*)

Ряд: Лускокрилі (*Lepidoptera*)

Підряд: Хоботкові (*Glossata*)

Інфраряд: Різнокрилі метелики (*Heteroneura*)

Родина: Молі-строкатки (*Gracillariidae*)

Підродина: (*Lithocolletinae*)

Рід: (*Cameraria*)

Вид: Каштанова мінуєча міль (*Cameraria ohridella*)

#### **1.5. Внутрішня будова комах**

##### **1.5.1. Покриви тіла комах**

Покриви тіла *C. ohridella* складаються з тканини гіподерми. З неї назовні виділяється кутикула – неклітинний шар. Саме вона і зумовлює зовнішній вигляд комах та визначає форму, розміри та забарвлення тіла, відбиваючи чи заломлюючи промені світла. До головних функцій кутикули входить захист від механічних та хімічних пошкоджень, а також від потрапляння паразитів,

випаровування вологи з тіла та його перенагрівання. Також, кутикулярний шар виконує функцію екзоскелету, до нього кріпляться м'язи. В цілому, він формується за незначний проміжок часу, в процесі переходу комахи в імагінальну стадію.

Гіподерма каштанової мінуючої молі представлена одношаровим епітелієм. Основи клітин гіподерми сильно увігнуті, з них формується так званий базальний лабіринт, він є надзвичайно важливим при транспортуванні речовин. Під гіподермою розташована базальна мембрана, що являє собою неклітинну плівку, що утворена з колагенових волокон. Клітини гіподерми омиваються з низу та з боків лімфою, що є фактично відфільтрованою через базальну мембрану гемолімфою. До функцій гіподермальних клітин входить не лише транспорт білків для синтезу кутикули, клітини гіподерми, завдяки високій біосинтетичній активності беруть участь у формуванні поліпептидів кутикули та базальної мембрани [50].

### **1.5.2. Скелетно-м'язова система комах**

Як і для інших комах, для КММ характерна чітка сегментація тіла. Сегменти схожі між собою за будовою і структурою, та складаються з окремих твердих пластинок – склеритів, з'єднаних між собою еластичними плівочками (мембранами). У каштанової мінуючої молі, як і у більшості лускокрилих комах (*Lepidoptera*), відсутні плейрити. Замість плейритів у лускокрилих є рухомі склерити, які називаються тораксальними склеритами: пронотум (передній знімний склерит), мезонотум (середній знімний склерит) та метанотум (задній знімний склерит). Вони утворюють скелет тіла, до якого прикріплюються м'язи і внутрішні органи комах.

Склерити з'єднуються між собою тонкою смужкою мембрани. При зростанні склеритів днин з одним, нерідко можна побачити між ними межу, що має вигляд шва. Рух склеритів забезпечується м'язами, що з'єднують їх між собою. Вчені-ентомологи вважають, що комахи із більшою кількістю склеритів, мають більш складну та розвинену скелетну мускулатуру, ніж комахи, в яких їх

менше. Тіло імаго *C. ohridella* складається з 13 склеритів. До складу голови входять 6 склеритів: епікраніум, фронта, кліпеус, лабрум та дві геналії. Грудний відділ комахи складається з 3 склеритів: пронотуму, мезонотуму та метанотуму. А черевце метелика складається з 4 склеритів: пропелюру, мезоплеврону, метаплеврону та пігідіуму [35].

Складна і розвинена мускулатура комахи забезпечує синхронність та чіткість рухів різних сегментів її тіла, однак вони також можуть приводитись в рух і гідравлічним способом – за рахунок нагнітання гемолімфи (рідкої сполучної тканини тіла комах). Часто гідравліка виконує антагоністичні, по відношенню до м'язів, функції. Вище зазначена будова сегмента дозволяє не лише рухатися склеритам сусідніх сегментів, але й змінювати їх об'єм. Ця здібність відіграє ключову роль у вентиляції дихальної системи комахи.

До складу м'язової системи каштанової мінуючої молі входять м'язи двох типів: скелетні (пов'язані з екзоскелетом комахи) та вісцеральні (ті, що входять до складу її внутрішніх органів). Скелетні м'язи, як і сам екзоскелет комахи є метамерним, тобто певний набір м'язів повторюється та є одразу у декількох сегментах. За локалізацією скелетні м'язи поділяють на м'язи голови, грудей та черевця. Грудні та головні м'язи, як і сегменти в яких вони розташовані, є найбільш спеціалізованими, в той час як м'язи черевця мають більш яскраво виражену метамерію.

М'язові волокна комахи з'єднуються з кутикулою шляхом утворення особливих зв'язків з клітинами гіподерми, що мають назву конічних гемідесмосом. У місцях, де великі м'язи кріпляться до кутикули формуються внутрішні вирости, що мають вигляд напівпрозорих тендонів (сухожиль), чи більш масивних виростів: аподем та апофізів. Дану систему внутрішніх виростів кутикули, що слугують кріпленнями для м'язів, називають ендоскелетом комахи.

Весь м'язовий комплекс КММ представлений виключно поперечно-посмугованими волокнами, які вирізняються своєю значною силою та швидкістю скорочень, а також не аби якою витривалістю. Крилова мускулатура комахи активуються винятково нейронами, тобто нейрогенно, при цьому м'язи

відповідають одним скороченням на один нервовий імпульс. М'язи, що мають такий морфо-фізіологічний тип, називаються синхронними. Як відомо, чим менший розмір комахи, тим більше зусиль їй необхідно докласти для того, щоб підтримувати своє тіло в повітрі. І саме ці якості м'язових тканин метелика дозволяють йому здійснювати політ, при цьому розвиваючи неймовірну, порівняно з іншими комахами, що літають частоту змахів крил (близько 100-120 змахів за секунду) та долати значні, як для своїх розмірів, відстані. На аеродинамічні властивості крил крім форми впливає також наявність на крилах молі покриву з лусочок (тонких пластинок з речовин, що є похідними хітину) [31].

Порожнину тіла каштанової мінуючої розділяють дві тонесенькі плівочки (діафрагмами) на три відділи, що чудово проілюстровано на поперечному розрізі тіла комахи (рис. 1.4).

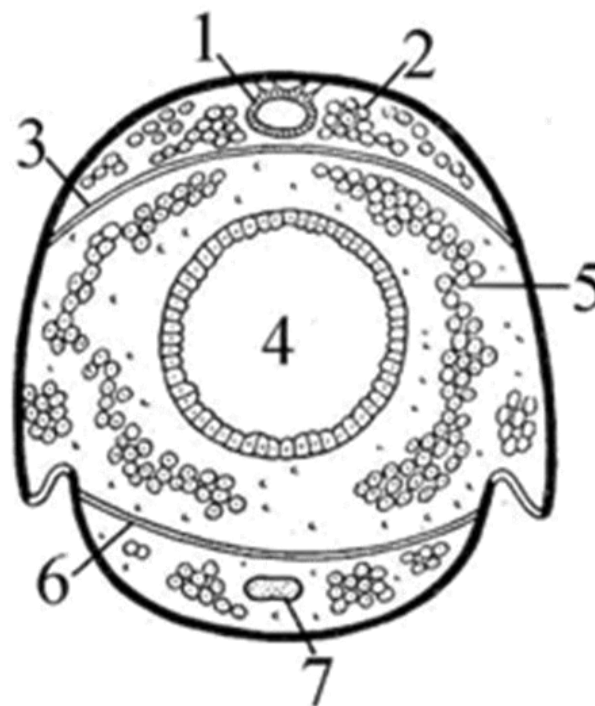


Рис. 1.4. Схема поперечного розрізу тіла комахи: 1 – спинна судина, 2 – клітини перикардального синуса, 3 – верхня діафрагма, 4 – просвіт кишечника, 5 – жирове тіло, 6 – нижня діафрагма, 7 – черевний нервовий ланцюжок [13].

Верхня (спинна) діафрагма простягається між серцем і кишечником і відокремлює навколосерцеву порожнину (перикардіальний синус) від інших відділів місоцеля комахи. Нижня (черевна) діафрагма проходить вздовж вентральної сторони черевця і відокремлює перикардіальний і перивентрикулярний синуси; оскільки *C. ohridella* належить до комах з концентрованою нервовою системою, черевна діафрагма розвинена набагато слабше, ніж у комах з неконцентрованою нервовою системою. Ці дві діафрагми мають вигляд плівчастих м'язових сполучнотканинних структур, що розгорнуті від однієї стінки тіла до іншої у вигляді навісу. Найбільша вісцеральна порожнина розташована в центрі порожнини тіла, між двома діафрагмами, і містить основні органи обміну речовин (травну, видільну та жирове тіло), а також органи розмноження.

### **1.5.3. Травна система комах**

У імаго КММ система травлення максимально спрощена: її ротовий апарат має вигляд тонесенької губної трубочки, через яку комаха не здатна споживати їжу. Загалом органи травлення виконують не прямі, а специфічні функції, наприклад ротовий апарат, замість харчування, слугує комасі для забезпечення необхідного прикріплення до листкової пластини, а стравохід виконує лише аеростатичну функцію, зменшуючи питому вагу тіла, що полегшує політ. Отже, якщо травна система максимально редукована і доросла комаха не має функціональних ротових органів, то це свідчить про те, що імаго *C. ohridella* не харчується.

Однак, на відміну від дорослих комах, личинки каштанової мінуючої молі мають досить розвинену травну систему, що складається з усіх характерних для личинок лускокрилих компонентів, що виконують притаманні даним органам функції травлення. Личинки перших трьох віків мають колючо-сисний ротовий апарат за допомогою якого личинка першого віку проколює листкову кутикулу, проникає всередину епідермісу та активно живиться клітинним соком верхніх шарів паренхіми листям кінського каштана звичайного (*A. hippocastanum*). В

процесі метаморфоз личинки четвертого та п'ятого віків набувають ротові апарати гризучого типу та здатні живитися тканинами всіх шарів паренхіми листка.

Загалом, травна система личинок КММ складається з ротового апарату (колюче-сисного, а пізніше – гризучого), глотки, що переходить у стравохід, та кишечника. Як і у більшості личинок молей, кишечник складається з двох відділів: тонкого та товстого. Тонкий кишківник відповідає за поглинання поживних речовин, а товстий кишківник – за виведення перетравлених решток їжі у вигляді екскрементів [38].

#### **1.5.4. Видільна система комах**

Видільна система КММ представлена жировим тілом, Мальпігієвими судинами та нефроцитами. Жирова тіло (*corpus adiposum*) походить із мезодерми і являє собою спеціалізовану тканину неправильної форми, яка складається з метамерних груп клітин у складі целомічних мішків, які потім об'єднуються і утворюють окремі групи клітин у порожнині тіла, здебільшого у вигляді лопатей. Жирове тіло оточене судинами та трахеями з усіх боків, що свідчить про його високу метаболічну активність. Фактично, основною функцією жирового тіла є підтримка процесів метаболізму. Оскільки кількість поживних речовин, що зберігаються в жировому тілі, впливає на швидкість росту комах, строки метаморфозу і розвиток яєць, жирове тіло також бере участь у регуляції росту, метаморфозу і розмноження комах шляхом накопчування і вивільнення ключових молекул у гемолімфу. Крім видільних функцій, жирове тіло також слугує опорою для внутрішніх органів у порожнині тіла, тимчасово накопчує метаболіти і бере участь у їхній детоксикації, а також слугує резервом для клітин гемолімфи комах [30].

Нефроцити – клітини оточені товстою базальною мембраною, що також мають мезодермальне походження та розміщуються у порожнині тіла комах. Основна їх маса розташована біля серця, а також по стінках кишківника. Нейроцити відіграють важливу роль у процесі підтримання гомеостазу (відносно

постійного хімічного складу внутрішнього середовища організму комах). Ці клітини синтезують та накопичують деякі колоїдні речовини (переважно білки), підтримують сталий осмотичний тиск у гемолімфатичній системі і акумулюють макромолекули, одержувані з їжею (хлорофіл), а також нейтралізують токсини та бактерії (за участю лізоциму – білка, що руйнує клітинні стінки бактерій). Таким чином, незважаючи на свою назву, нефроцитів доречніше віднести до метаболічно активних клітин, що підтримують гомеостаз, ніж до екскреторних структур.

Одними з найголовніших органів видільної системи каштанової мінуючої молі є Мальпігієві судини. Мальпігієві судини – трубкоподібні утворення на задній кишці комах, які мають рухомий вільний кінець, що омивається гемолімфою. Стінки судин вкриті залозистим епітелієм. Усі клітини, які відповідають за еккрецію продуктів в організмі комах, мають вкриті мікрворсинки верхівки та мають велику кількість вакуоль та мітохондрій. Ці клітини можна розділити на дві групи: поглинальні та видільні. Поглинальні клітини поглинають речовини шляхом ендоцитозу, а видільні виділяють розчинні та нерозчинні продукти. Клітини Мальпігієвих судин мають просторову диференціацію, де екскреторні клітини (видільні) знаходяться біля вільних кінців судин, а інкреторні клітини (поглинальні) знаходяться поблизу місця, де судина входить у задню кишку. Ця диференціація вважається важливою для ефективного функціонування судин [71].

#### **1.5.5. Кровоносна система комах**

Головним компонентом кровоносної системи КММ є спинна судина, що розташована у перикардіальному синусі вздовж дорзального боку тіла комах. Спинну судину поділяють, за наявності в ній камер, на серце (ділянку, що має камери) та аорту (ділянку, в якій камери відсутні). Серце комах являє собою задню частину спинної судини, розділену поперечними клапанами на камери – збільшені у розмірах ділянки судини, що мають з боків отвори (остії).

Серце *C. ohridella* має 3 камери: передсердя (*atrium*), лівий шлуночок (*ventricle I*) та правий шлуночок (*ventricle II*). Кожна камера серця має по одній парі бічних остіїв, що в свою чергу мають власні клапани з краями загнутими всередину серця. Задній кінець серця комахи не є сліпо замкненим, а має відкритий вихід (*outlet*). Він знаходиться на задній стінці правого шлуночка (*ventricle II*). Вихід з серця охоплює клапанний апарат, який може регулювати рух крові через серце.

Прямо під серцем розташовані метамерні крилоподібні м'язи, що мають трикутну форму та входять до складу дорзальної діафрагми. Стінка серця *C. ohridella* складається з кількох шарів м'язових клітин. Зокрема, до складу стінки передсердя (*atrium*) входить як шар кільцевих м'язових клітин так і поздовжні м'язи, а стінки шлуночків (*ventricles*) складаються з кільцевих та косих м'язів. Таким чином, можна стверджувати, що стінки серця каштанової мінуючої молі містять не лише один шар кільцевих м'язів, а й інші типи м'язових клітин. Окрім скоротливих елементів, клітини серця також мають везикули та сильно розвинений апарат Гольджі. Це вказує на те, що серце комахи, окрім транспортної функції (перекачки гемолімфи), бере активну участь у синтезі біологічно-активних речовин та є важливим елементом у підтриманні гомеостазу.

Спереду серце продовжується окремою аортою, яка виходить з передньої частини правого шлуночка (*ventricle II*). Крім того, передня частина передсердя (*atrium*) також містить кілька невеликих відділень, які можуть слугувати синусами та вести до інших артерій або вен, але ці відділення не досліджувалися детально [49].

Гемолімфа КММ прозора, безбарвна або має дещо жовтуватий відтінок, вона складається із рідкої плазми та гемоцитів. Окрім води, частка якої становить 75-90%, до складу гемолімфи також входять дисоційовані солі, поживні речовини (білки, трегалоза), ферменти, гормони, сечова кислота, пігменти, антибіотичні речовини, лізоцим та інші. До головних функцій плазми гемолімфи належать транспортна (преміщення поживних речовин, гормонів, продуктів

обміну тощо), резервна (тимчасово акумулює метаболіти), терморегуляторна (допомагає підтримати оптимальну температуру тіла), буферна (при змінах кислотності середовища). Також плазма виступає джерелом клітинної рідини в умовах дефіциту вологи та забезпечує гідравлічний рух окремих частин тіла.

Гемолімфа циркулює завдяки скороченням серця та діафрагм, а також частково за рахунок пульсації заднього боку аорти. Під час скорочення крилоподібних м'язів дорзальна діафрагма опускається і об'єм перикардіальної порожнини збільшується, як наслідок, понижаючи в ній тиск рідини, що призводить до всмоктування гемолімфи. Водночас шлуночки серця розширюються (діастола), і гемолімфа проходить через остії всередину серця. Потім серце скорочується (систола), і гемолімфа перетікає із задньої частини тіла в передню. Зворотному току гемолімфи від серця в перикардій перешкоджають клапани остій, а рух гемолімфи від камери до камери (назад) унеможливають клапани між ними.

#### **1.5.6. Дихальна система комах**

Дихальна система КММ, як і у більшості комах, представлена складною системою трахей та трахеол, що пронизують все тіло комах, постачаючи кисень безпосередньо в кожен клітинний стінок органів комах та забезпечують газообмін із зовнішнім середовищем.

Трахейна система комах, у свою чергу, складається із наповнених повітрям хітинових трубочок, що являють собою похідні покривів екзоскелета, що загорнуті всередину тіла (по парі загортань на кожен сегмент). Гемолімфа комах не виконує функцію перенесення кисню та газообміну, саме тому, щоб забезпечити організм киснем, система трубочок сильно галузиться, а її площа контакту із тканинами, на якій відбувається дифузія, кратно збільшується. У комах найбільш дрібні розгалуження трахеол мають діаметр менше 1 мкм та дістаються до окремих клітин, наприклад трахеоли, що відходять до літальних м'язів, можуть занурюватись прямо всередину клітин і досягати майже до їх мітохондрій.

Трахеї *C. ohridella* відкриваються назовні вісьмома спеціальними отворами – дихальцями (стигмами). Вентиляція трахей у личинок комахи відбувається за рахунок зміни розміру та форми тіла під час її рухів. При кожному русі личинки м'язова система змінює тиск у тілі, що допомагає розширити або стиснути трахеоли, що в свою чергу призводить до транспортування повітря. Дихальна система личинок значно спрощена та має менш розвинену та менш розгладжену систему трахей та трахеол, це є своєрідним адаптивним пристосуванням, пов'язано з тим, що личинка знаходиться всередині паренхіми листка [58].

У дорослих комах трахейна система більш складна та розвинена, а її вентиляція здійснюється за рахунок рухів тіла, зокрема розширення та стиснення тораксу (грудей). Такі рухи тіла забезпечують зміну об'єму грудної порожнини, що спричиняє потік повітря у трахеї [66].

### **1.5.7. Нервова система комахи**

Нервова система КММ складається з двох відділів: центральної (ЦНС) та периферичної. Завдяки спільній роботі цих відділів, комаха сприймає подразнення і зміни в навколишньому середовищі та відповідно реагує на них, координуючи роботу всіх систем в організмі.

Центральна нервова система комахи являє собою нервовий ланцюжок, утворений парними метамерними гангліями (нервовими вузлами), розташованими в кожному сегменті тіла імаго, та сполученими між собою парними чи непарними конективами (сплетіннями нервових волокон, що з'єднують між собою два сусідніх ганглії). Найважливішими в роботі центральної нервової системи є надглотковий та підглотковий ганглії. Надглотковий ганглії (який ще називають головним мозком комахи), утворений шляхом злиття перших трьох гангліїв, що знаходяться над кишечником комахи. Головний мозок комахи поділять на 3 відділи (протоцеребрум, дейтоцеребрум та тритоцеребрум), які мають різну будову та виконують характерні для них іннервативні функції.

Передній відділ головного мозку – протоцеребрум, вирізняється серед двох інших своїм великим розміром та найскладнішою будовою. Даний відділ іннервує органи зору комахи та утворює збоків надзвичайно великі вирости (зорові частки), що розташовані безпосередньо під фасетковими очима. Середній відділ головного мозку – дейтоцеребрум, виконує функцію іннервації антен метелика. Біля основи антенальних нервів, розташовані вирости невеликих розмірів, що мають назву нюхових часток, вони опрацьовують (аналізують) інформацію, що надходить від хеморецепторів комахи. Задній відділ головного мозку – тритоцеребрум розділений на дві симетричні частини, нервові волокна від яких до тягнуться до верхньої губи. Цей відділ головного мозку, відіграє провідну роль в іннервації внутрішніх органів комахи [34].

Підглотковий ганглії утворений шляхом цілковитого злиття трьох метамерних гангліїв голови, а його навкологлоткові конективи, оперезуючи кишечник комахи з боків, з'єднують підглотковий ганглії з тритоцеребрумом. Підглотковий ганглії *C. ohridella* іннервує м'язи губ та стравоходу, а також відповідає за контроль над процесами ковтання та перистальтики. Підглотковий ганглії починає собою черевний нервовий ланцюг, у каштанової мінуючої молі він складається із семи гангліїв: трьох грудних та чотирьох черевних. Грудні ганглії відрізняються від черевних більшим розміром, це пов'язане з тим, що саме вони іннервують м'язи ніг та крил комахи. Останній ганглії черевця також має збільшені розміри, завдяки ньому відбувається іннервація репродуктивних придатків на кінці черевця: копулятивного апарату у самця (едеагуса) та статевих органів у самки [64].

Периферична нервова система (ПНС) КММ складається з нервових волокон, що відходять від центральної нервової системи (головних та черевних гангліїв) і розгалужуються по всьому тілу, забезпечуючи комунікацію між центральною нервовою системою та периферійними органами тіла комахи. До складу периферичної нервової системи входять симпатична та парасимпатична системи, які регулюють серцеву діяльність та процес дихання.

Серце комах іннервує симпатична нервова система і черевний нервовий ланцюг, нервові імпульси, що від них надходять, не провокують скорочень серця, а лише регулюють їх ритм та амплітуду. Окрім того, на серцеву активність також має вплив спинна (дорзальна) діафрагма.

Дихання у *C. ohridella* іннервується за допомогою симпатичної і парасимпатичної нервової системи. У процесі дихання, симпатична нервова система, забезпечує стискання тораксу, що в свою чергу викликає надходження повітря до трахей (вдих). А імпульси парасимпатичної нервової системи, навпаки – розширюють торакс, забезпечуючи вихід повітря з трахей (видих) [66].

### **1.5.8. Органи чуття комах**

На голові у КММ розташовані основні органи чуття комах – очі та вусики. У *C. ohridella* є пара складних фасеткових очей, що мають велику роздільну здатність та дозволяють комасі розрізняти найдрібніші деталі навколишнього середовища, сприймають рухи та допомагають їх чітко орієнтуватися у просторі. Фасеткові очі каштанової мінуючої малі мають розмір 263,0 мкм у самців і 238,9 мкм у самок та складаються з багатьох незалежних зорових одиниць (оматидіїв), у складному оці самців *C. ohridella* їх налічується 417, а у самок – 367 омаїдіїв [47]. (рис. 1.5).

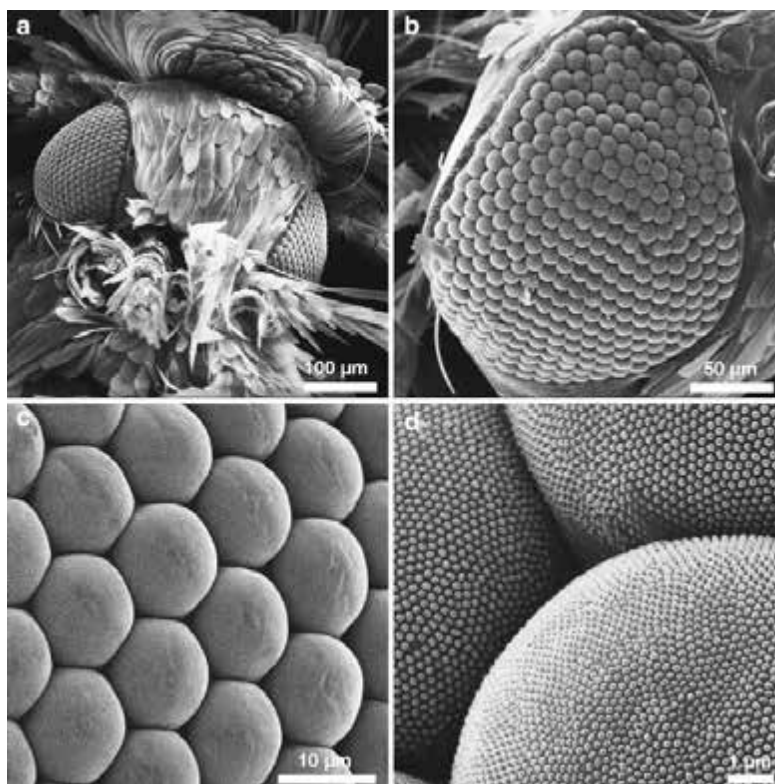


Рис. 1.5. Електронно мікроскопічний знімок органів зору *C. ohridella*:  
 а – голова комахи, з розташованими на ній складними фасетковими очима; б –  
 складне фасеткове око; с – структурні одиниці складного ока (оматидії); д –  
 міжклітинних простір між омадидіями

([https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs00435-011-0141-0/MediaObjects/435\\_2011\\_141\\_Fig2\\_HTML.jpg](https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs00435-011-0141-0/MediaObjects/435_2011_141_Fig2_HTML.jpg))

Омадидії – це структурно-функціональні одиниці складного ока комахи, фоторецептори, які у каштанової мінуючої молі сягають 80 мкм у довжину і 11,5 мкм в діаметрі. До їх основних функцій входить заломлення та фокусування світла, а також його ізоляція та сприйняття, що забезпечує комасі високу роздільну здатність та чутливість до світла.

Світлозаломлювальний та фокусуючий апарат омадидія складається із кришталика (прозорої кутикули омадидія, що має вигляд гексагональної лінзи, опуклої з обох боків) і кристалічного конуса (утвореного з прозорих Земперових клітин). Світлоізоляційний апарат представлений головними пігментними (корнеагенними) клітинами та додатковими пігментними (ірисовими) клітинами,

що містять світловідбивні пігменти охроми і птерини. Функціональною одиницею омаїдїя, яка сприймає світло, є зорова (ретинальна) клітина, що представлена нейроном з укороченим аксоном.

Око КММ має у кожному омаїдїї по 8 ретинальних клітин, які розташовані по колу у вигляді дольок апельсина, таким чином, що кілька з них зміщені у бік базальної мембрани. Разом ретинальні клітини утворюють циліндричний пучок – ретину, в центрі якої знаходиться рабдом, що складається з окремих рабдомерів. Кожен рабдомер є спеціалізованою ділянкою клітин ретини і утворює численні трубчасті виступи – мікрворсинки. Рабдомери розташовані перпендикулярно до поздовжньої осі рабдома і містять вбудований в мембрану зоровий пігмент родопсин, що під впливом світла перетворюється в метародопсин та викликає збудження ретинальної клітини.

Таким чином, світло проникає через кришталік і кристалічний конус омаїдїя та потрапляє на рабдом, викликаючи появу нервового імпульсу (рис. 1.6).

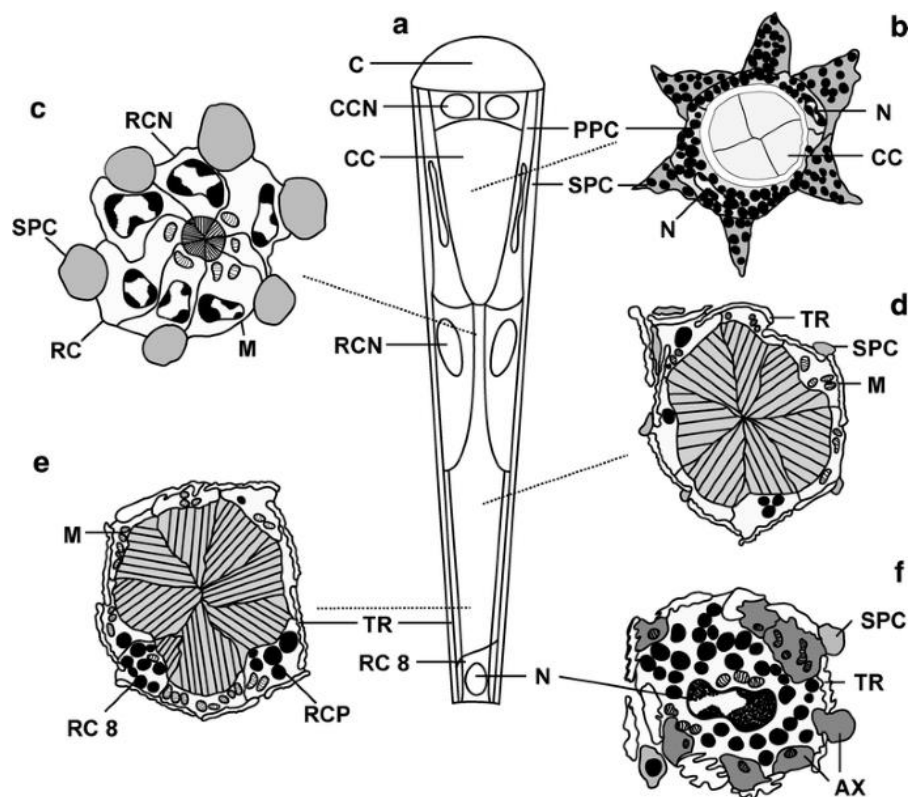


Рис. 1.6. Схема будови омаїдїя *C. ohridella*:

a – центральний канал омаїдїя; b – ретїна, що складається з фоточутливих клїтин; c – пїдпїрнї клїтини, якї оточують ретїну та центральний канал; d – кутикула, що оточує омаїдїй; e – нейрони, якї пересїлають сїгналі вїд фоточутливих клїтин ретїни до мозку комахи; f – глїальнї клїтини, якї забезпечують живлення та пїдтрїмку омаїдїя ([https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs00435-011-0141-0/MediaObjects/435\\_2011\\_141\\_Fig3\\_HTML.gif](https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs00435-011-0141-0/MediaObjects/435_2011_141_Fig3_HTML.gif))

Окрїм очей у фїтофага також є пара нїткоподїбних (фїлїформних, вїд лат. *filum* – нїтка і *forma* – форма) вусикїв, що дозволяють комасї вїдчувати запахи, змїни температури та їншї фактори навколишнього середовища. Вусики гнучкї, тонкї та довгї, пїд час сїдїння, комаха трїмає їх загнутими назад паралельно до крил і в такому положеннї вони сягають 3/4 довжини тїла метелика. Антени *C. ohridella* складаються з 15 сегментїв, якї поступово зменшуються у розмїрї вїд основи до кїнчика. Кожен сегмент мїстить ряд сенсильних волоскїв (сенсил), якї забезпечують комахам сприйняття хїмїчних та фїзичних змїн в навколишньому середовищї. У кутикулі кожної з сенсил, в залежностї вїд її спеціалїзацїї, є один або безлїч отворїв, до яких х тягнуться дендрити декїлькох чутливих нейронїв, що сприймають їнформацїю та передають нервовї їмпульси до мозку комахи. Сенсильнї волоски КММ мають рїзну будову та виконують свої специфїчнї рецепторнї функцїї:

шиповиднї сенсили (*spine-like sensilla*) – вїдповїдають за вїдчуття дотику, з їх допомогою комаха визначає форму та текстуру об'єктїв;

волоскоподїбнї сенсили (*hair-like sensilla*) – вїдповїдають за сприйняття запахїв і хїмїчних речовин та допомагають комасї в пошуцї джерела їжї та партнерїв для розмноження;

булавоподїбнї сенсили (*club-like sensilla*) – використовуються комахою для сприйняття рїзноманїтних фїзичних подразникїв, таких як вїбрацїї та температура;

пероподібні (feather-like sensilla) та стромальні сенсиль (stromal sensilla) – мають функцію сприйняття повітряних потоків та вібрації, що дозволяє комасі орієнтуватися в просторі та локалізувати джерела звуку;

гребінчасті (comb-like sensilla) та чашеподібні сенсиль (cup-shaped sensilla) – відповідають за сприйняття хімічних речовин, таких як феромони, що допомагає комахам знаходити партнерів для розмноження [69].

### **1.5.9. Статева система комах**

Статева система виконує у комах репродуктивну функцію. Каштанові мінуючі молі – різностатеві істоти. Їх зовнішні статеві придатки (геніталії) знаходяться на восьмому та дев'ятому сегментах абдомена. Загальна схема будови статевих органів подібна для обидвох статей і складається із парних репродуктивних залоз та системи протоків для їх виведення.

Жіноча статеві КММ складається із яєчників та пари статевих проток, за даними досліджень, аксесорні залози у самиць молі відсутні. Яєчники молі, в свою чергу, складаються з двох яйцевих трубок (оваріол) – мезодермальних, первинно метамерних структур, всередині яких міститься безліч фолікул. За допомогою мікроскопічного аналізу, дослідники виявили, що фолікули в яєчниках КММ мають різний розмір та ступінь зрілості, що свідчить про розвиток яєцеклітин у різний час. Кожна яйцева трубка покрита сполучнотканинною оболонкою, що утворена з м'язових волокон із трахеями та складається з трьох відділів: термінального філамента, яким трубочка кріпиться до стінки тіла, гермарія – зони утворення ооцитів, та вітеллярія – поділену на яйцеві камери ділянка, в якій дозрівають ооцити [44].

Статева система самців *C. ohridella* складається з сім'яників та сім'яних проток, які відкриваються в гонади, розташовані на останньому сегменті черевця. Кожен сім'яник складається із трубчастих сім'яних фолікул. Всередині них протікають процеси сперматогенезу. Сперматогонії (зародкові клітини) містяться на верхівці фолікула (гермарія) разом з апікальною поживною клітиною. Сперматоцити першого порядку утворюються в результаті міотичного

поділу сперматогоніїв. У свою чергу сперматоцити першого порядку, шляхом мейозу, перетворюються на гаплоїдні сперматиди, які в подальшому переходять в сперматозоїди, шляхом дозрівання. Після дозрівання, сперматозоїди рухаються сім'яними протоками назовні та нагромаджуються в їх потовщеннях (сім'яних пухирцях), а тоді, через сім'явипорскувальний канал виводяться назовні [43].

### 1.6. Особливості біології та циклу розвитку комахи

Крім значної шкідливості КММ, вирізняється також досить високою репродуктивною здатністю та швидким поширенням на нових територіях.

*C. ohridella* – це комаха з повним перетворенням, тобто в процесі онтогенезу, вона проходить фазу яйця, личинки та лялечки, перш ніж стати дорослою особою (імаго) (рис. 1.7).

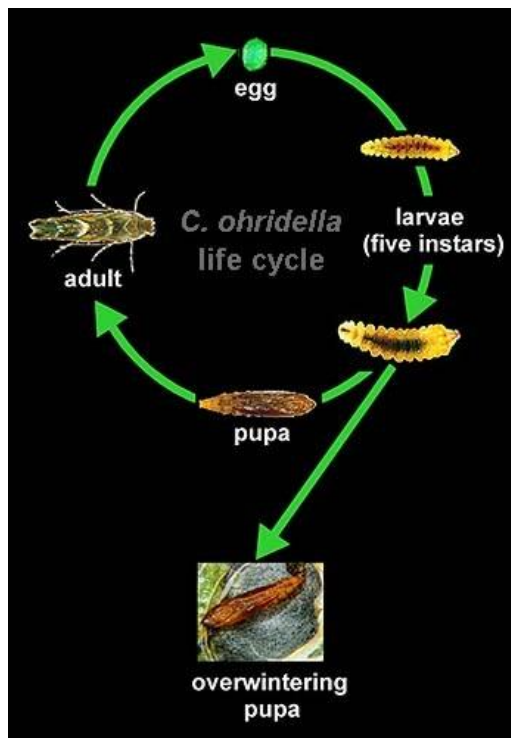


Рис. 1.7. Схема життєвого циклу КММ

(<https://www.summagallicana.it/lessico/c/Cameraria%20ciclo%20biologico.jpg>)

Зиму міль переживає у стадії лялечки, у шовковому коконі, усередині паренхіми опалого листа каштана. Тут вона почуває себе захищеною від дії несприятливих умов навколишнього середовища, природних хижаків і паразитів. Відомо, що до 4500 екземплярів молі може з'явитися з 1 кг сухих минулорічних

листіків, тобто 1 кг листків є основою для утворення до 80 000 яєць у наступному весняному поколінні [1].

Наприкінці квітня – на початку травня з коконів виходять дорослі особини та починають спарюватися. Одна самка після спарювання відкладає на верхньому боці листкової пластини 40-50 яєць салатого кольору, з яких згодом з'являються білі гусениці. У процесі морфогенезу личинки фітофага проходять крізь 6 линянь. Гусениці 1-3 віку мають ротовий апарат колюче-сисного типу, за допомогою якого личинка першого віку проколне листкову кутикулу, проникає всередину епідермісу та живиться клітинним соком верхніх шарів паренхіми, утворюючи світлу міну на поверхні листка. Гусениці 4-5 віку набувають ротовий апарат гризучого типу та здатні живитися тканинами всіх шарів паренхіми. Міна концентрично збільшує свою площу та змінює своє забарвлення на коричневе. Личинка 6-го віку не живиться та має добре розвинений прядильний апарат, за допомогою якого й формує шовковий кокон, у якому гусениця заляльковується. Імаго теж не живляться та мають редукований ротовий апарат, їх головною метою є пошук партнера та продовження роду [25].

При інтенсивній заселеності листкових пластин каштана личинками *C. ohridella*, коли кількість утворених ними мін становить більше сотні на один листок, відбувається їх злиття з подальшим утворенням однієї великої спільної міни, в якій знаходиться безліч личинок різних віків (рис. 1.8). В таких умовах починається конкуренція між личинками за обмежені харчові ресурси в ході якої іноді, можна спостерігати навіть явище канібалізму, коли личинки четвертого-п'ятого віків поїдають сокоїдних личинок молодших віків [54].

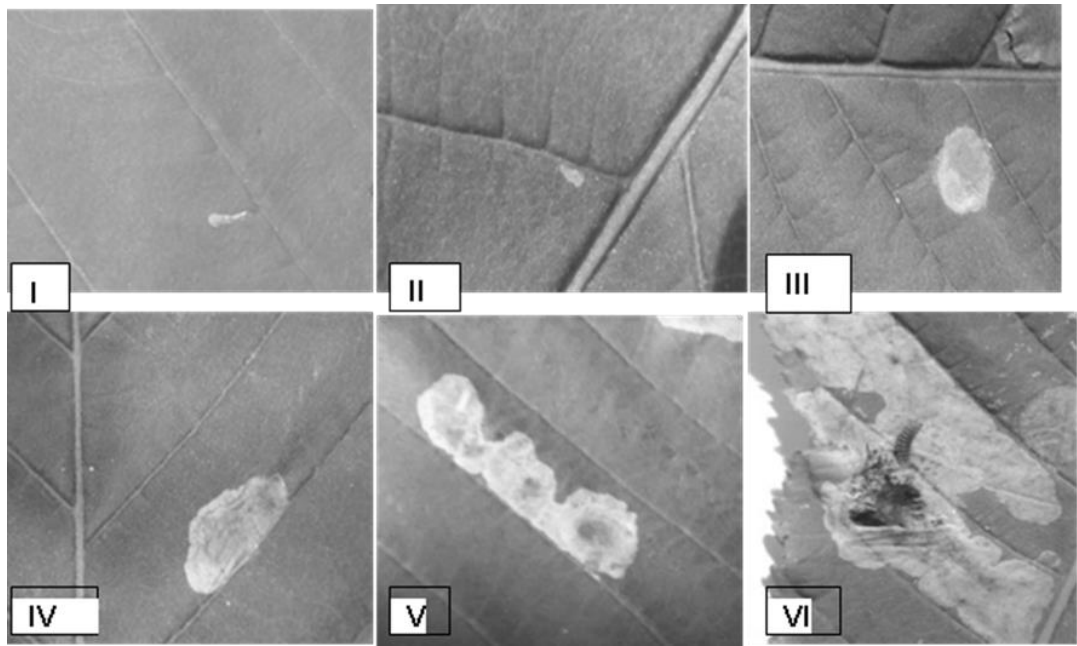


Рис. 1.8. Міни, що утворюють гусениці *C. ohridella* різних віків [15]

Всього на розвиток гусениць витрачається від 25 до 36 діб: гусениця першого віку розвивається 1-3 доби, гусениця другого віку – 3-5 діб, гусениця третього віку – 4-6 діб, п'ятого – 10-12 діб та шостого – 1-3 доби.

Уже на стадії лялечки, можна спостерігати яскраво виражений статевий диморфізм комахи (рис. 1.9). Він проявляється в тому, що у лялечок самців сьомий сегмент дистально розширений, на відміну від лялечок самиць [48].

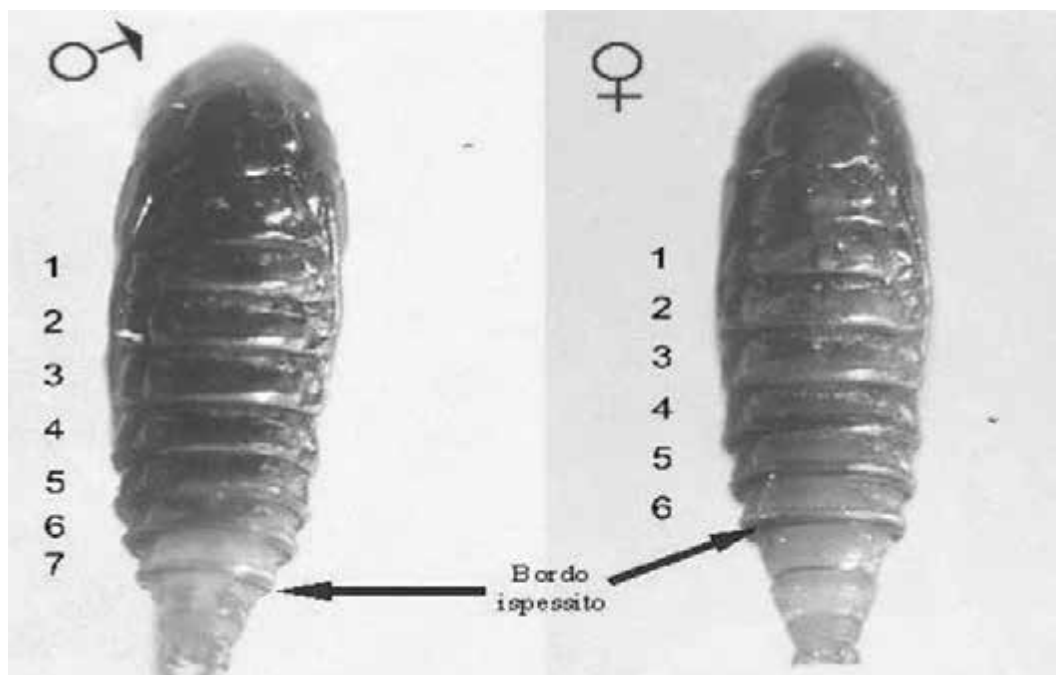


Рис. 1.9. Прояв статевого диморфізму *C. ohridella* на стадії лялечки [15]

Розвиток лялечки становить від семи до чотирнадцяти діб в літній період та до пів року в період зимівлі. Для нормального розвитку лялечкам самців необхідна мінімальна температура вище 10,6 °С, а для лялечок самиць – 9,8 °С. При середньодобовій температурі близько 15 °С, різниця в необхідному для розвитку часі між лялечками різних статей становить 8 діб, а при температурі близько 24 °С – всього одну добу. Саме тому самці розпочинають літ раніше за самиць на 7-10 днів. Дорослі особини покидають свої кокони переважно в першій половині дня. Перед тим, як з лялечки відродиться метелик, вона прориває верхню шкірку міни своєю дзьобоподібною частиною голови і вистромлює 2/3 довжини свого тіла назовні (рис. 1.10). З моменту вильоту імаго із личинок до їх статевої зрілості проходить щонайменше 19 діб, стільки ж триває і період їх масового льоту.



Рис. 1.10. Лялечка *C. ohridella*, що прорвала міну та починає відродження  
(<https://insecta.pro/images/1024/15373.jpg>)

*C. ohridella* – полівольтинна комаха, її розвиток в умовах України відбувається у трьох повних і четвертому факультативному поколіннях. На території Києва та області фітофаг продукує лише три генерації. Лялечки третього покоління впадають у зимову діапаузу. Проте в деякі роки, коли спостерігаються ідеальні погодні умови для розвитку шкідника (один або два

рази за 11-річний цикл), можна спостерігати часткову появу імаго третього покоління молі. Однак за таких умов розвиток четвертого покоління не завершується, що значно скорочує чисельність діапазуючих лялечок, що в свою чергу зменшує популяцію молі в наступному році [2].

Масовий літ імаго, що відродилися із зимуючих лялечок розпочинається на початку травня, коли температура повітря підіймається вище 10 °С. Літ метеликів першої генерації відбувається з кінця червня до середини липня, його тривалість становить 18-23 діб. Літ метеликів другої генерації відбувається з першої декади серпня по кінець другої декади вересня. Його тривалість становить 30-40 діб. Імаго третього покоління розпочинають свій літ з середини липня, що триває приблизно 30 діб: до середини вересня (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

### Фенологія циклу розвитку каштанової мінуючої молі

Покоління	Строки масової появи, тривалість															Зимуюча стадія	
	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
I	(0) +	(0) +														Лялечки в опалому листі	
	•	•	•	•	•	•	•	•	•								
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0					
II					+	+	+	+									
					•	•	•	•									
					-	-	-	-	-	0	0	0	0	0			
III								+	+	+	+						
								•	•	•	•	•					
								-	-	-	-	-	0	0	0	(0)	(0)

Умовні позначення: + стадія дорослої особи; • стадія яйця; - стадія личинки; 0 стадія лялечки; (0) зимуюча стадія [15]

## 1.7. Шкідливість комахи

Каштанова мінуюча моль – один з двох видів (разом з *C. aesculisella* з Північної Америки) цього роду, які живляться кінськими каштанами. Гусениці живуть і харчуються листям різних видів кінського каштана, рідше клена, наприклад клен явір (*Acer pseudoplatanus*) та клен гостролистий (*Acer pseudoplatanoides*). Якщо дані види кленів ростуть поруч із насадженнями кінського каштана – вони будуть успішно заселені міллю, що може пошкодити до 100% їх листових пластин [59].

Самки КММ відкладають, вкриті безбарвним секретом яйця, на верхньому боці листової пластини дерева, зазвичай біля жилок. Згодом із них починають відроджуватись личинки, що проникають під шкірку листка та починають активно споживати його соки. У процесі гіперметаморфоз, ротовий апарат личинок стає гризучим і вони починають проїдати в паренхімі листка ходи, заглиблюючись всередину. На листках стають помітними характерні біло-жовті плями, які згодом буріють чи червоніють внаслідок виділення продуктів життєдіяльності личинок. Такі плями на листових пластинах дістали назву мінами (від чого і походить назва шкідника) (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Міни на листках кінського каштана звичайного (власне фото)

В процесі онтогенезу, лялечка комахи остаточно розриває шкірку листка на поверхні міни, тим самим наносячи ще більші ушкодження асиміляційному апарату каштана. За вегетаційний сезон каштанова мінуюча міль встигає реалізувати три генерації, ушкодження від яких не лише знижують естетичність та декоративність дерев, але й призводять до їх передчасної дефоліації, як наслідок дерева не встигають накопичити достатню кількість поживних речовин, їх загальний стан та морозостійкість погіршуються, що може стати причиною відмирання дерев під дією низьких температур.

Якщо дерево не вимерзне за зимовий період, пошкодження, завдані міллю в минулому сезоні, не дозволять йому нормально розвиватися навесні, його гілки можуть всихати, а загальний фітосанітарний стан рослин погіршуватись, дерева будуть слабкими, що робить їх сприйнятливими до заселення іншими шкідниками та патогенами.

При значному пошкодженні асиміляційного апарата, рослина намагається відновити втрачені вегетативні органи, випускаючи листки зі сплячих бруньок, та може почати повторно цвісти в кінці вересня (рис. 1.12). Це явище остаточно виснажує кінські каштани, особливо у посушливі роки, спричиняє загибель дерев, а також може стати каталізатором для ураження каштанів грибом *Guignardia aesculli*, який є не менш небезпечним, ніж КММ, що лише погіршує завдані нею ушкодження [15].



Рис. 1.12. Повторне осіннє цвітіння кінських каштанів

([https://ye.ua/images/news/\\_Priroda\\_divuye\\_chomu\\_na\\_Hmelnichchini\\_zacvili\\_u\\_v\\_eresni\\_kashtani\\_1\\_2018\\_09\\_13\\_03\\_23\\_41.jpg](https://ye.ua/images/news/_Priroda_divuye_chomu_na_Hmelnichchini_zacvili_u_v_eresni_kashtani_1_2018_09_13_03_23_41.jpg))

Доведено, що повторне цвітіння гіркокаштанів, спричинене надмірним пошкодженням асиміляційної поверхні личинками КММ має деструктивний вплив на рослини, провокуючи різкі зміни ключових фітогормонів: концентрація у коренях дерева цитокінінів падає у 10 разів, а вміст гіберелінів та абсцизинової кислоти (гормону стресу) – навпаки зростає у 8 та 20 разів відповідно. Це призводить до зміни рослиною типу водообміну із гідрофільного на гідрофобний та накопичення надмірної кількості абсцизинової кислоти, яка в свою чергу є каталізатором процесів старіння рослинного організму [10, 11].

### **1.8. Фізіологічні та молекулярні аспекти резистентності видів рослин роду *Aesculus* проти каштанової мінуючої молі (*C. ohridella*)**

Різні види каштана пошкоджуються міллю неоднаково, оскільки їх листки мають індивідуальні анатомо-фізіологічні особливості зовнішніх оболонок, а також різну кількість біологічно активних хімічних речовини у складі тканин листової пластини. Ці вторинні метаболіти приймають участь у протекторних механізмах рослини проти збудників захворювань різної етіології та комах-фітофагів, роблячи харчову цінність дерев для шкідників нижчою, а отже збільшують їх стійкість. Доведена пряма кореляція між рівнем даних речовин у листках рослини та ступенем їх пошкодження КММ: чим більше фенольних сполук, кавової та хлорогенової кислоти входить до складу зеленої маси каштана тим він є менш вразливим до дії шкідника, і навпаки [65].

У своїх дослідженнях, Скуграва В. виділяє 4 види каштанів, що мають ефективні захисні механізми проти КММ: каштан м'ясочервоний (*A. carnea* Hayne), гіркокаштан індійський (*A. indica*), гіркокаштан дрібноквітковий (*A. parviflora* Walt.) та гіркокаштан голий (*A. glabra* Willd) [67].

Також до стійких видів з роду *Aesculus* відносяться гіркокаштан асамський (*A. assamica*), гіркокаштан китайський (*A. chinensis*) та гіркокаштан каліфорнійський (*A. californica*). Лілла Єва Д'Коста, у своїй кандидатській дисертації вказує на те, що на гіркокаштані китайському (*A. chinensis*) та голому (*A. glabra*), була відмічена смертність личинок, що досягли старших віків

(тканиноїдних), а на гіркокаштані дрібноквітковому (*A. parviflora*), асамському (*A. assamica*), каліфорнійському (*A. californica*), китайському (*A. chinensis*) та індійському (*A. indica*) не виживали навіть сокоїдні гусениці перших двох віків [39].

Науковиця пропонує наступну градацію видів рослин з роду *Aesculus* за ступенем чутливості до негативного впливу личинок КММ на асиміляційний апарат (табл. 1.2).

Таблиця 1.2.

**Чутливість деяких видів рослин з роду *Aesculus* до пошкодження асиміляційного апарату личинками *C. ohridella***

Види та гібриди	Ступінь чутливості до пошкодження асиміляційного апарату личинками <i>C. ohridella</i>
<i>A. hippocastanum</i>	+
<i>A. turbinata</i>	+
<i>A. flava</i>	+/-
<i>A. pavia</i>	+/-
<i>A. sylvatica</i>	+/-
<i>A. chinensis</i>	-
<i>A. indica</i>	-
<i>A. assamica</i>	-
<i>A. wilsonii</i>	-
<i>A. californica</i>	-
<i>A. parviflora</i>	-
<i>A. carnea</i>	+/-

(+) – чутливі види; (+/-) – види з неповною чи нестабільною резистентністю; (-) – стійкі види.

Різна чутливість рослин гіркокаштанів до пошкоджень листків, викликаних преімагінальними стадіями КММ, залежить не стільки від морфологічних відмінностей між різними видами дерев, як від анатомічної будови їх листкових пластин, а також їх біохімічного складу (концентрації в тканинах рослин

вторинних метаболітів, що пригнічують розвиток личинок КММ або навіть призводять до загибелі фітофага в наслідок інтоксикації в процесі живлення).

Дерева гіркокаштанів мають безліч захисних механізмів проти патогенних мікроорганізмів та фітофагів, в тому числі і проти КММ. Дані захисні механізми можна розділити на конституційні (тобто ті, які наявні в рослині перманентно і не залежать від присутності шкідника) та індуковані (ті, які організм рослини активує, лише у відповідь на негативну дію від проникнення фітофага). До конституційних механізмів протидії фітофагу можна віднести потовщення клітинних стінок листка, та в цілому кутикулярного шару листової пластини. Значна товщина та задерев'янілість, просочених кутином, зовнішніх оболонок епідермальних клітин ускладнює чи навіть унеможлиблює проникнення личинок КММ через епідерміс у верхні шари паренхіми листка [70].

Наступним конституційним механізмом стійкості, притаманним для деяких видів з роду гіркокаштан, зокрема гіркокаштана червоного (павії) – є акумуляція базифільних сполук у верхньому епідермісі, що робить його більш механічно стійким. Крім того, дані види гіркокаштанів мають специфічні ідіобласти (клітини, що мають високий вміст поліфенольних сполук) не лише у епідермісі, а й у верхньому шарі палісадної паренхіми, клітини якої втрачають хлоропласти, трансформуючись у фотосинтетично нефункціональні ідіоліти [29].

Іншим захисним механізмом є синтез пероксидази, хоча доведено, що її концентрація значно зростає при появі перших мін КММ на листових пластинках дерева, однак даний фермент постійно присутній в клітинах рослин роду *Aesculus* і тому також відноситься до конституційних механізмів стійкості. Даний фермент групи оксидаз є надзвичайно важливим для нормального функціонування рослинного організму, оскільки крім основної функції розщеплення токсичного для рослини водню, також бере участь в утворенні дитиразинових зв'язків, синтезі діферулової кислоти та гідроксилуванні проліну. Окрім того, цей фермент зв'язується з клітинними стінками і впливає на диференціацію клітин та морфологію листової пластини ще на початкових

етапах її формування, сприяючи потовщенню та зміцненню вторинних оболонок клітини шляхом їх здерев'яніння (лігніфікації).

Усі ці анатомо-фізіологічні особливості покривних тканин листків окремих видів гіркокаштана сповільнюють penetрацію личинок КММ молодших віків всередину листової пластини, а також ускладнюють їх живлення клітинним соком та м'якими тканинами, гальмуючи їх ріст та розвиток на початкових етапах онтогенезу.

До індукованих захисних механізмів рослин варто віднести біохімічні зміни у складі клітинного соку дерев: якісного і кількісного складу вторинних метаболітів та інших біологічно активних речовин, основною функцією яких є пригнічення шкідливих організмів та зменшення негативного впливу від зовнішніх подразників.

Одними із таких біологічно активних речовин, що акумулюються в тканинах кори та багаторічних пагонів дерев роду *Aesculus* є кумарини. Дані вторинні метаболіти представлені у гіркокаштанів 6,7-дигідроксикумарином (ескулетином) і фракситином, а також глікозидами такими, як фраксин та ескулін. Ці гетероциклічні сполуки відіграють надзвичайно важливу роль у захисних механізмах рослин гіркокаштана проти фітопатогенної мікрофлори [45].

Однак, за даними Ліханова А.Ф., не було виявлено чітко вираженої залежності між кількісним чи якісним складом кумаринів в тканинах дерев, та їх рівнем резистентності до пошкоджень гусеницями КММ [29].

Значно важливішу роль у формуванні стійкості різних видів гіркокаштанів проти КММ відіграють фенольні сполуки. До таких біологічно активних речовин належать конденсовані таніни (проантоцианідини), катехіни та інші поліфенольні сполуки, більшість з яких утворюються в хлоропластах у процесі фотосинтезу та нагромаджуються в рослинних клітинах всередині вакуоль. У тканинах листків гіркокаштана голого (*A. glabra*) та гіркокаштана дрібноквіткового (*A. parviflora*), вченими було виявлено 28 сполук фенолів, серед яких флавоноли, флаван-3-оли та інші речовини, що належать до

гідроксикоричних кислот. Флаван-3-оли, депонуються у вакуолях клітин листка, та при порушенні цілісності їх оболонки – швидко окиснюються під дією оксидазних ферментів, набуваючи при цьому виражених інсектицидних властивостей [62].

Проте, варто також зазначити, що при пошкодженні клітин листка личинками КММ, вакуолі часто залишаються цілими. Також існує імовірність того, що личинка встигне поглинути фенольний вміст вакуоль ще до його окиснення, уникнувши таким чином інтоксикації. Тому стосовно ролі фенольних сполук, як захисного механізму, досі точаться дискусії в науковій спільноті. Наприклад, Ліханов А. Ф. у своїх дослідженнях висуває діаметрально протилежну думку, стверджуючи, що значно більший вплив на життєздатність личинок КММ молодших віків чинить саме густина і в'язкість клітинного соку листка, ніж вміст у ньому фенольних сполук. На його думку, катехіни і інші фенольні сполуки не є головними у системі забезпечення надійної фізіологічної стійкості рослини від фітофага [16].

Інші вчені стверджують, що *A. parviflora* є більш стійким, проти КММ, ніж *A. glabra*, пов'язуючи це із вищою концентрацією вище зазначених сполук в тканинах його листків [62].

Значний рівень стійкості рослин *A. carnea* до пошкоджень інвайдером також розглядають в контексті присутності в його листових пластинах сполук поліфенолів таких, як процианідини та епікатехін [61].

Оскільки фенольні сполуки утворюються в результаті фотосинтезу, спостерігається чітка пряма кореляція між рівнем їх накопичення в тканинах листків гіркокаштанів та інтенсивністю інсоляції асиміляційної поверхні рослин. Що в свою чергу, призводить до виникнення закономірності між ярусним розташуванням листків на кроні дерева та концентрацією в них фенольних сполук, зокрема проантоцианідинів і катехінів. Листкові пластини верхніх ярусів мають значно вищу фотосинтетичну активність, порівняно із листками нижнього ярусу, в результаті чого акумулюють більшу кількість фенолів: листки нижньої

(I) зони накопичують 20-40 мг/г, середньої (II) зони – 40-60 мг/г і верхньої (III) зони – 60-100 мг/г (рис. 1.13) [29].

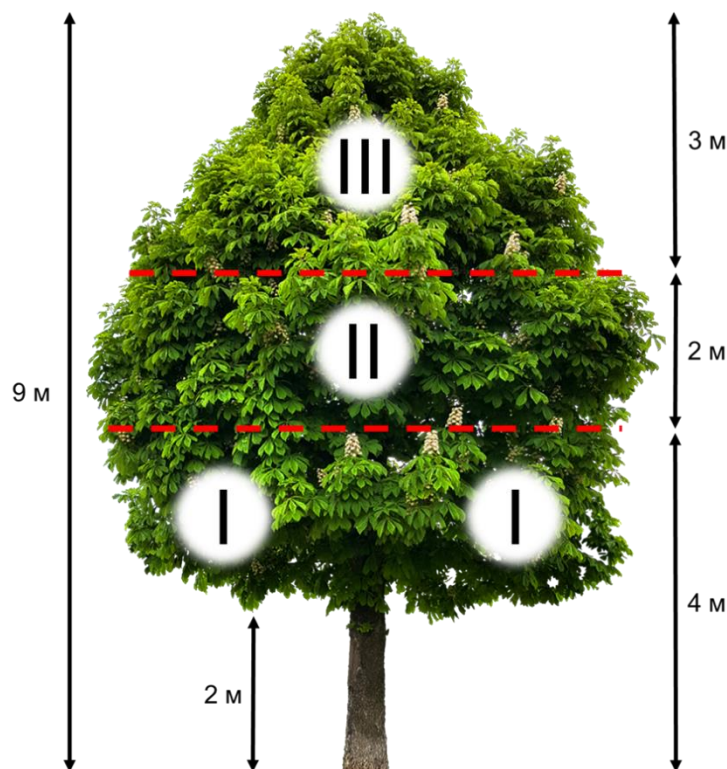


Рис. 1.13. Схематичний поділ крони гіркокаштана звичайного за ярусністю накопичення проантоціанідинів і катехинів у тканинах листків.

Завдяки цьому, пошкодження листкових пластин гусеницями КММ також є неоднорідним: листки верхніх ярусів зазнають значно меншого негативного впливу з боку фітофага. Особливо яскраво феномен ярусної стійкості спостерігається у гібридній формі гіркокаштана (*Aesculus hybrida* D. C.), листки нижнього ярусу якої рясно вкриваються мінами, в той час, як листки верхнього ярусу залишаються без видимих пошкоджень.

Ще однією характерною реакцією рослин гіркокаштанів на пошкодження асиміляційної поверхні личинками КММ є зміна вмісту білків та вуглеводів в тканинах листків [41]. У листках, заселених фітофагом, під дією біотичного стресу, викликаного внаслідок живлення преімагінальних стадій інвайдера, значно знижується вміст легкокорозчинних білків. Це пов'язано з тим, що організм

рослини скорочує синтез легкокорозчинних білків, ставлячи в пріоритет трансляцію білків, що забезпечують протекторні функції [57].

Як відомо, співвідношення білків та вуглеводів в зеленій масі рослини, впливає на її трофічну привабливість для шкідника, адже від живлення личинок залежить швидкість їх росту і розвитку, а також ступінь їх толерантності до захисних механізмів рослини-живителя [32]. Саме тому регуляція рослиною вмісту білків та вуглеводів в тканинах листків розглядається, як механізм адаптації гіркокаштанів до фітофага в контексті генетичної стійкості [60].

Також на присутність гусениць КММ рослини гіркокаштанів реагують зміною рівня фітогормонів. В залежності від виду рослини, рівень коливання фітогормонального балансу різний. Так у гіркокаштана звичайного (*A. hippocastanum*) спостерігалось різке збільшення абсцизинової кислоти (стресового гормону, що є інгібітором росту) на фоні падіння загального фітогормонального балансу. В той час, як рослини гіркокаштана червоного (*A. pavia*), що є стійкими до фітофага, демонстрували значний приріст вмісту індоліл-3-оцтової кислоти, зеатину та зеатинрибозиду без підвищення гормону стресу. Це свідчить про оптимальний баланс фітогормональної реакції на стресову дію фітофага у стійких видів гіркокаштанів [42].

Отже, зважаючи на все вище зазначене, можна стверджувати, що рослини з роду *Aesculus* мають складну багаторівневу систему захисту від КММ, механізми якої остаточно не вивчені, а їх ефективність залежить від багатьох факторів та варіюється залежно від виду та форми (стійка/нестійка) кожної конкретної рослини гіркокаштана. Однак, конституційні механізми протидії фітофагу є більш універсальними, надійними та дієвими в порівнянні з індукованими [6].

### **1.9. Модель екологічної взаємодії між гіркокаштаном звичайним (*A. hippocastanum*) та каштановою мінуючою міллю (*C. ohridella*)**

У процесі фотосинтезу, рослина продукує не лише поживні речовини, необхідні для нормального росту та розвитку – в ході фізико-хімічних реакцій

синтезуються також біологічно активні речовини та ферменти, що відіграють важливу роль в механізмах пасивного імунітету та перешкоджають розвитку інфекційних захворювань кінського каштана.

Вченими були виявлені певні закономірності між ступенем заселеності листкових пластин кінського каштана преімагінальними стадіями *C. ohridella* та хімічним складом соку рослин.

Зокрема, при значному пошкодженні асиміляційної поверхні дерева, рослина втрачає свою фотосинтетичну продуктивність, що в свою чергу призводить до суттєвого зниження рівня  $\beta$ -1,3-глюконази і пероксидази – ключових ферментів, які відповідають за захист каштанів від бактеріальних інфекцій [63]. Пригнічення імунних властивостей рослин, може призвести до інфікування дерев бактеріями *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*, які є збудником смертельно небезпечної бактеріальної виразки кінського каштана (англ. bleeding canker of horse chestnut). Деякі вчені навіть стверджують, що *C. ohridella* є прямим переносником даного патогена [36].

Однак спостерігається і зворотна залежність: Радослав Ягелло та інші [46], досліджуючи вплив екофізіологічної взаємодії між заселенням каштановою мінуючою міллю та зараженням грибом *Guignardia aesculi* (збудником червоно-коричневої плямистості каштанів), на механізми захисної реакції рослин, дійшли висновку, що при одночасному впливі на рослину і комахи, і патогена, динаміка пошкодження листя була меншою, ніж при ураженні рослин лише фітопатогенним грибом. Тобто, пошкодження листкової поверхні хворих рослин, спричинені личинками молі, стимулюють дерево синтезувати значно більше фенольних сполук, тонінів та інших дубильних речовин, які мало впливають на шкідника, однак пригнічують розвиток патогена. Однак, для підвищення синтезу вторинних метаболітів, рослина витрачає значну кількість поживних речовин, що негативно позначається на радіальному рості дерев, особливо на початкових етапах їх розвитку.

В деяких випадках, заселення листкових пластин гіркокаштанів личинками *C. ohridella*, є першопричиною ураження рослини фітопатогенними грибами.

Наприклад, гриби з роду *Fusarium* за своєю трофічною спеціалізацією належать до сапротрофів, що здатні уражувати лише пошкоджені ослаблені рослини, переходячи до факультативного паразитизму [4]. Саме тому, поява даного збудника на листі, спостерігаються лише на деревах, які втратили свою резистентність внаслідок виснаження, через постійний негативний вплив фітофага протягом 2-3 сезонів поспіль [8]. Характерними симптомами ураження гіркокаштана грибами *Fusarium* spp. є крайовий опік листків в червні, що поступово поширюється між жилками до центру листкової пластини. До середини літа, листки повністю буріють, скручуються та опадають, а уражені грибом гілки відмирають [52].

Отже, у даній екологічній моделі взаємодії між рослиною, патогеном та фітофагом – шкідлива комаха безумовно негативно впливає на процеси життєдіяльності рослини, проте, за певних умов, при одночасному заселенні шкідником та ураженні дерев грибними інфекціями, між ними може спостерігатися явище взаєморегуляції, при якому личинки комах стимулюють рослину-господаря синтезувати більше біологічно активних речовин для зупинки розповсюдження інфекції, а ураження каштанів грибними інфекціями суттєво знижує, або навіть унеможливорює заселення рослин каштановою мінуючою міллю [26].

### **1.10. Природні вороги комах**

Каштанова мінуюча міль захоплювала все нові і нові території по всьому світу, дана експансія стала можливою завдяки відсутності місцевих спеціалізованих ентомофагів для даного інвазійного шкідника. В природній регуляції чисельності фітофага у світі беруть участь птахи із більше ніж 20 видів, що харчуються преімагінальними стадіями комах (личинками та лялечками). На території України найважливішими з них є синиця велика (*Parus major*) та гаїчка болотяна (*Parus palustris*).

Серед комах-ентомофагів ключовими є представники рядів перетинчастокрилих, прямокрилих та твердокрилих. Ряд перетинчастокрилих представлений видами з родин Ichneumonoidea (*Diadegma armillatum*, *Diadegma fenestrata*, *Diadegma pericarpicola*, *Diadegma semiclausum*, *Diadegma fenestrata*, *Diadegma stigmatellae*, *Agrypon flaveolatum*, *Platygaster demades*), Braconidae (*Apanteles* sp., *Microgaster* sp., *Pholetesor circumscriptus*) та Chalcidoidea (*Cirrospilus vittatus*, *Pnigalio mediterraneus* Ferriere, *Pnigalio flavipes*, *Chrysocharis laomedon*, *Chrysocharis nephereus* та інші). Із ряду прямокрилих природними ворогами мінуючої молі є *Meconema meridionale* та *Phaneroptera paleata*. Ряд твердокрилих представлений видами з родини кокцинелід, зокрема *Adalia bipunctata*, *Calvia quaturdecimguatta*, *Coccinella septempunctata* L., та інші [53].

Крім цього на популяцію КММ також впливають види золотоочок (*Chrysopa* sp.), личинки вуховерток (*Forficula auricularia*), а також різноманітні мурахи та павуки.

Однак, зважаючи на відсутність спеціалізації ентомофагів по відношенню до КММ, вони не мають значного впливу на чисельність популяції інвайдера: за даними вчених, паразитоїди заселяють лише від 3 до 10% (максимум 21%) личинок КММ. Є повідомлення про те, що паразитична оса-їздець *Pediobius saulius* (з родини Chalcidoidea), в певних регіонах Балкан, паразитує на лялечках КММ, при цьому її паразитизм становить близько 20% [51]. Проте даний ендопаразит не представлений у ентомофауні нашої країни.

Значно більшу роль у природній регуляції фітофага беруть збудники мікозів, зокрема такі ентомопатогенні гриби, як *Bauveria bassiana*, та фітопатогенні гриби: збудники церкоспорозу (*Cercospora aesculus*) та фомопсису (*Phomopsis sphaeropsoides*) гіркокаштана. Дані патогенні гриби, а також ентомопаразитичні нематоди за сприятливих умов (необхідної температури та вологості повітря) уражують КММ у фазі лялечки, та можуть викликати масові зараження, що пригнічуватимуть популяцію шкідника протягом декількох наступних років [27].

### 1.11. Аналіз основних методів регулювання чисельності каштанової мінуючої молі (*C. ohridella*)

Першочерговим завданням для підтримання декоративності та життєздатності дерев кінського каштана є впровадження комплексу захисних заходів направлених на боротьбу з каштановою мінуючою міллю.

Санітарно-гігієнічні заходи захисту є досить ефективними та не потребують значних витрат. Фітофаг зимує на стадії лялечки в паренхімі опалого листа, тільки з одного його кілограма навесні може з'явитися до 4,5 тисячі особин молі [1]. Зважаючи на це, осіннє збирання та спалювання опалого листа з діапазуючими в ньому лялечками шкідника значно зменшує чисельність метеликів, що відродяться весною.

Однак, палити опале листя в умовах міста суворо заборонено, оскільки в ньому за період вегетації акумулюється значна кількість важких металів, сполук сірки та інших поллютантів, поглинутих з викидів автомобільних вихлопних газів, які під час спалювання знову вивільнюються в атмосферу, отруюючи її [18].

Цю проблему можна обійти шляхом компостування листа замість спалювання, або ж звернутися до досвіду німецьких колег, які ранньою весною застеляють ґрунт під каштанами поліетиленовою плівкою, що призводить до загибелі лялечок в анаеробному середовищі. Однак для цього потрібне спеціальне обладнання яке, на жаль, для нас не завжди доступне та дороговартісне. А значить, дані методи повною мірою не вирішують проблеми захисту каштанів від фітофага [23].

Окрім того, утилізація опалого листа самих лише каштанів не дасть бажаного результату, так як з літературних джерел відомо, що личинки *Cameraria ohridella* можуть також перезимовувати та розвиватися в листках видів роду *Acer*, зокрема, *A. platanoides L.* та *A. pseudoplatanus L.* У насадженнях м. Львова також були виявлені випадки заселення та успішного розвитку гусениць гіркокаштанової мінуючої молі на листках явора [56].

Заходи, спрямовані на підвищення природної стійкості каштанів: застосування фітосанітарного прочищення, поливів, перекопування приштамбових кіл, підживлення органічними та мінеральним добривами також є малоефективними.

Хімічні методи захисту, такі як розпилення препаратів Конфідор та Бі-58, що роблять листя дерев токсичним для каштанового мінера, показали непоганий результат. Однак, обидва препарати є небезпечними для людини і застосовувати їх у місті не можна. Дімілін впливає тільки на комах і не становить загрози для людини, але він досить дорогий. До того ж він ефективний лише весною, з появою молодих личинок. Осіннє застосування препарату не принесе жодного ефекту.

Найбільш доцільним і розповсюдженим методом хімічного захисту являється обробка дерев низкою пестицидів шляхом їх ін'єкції у стовбури дерев з розрахунку на токсикацію гусениць, які живляться всередині паренхіми листка. Застосування такої ін'єкції забезпечує надійний захист від *C. ohridella* впродовж двох вегетаційних періодів або навіть більше. Перспективним являється проведення повної обробки насаджень раз на 4-5 років, що досить ефективно [21].

Однак, і цей спосіб не позбавлений суттєвих недоліків: здійснення заходів хімічного захисту шляхом ін'єкції системних інсектицидів також потребує значних коштів і не завжди забезпечує бажаний ефект. Досвід застосування системного препарату «Самеркіл» у м. Львові показує, що на гілках, в які не проник інсектицид, листки і надалі пошкоджуються личинками. Окрім цього, отвори, через які вносять препарат, часто сприяють зараженню гіркокаштанів бактерією *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* (Pae), що, особливо на старих деревах із центральною стовбуровою гниллю, призводить до різкого погіршення водопостачання крони, формування ран у зимовий період та є причиною відмирання дерев [63].

Також для контролю чисельності популяції КММ використовують феромонні пастки. Самці шкідника розпочинають літ раніше за самиць на 7-10

днів [15]. Саме ця біологічна особливість фітофага, дає змогу застосовувати атрактанти не лише для моніторингу сезонної динаміки чисельності комах, а й для дезорієнтації та відлову самців у період їх льоту, що дозволяє створити «самцевий вакуум» та зупинити стрімке розмноження каштанової мінуючої молі. Даний спосіб є одним з найбільш екологічних, проте і дуже дорогим у використанні, оскільки для створення «самцевого вакууму» необхідно щонайменше 2 феромонні пастки на одне дерево. Окрім того, як показує практика, ефективність їх використання багато в чому залежить від метеорологічних умов.

Щодо біологічного методу захисту, то гіркокаштанова мінуюча міль є в раціоні багатьох птахів, має доволі широке коло ентомофагів – хижаків і паразитів (в Україні їх налічується близько 12 видів). Однак, біологічні чинники не дають достатнього результату – відсутні високоспеціалізовані паразити, які б могли ефективно впливати на *C. ohridella* [40].

Зокрема, в даній галузі проводилися дослідження по масовому розселенню лабораторної культури трихограми – паразита яєць багатьох лускокрилих та інших комах (понад 200 видів). Вони показали, що самиці трихограми інтенсивно обстежують щойно відкладені яйця каштанової мінуючої молі, проводять їх ретельний моніторинг і використовують їх як своєрідний трофічний білковий ресурс для поповнення дефіциту білка, травмуючи їх при цьому яйцекладом. Зазвичай, при цьому такі яйця молі гинуть [22].

Проте в урбаністичному середовищі важко створити ідеальні умови для розмноження та розвитку біологічних агентів.

Отже, всі вище зазначені методи захисту від каштанового мінера мають свої переваги та недоліки, але жоден із них не дає стовідсоткового результату. А тому, для досягнення максимальної ефективності у регулюванні чисельності шкідника, необхідно комбінувати одразу декілька методів та вибудувати на їх основі інтегровану систему захисту насаджень каштана з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов конкретної місцевості та особливостей фенології фітофага, характерних для даного регіону [24].

На мою думку, найбільш перспективним напрямком протидії даному шкіднику гірकोкаштана є селекційно-генетичний метод. Він ґрунтується на пошуку, доборі та розмноженні найбільш витривалих індивідуумів, що виявляють значно більшу толерантність по відношенню до стресових абіотичних (підвищений рівень полутантів в повітрі і ґрунті) та біотичних (пошкодження КММ чи ураження фітопатогенною мікрофлорою) чинників, порівняно з іншими деревами в межах даного виду. Пошук дерев гірकोкаштана з яскраво вираженою індивідуальною стійкістю є стратегічним завданням, оскільки дає змогу використовувати резистентні форми в якості рослин-донорів для їх подальшого масштабного мікроклонального розмноження. З часом, впровадження даного методу дозволить збагатити селекційний фонд муніципальних служб по озелененню якісним посадковим матеріалом, що в перспективі призведе до виникнення групової стійкості серед дерев зелених насаджень гіркокаштана до деструктивного впливу, спричиненого, як КММ, так і іншими стрес-факторами, характерними для урбаністичних фітоценозів [5].

## РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Місце проведення досліджень

Дослідження фітосанітарного стану вуличних та паркових насаджень кінського каштана, а також динаміки чисельності каштанової мінуючої молі (*C. ohridella*), були проведені влітку 2022 року на території селища міського типу Макарів, що знаходиться у Бучанському районі Київської області та, за даними застосування Google Maps, має наступні географічні координати: 50°27'53" пн. ш. 29°48'25" сх. д. (рис. 2.1).

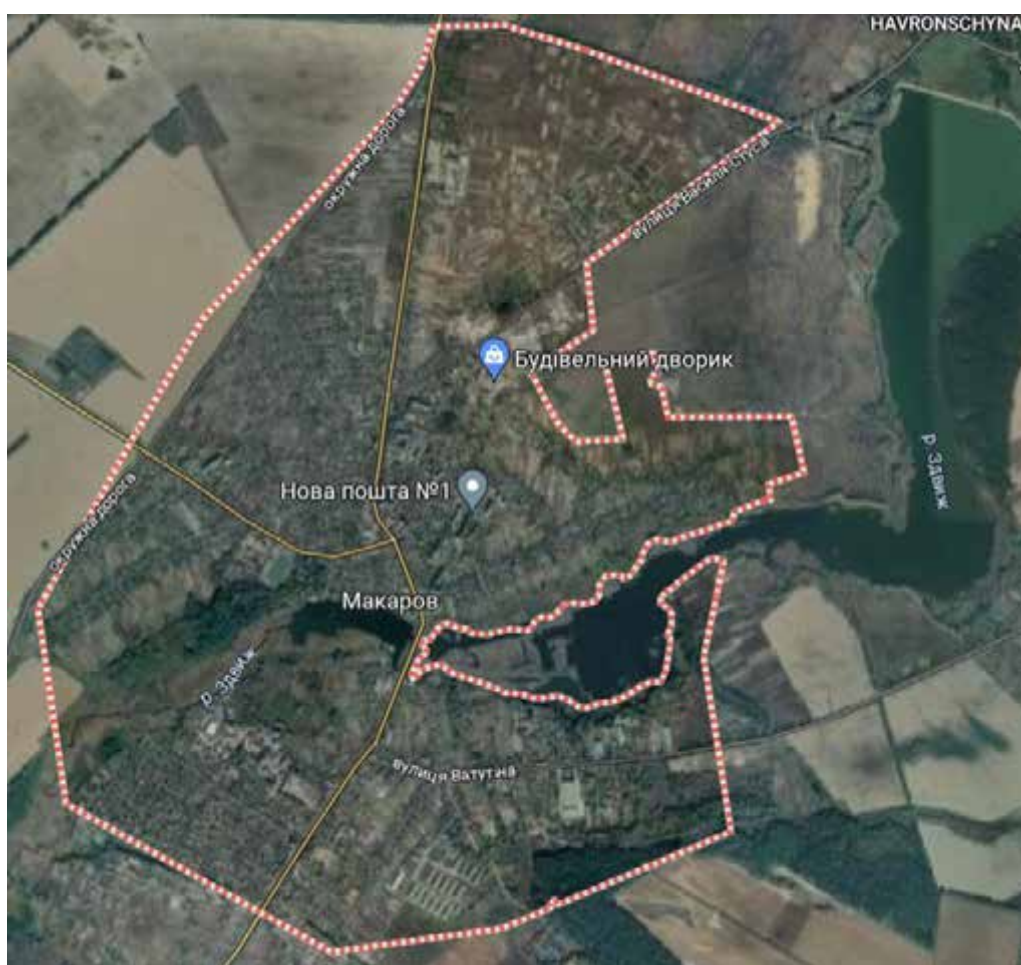


Рис. 2.1. Супутниковий знімок території селища Макарів [33]

Значний вплив на результати даних досліджень мали ґрунтово-кліматичні умови місця проведення, адже саме вони відіграють велику роль в процесах життєдіяльності як рослини, так і шкідника. Ці умови визначають загальний фізіологічний та фітосанітарний стан дерев, і як наслідок, їх стійкість до впливу

навколишнього середовища, а також безпосередньо впливають на фенологію та ступінь шкодочинності комахи-фітофага.

Загалом ґрунти Київської області є досить родючими та придатними для вирощування різних видів рослин (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

### Характеристика ґрунтів Київської області

Показник	Назва ґрунтів	
	Дерново-підзолисті	Чорноземи
Потужність гумусового горизонту, см	40-60	40-100
Вміст гумусу, %	1,16-1,80	2,68-3,69
Гранулометричний склад	Зв'язно-піщані та супіщані	Легкосуглинкові
Структурних агрегатів > 1мм, %	1-10	60
Водостійких агрегатів розміром > 0,25 мм, %	20	47
Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	1,3-1,5	1,2-1,3
Загальна пористість, %	43,4-50,4	50-65
Запас продуктивної вологи на початок вегетації в шарі ґрунту 0-100 см, мм	21-32	90-150

Клімат Київщини помірно континентальний, м'який і досить вологий, із середньою температурою -6 °С у січні та +19,5 °С у липні. Осінь часто буває теплою і сухою. Літо характеризується значною кількістю сонячних днів і тривалим вегетаційним періодом. Температурні показники поступово підвищуються з півночі на південь від 2480 до 2700 °С. Кількість опадів становить 500-600 мм/рік, сильні дощі спостерігаються переважно влітку. Перші осінні приморозки у повітрі з'являються 14 вересня, на ґрунті – 20 жовтня. Останні приморозки у повітрі зазвичай фіксуються 8 квітня, а на ґрунті – 21 квітня. Загальна тривалість вегетаційного періоду в регіоні становить 198-204 дні.

Отже, ґрунтово-кліматичні умови регіону є цілком сприятливими для вирощування різноманітної рослинності.

## 2.2. Об'єкти та методика проведення досліджень

Об'єктами дослідження були дерева гіркокаштана звичайного (*A. hippocastanum*) у вуличних насадженнях, та на закритій території закладу середньої освіти селища міського типу Макарів, Бучанського району Київської області. Вік дерев 30-60 років, висота 10-15 м. А також особини каштанової мінуючої молі (*C. ohridella*) на всіх стадіях онтогенезу.

Спираючись на дослідження фенології каштанової мінуючої молі (*C. ohridella*), проведені у 2003 році в умовах міста Києва та Київської області І. А. Акімов, М. Д. Зерова, М. Б. Нарольський, Г. М. Нікітенко, В. Г. Толканіц, С. В. Свиридов з інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, а також, зважаючи на воєнний стан в Україні, моніторинг шкідника та фітосанітарні обстеження насаджень гіркокаштана були розпочаті, починаючи з третьої генерації каштанового мінера. Як стверджують науковці: «Перші метелики 3-ї генерації були відмічені в кінці першої декади серпня, літ тривав до третьої декади вересня. Тривалість розвитку гусениць цієї генерації, як і першої, становила близько 30 днів при сумі ефективних температур більшій, ніж 380 °С. Заляльковування відбувалось з кінця вересня до кінця жовтня, а тривалість розвитку окремих особин шкідника 3-ї генерації була близько 55 днів при сумі ефективних температур 710 °С при тривалості розвитку генерації в цілому близько 3-х місяців» [15].

На початку та в кінці серпня 2022 року, були проведені маршрутні обстеження насаджень кінського каштана вздовж вулиці Дмитрія Ростовського та на території місцевого навчального закладу «Макарівський багатoproфільний ліцей», розташованого за адресою вул. Освіти, 3. Метою цих обстежень було визначення загального фітосанітарного стану насаджень гіркокаштана, а також моніторинг ступеня ураження асиміляційного апарата дерев личинками каштанової мінуючої молі.

Загальний стан насаджень кінського каштана, оцінювався за методикою Воронцова А.І. та інших (табл. 2.2 ) [7].

**Шкала для оцінки стану крони дерев**

Бал	Стан крони (облиственість, пошкодженість фітофагами, ураженість хворобами)	Знебарвлена, пошкоджена площа
9 – 8	Оптимально розвинена, листки зелені, недеформовані, непошкоджені	< 1
7 – 8	Оптимально розвинена, листки зелені, подекуди деформовані, пошкоджені, знебарвлені	1 – 5
5 – 4	Розріджена, частина листків менших розмірів, деформовані, пошкоджені, знебарвлені	6 – 25
3 – 2	Виразно помітна частина недорозвинених листків, пошкоджених, знебарвлених	26 – 50
1	Переважає більшість листків ненормально розвинена, пошкоджена, знебарвлена тощо	51 – 75

Ступінь пошкодження листкових пластин гусеницями *C. ohridella*, визначався візуально за універсальною 9-ти бальною шкалою, розробленою Трибелем С. О., Гамановою О. М. та Свентославські Я. (табл. 2.3) [21].

**Шкала для оцінки ступеня пошкодження листків гіркокаштана звичайного міллю каштановою мінуючою**

Бал	Ступінь пошкодження листків	Охоплена мінами площа листкової поверхні, %
1	Відсутня або ледь помітна	< 3
2 – 3	Слабка	3 – 5
4 – 5	Середня	6 – 25
6 – 7	Сильна	26 – 50
8 – 9	Дуже сильна	51 – 75

Рівень життєздатності дерев гіркокаштана звичайного, визначався за методикою Н. А. Лохматова, який виділив шість категорій дерев (табл. 2.4) [17].

Таблиця 2.4.

**Шкала для оцінки життєздатності дерев гіркокаштана звичайного**

Категорія дерева	Стан рослини
I	Здорові
II	Відносно здорові
III	Помітно ослаблі (критичний стан)
IV	Надзвичайно ослаблені пошкодженнями (безнадійний стан)
V	Засихаючі (досихаючі в поточному році)
VI	Засохлі в попередні роки

### 2.3. Особливості застосування феромоніторингу каштанової мінуючої молі

Для моніторингу сезонної динаміки льоту КММ, були придбані феромонні пастки від офіційного представника молдовської компанії «Biochemtech» в Україні «БІОХІМТЕХ УКРАЇНА». Окрім функції моніторингу, застосування феромонної пастки є також одним із кращих та найбільш екологічних методів контролю чисельності шкідника. Оскільки літ самців починається на 7-10 дів раніше за виліт самиць, то при достатній кількості пасток (2 пастки/дерево), аттрактанти дезорієнтують особин чоловічої статі та дозволяють відловлювати їх,

створюючи тим самим «самцевий вакуум», що дозволяє зупинити стрімке розмноження фітофага [24].

Феромонна пастка для каштанової мінуючої молі типу «Дельта» – пастка, призначена для моніторингу та масового вилову комах-шкідників, що використовується в комплекті з феромонами. Пастка виготовлена з крафт-картону, ламінованого з двох сторін. Цей матеріал стійкий до негативних впливів навколишнього середовища: вологи, високих температур, сонячного світла (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Феромонна пастка для відлову КММ типу «Дельта» (власне фото)

Всередину пастки встановлюють диспенсер із синтетичним феромоном самиць каштанової мінуючої молі. Феромон – синтезована летка речовина, ідентична до природного феромона фітофага. Феромон нанесений на бутил каучукову пробку (диспенсер) в дозі 3 мг. Перевага синтетичних феромонів полягає в тому, що вони абсолютно безпечні для комах-запилювачів, рослин, тварин та людей. Вони можуть вибірково впливати на комах, не забруднюючи навколишнє середовище, і є екологічно безпечними. Штучні феромони нетоксичні і не накопичуються в навколишньому середовищі, оскільки

поступово розкладаються під дією сонячного світла і вологи, що підтверджує висновок СЕС, паспорт безпеки, сертифікат якості та сертифікатом «Органік Стандарт» №19-1263-01.

Дані феромонні пастки були розміщені в насадженнях кінського каштана на закритій території місцевого навчального закладу «Макарівський багатoproфільний ліцей», що розташований за адресою вул. Освіти, 3 (рис. 2.3) та в насадженнях біля дороги на вулиці вулиці Дмитрія Ростовського (Фрунзе). Пастки були прикріплені до гілок нижнього ярусу крони дерев, на висоті близько 1,5-2 метра над землею.



Рис. 2.3. Встановлення феромонної пастки на закритій території Макарівського багатoproфільного ліцею (власне фото)

## **2.4. Фактори, що впливають на ефективність застосування феромоніторингу**

Дані феромонного моніторингу матимуть об'єктивний характер лише при врахуванні основних чинників, що впливають на кількість виловлених окремих видів комах феромонними пастками.

Для максимальної ефективності використання та отримання об'єктивних даних при застосуванні феромоніторингу необхідно суворо дотримуватися технологій експлуатації пасток таких, як правильне та обґрунтоване їх розміщення, на певній висоті та орієнтації, а також розраховуючи їх раціональну кількість для певної площі чи числа дерев. Всі ці характеристики є індивідуальними для моніторингу конкретного шкідника на певній культурі та спираються на особливості біології конкретного виду рослини та її фітофага. Крім того, слід розуміти, що феромон на диспенсері втрачає свої хімічні властивості, через місяць після його використання, під дією навколишнього середовища. Саме тому феромон даного типу доцільно використовувати лише протягом 30-40 діб, а далі необхідно проводити його заміну на новий. Крім того, по мірі забруднення механічними часточками та заповнення робочої клейкої поверхні впійманими комахами, необхідно також регулярно міняти клейку стрічку на дні пастки. Тож дотримання правил та належне використання, а також своєчасне обслуговування та заміна робочих розхідних елементів пастки є запорукою одержання достовірних даних при підрахунку відловлених самців [19].

Кількість комах, що потрапляють у феромонні пастки, також дуже залежить від абіотичних факторів таких, як температура, вологість та швидкість вітру. Ці природні чинники впливають не тільки на інтенсивність випаровування та поширення феромонів у просторі, але й на здатність комахи до їх розпізнання та виявлення позитивного хемотаксису. Найважливішими з цих чинників є температура і вологість.

Ефективність використання феромонних пасток також залежить від внутрішньопопуляційних факторів, таких як щільність популяції.

Таким чином, кількість впійманих в пастки комах, напряму залежить від сумарного впливу основних факторів, які визначають інтенсивність відлову (рис. 2.4). Водночас пік відлову феромонними пастками вказує на час, коли умови найбільш сприятливі для виконання важливих функцій, пов'язаних з виживанням популяції, таких як пошук статевих партнерів, спарювання та відкладання яєць самками. Стандартизація параметрів феромонних пасток і техніки їх застосування може мінімізувати випадкові коливання кількості відловлених лускокрилих шкідників [55].

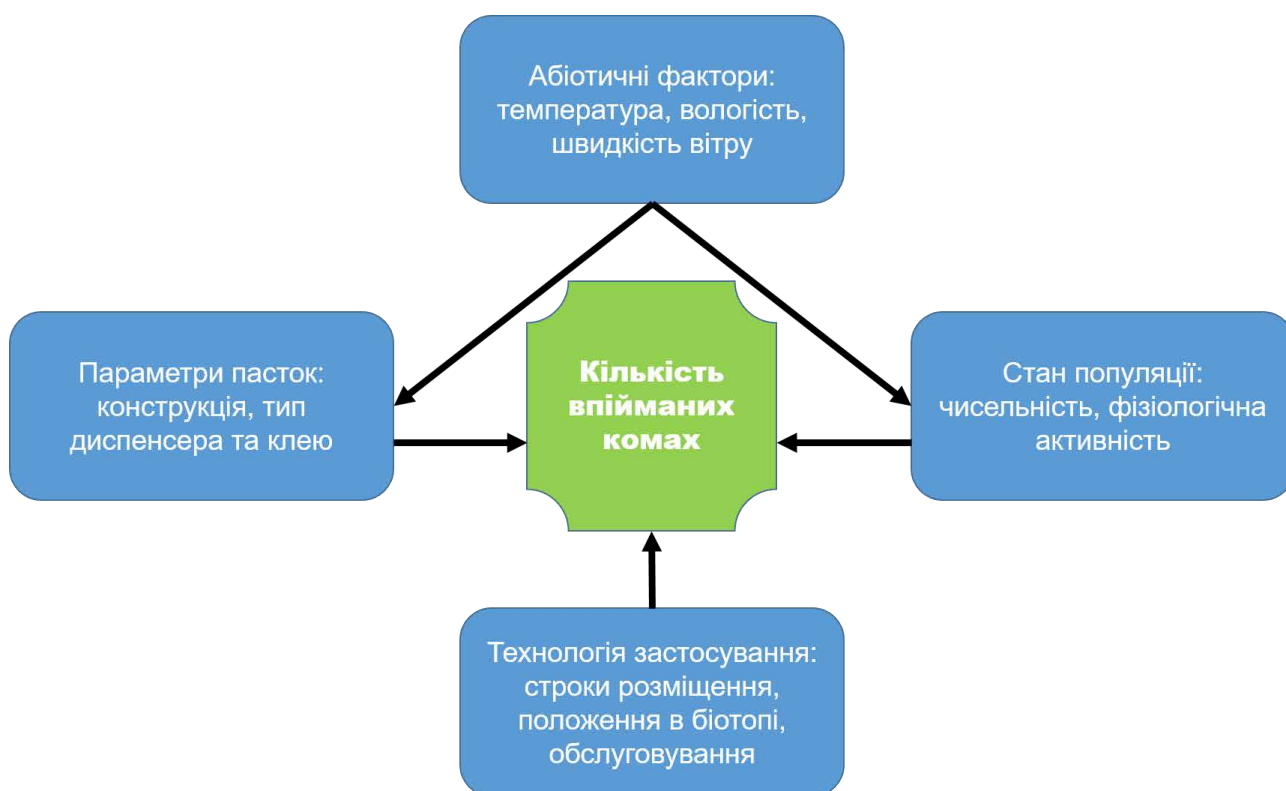


Рис. 2.4. Основні фактори, які впливають на ефективність використання феромонних пасток [19]

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Результати маршрутних фітосанітарних обстежень насаджень гіркокаштана звичайного

У селищі міського типу Макарів: вздовж центральної вулиці Дмитрія Ростовського та на закритій території Макарівського багатoproфільного ліцею, на початку та в кінці серпня 2022 року, був проведений огляд та оцінка насаджень кінських каштанів. Стан деревних насаджень каштана оцінювався по трьом шкалам: по пошкодженості крони, по ступеню ураження листкових пластин та по загальній життєздатності дерев.

На початку серпня інспектувалися насадження обабіч вулиці Дмитрія Ростовського. Спершу був оцінений загальний стан крони дерев кінського каштана за методикою Воронцова А.І. та інших, де 1 бал – крона сильно пошкоджена, листки недорозвинені, деформовані, уражені та знебарвлені, а 9 балів – крона цілком здорова, листки нормально розвинені, недеформовані та зелені. В центрі селища, вздовж вулиці Дмитрія Ростовського, росте 37 каштанів. Кожне з дерев було оцінене в балах від 1 до 9 та вираховано середній бал стану крони, шляхом додавання балів кожного дерева і ділення отриманої суми на кількість обстежених дерев. У результаті проведеного обстеження 4 дерева були оцінені в 5 балів, 12 дерев отримало 4 бали, 10 дерев отримало 3 бали, 8 дерев – 2 бали, і 3 дерева – 1 бал.

$$\begin{aligned}\text{Середній бал (стан крони)} &= \frac{(4 * 5) + (12 * 4) + (10 * 3) + (8 * 2) + (3 * 1)}{37} \\ &= \frac{117}{37} = 3,2 \text{ бала}\end{aligned}$$

Таким чином, середній бал стану крони дерев вздовж вулиці Дмитрія Ростовського, станом на початок серпня, склав 3,2 бала.

Повторний огляд насаджень гіркокаштана, по вулиці Дмитрія Ростовського, був проведений наприкінці серпня. В результаті нього, стан крони дерев був оцінений наступним чином: ступінь ураження крони 10 дерев відповідала 3 балам, 12 дерев – 2 балам та 15 дерев отримало по 1 балу.

$$\text{Середній бал (стан крони)} = \frac{(10 * 3) + (12 * 2) + (15 * 1)}{37} = \frac{69}{37} = 1,9 \text{ бала}$$

Таким чином, середній бал стану крони дерев вздовж вулиці Дмитрія Ростовського, станом на кінець серпня, склав 1,9 бала.

За таким же принципом стан крони каштанів був оцінений на території Макарівського ліцею №1, де росте 9 каштанів. Результати були наступними: на початку серпня 3 дерева отримали оцінку 7 балів, 3 отримали 6 балів, 2 оцінені в 5 балів і одне – у 4 бали.

$$\begin{aligned} \text{Середній бал (стан крони)} &= \frac{(3 * 7) + (3 * 6) + (2 * 5) + (1 * 4)}{9} = \frac{53}{9} \\ &= 5,9 \text{ бала} \end{aligned}$$

Таким чином, середній бал стану крони деревна території ліцею, станом на початок серпня, склав 5,9 бала.

А вкінці серпня, стан крони дерев на території ліцею, був оцінений наступним чином: 2 дерева відповідали оцінці у 5 балів, 4 дерева отримали 4 бали і 3 дерева – 3 бали (рис. 3.1).

$$\text{Середній бал (стан крони)} = \frac{(2 * 5) + (4 * 4) + (3 * 3)}{9} = \frac{35}{9} = 3,9 \text{ бала}$$

Таким чином, середній бал стану крони дерев на території ліцею, станом на кінець серпня, склав 3,9 бала (табл. 3.1).

*Таблиця 3.1.*

**Оцінка середнього балу стану крон дерев гіркокаштана звичайного**

Період		Локація	Середній бал стану крони
Початок серпня		Вул. Дмитрія Ростовського	3,2
		Макарівський ліцей №1	5,9
Кінець серпня		Вул. Дмитрія Ростовського	1,9
		Макарівський ліцей №1	3,9

## Стан крони насаджень гіркокаштана

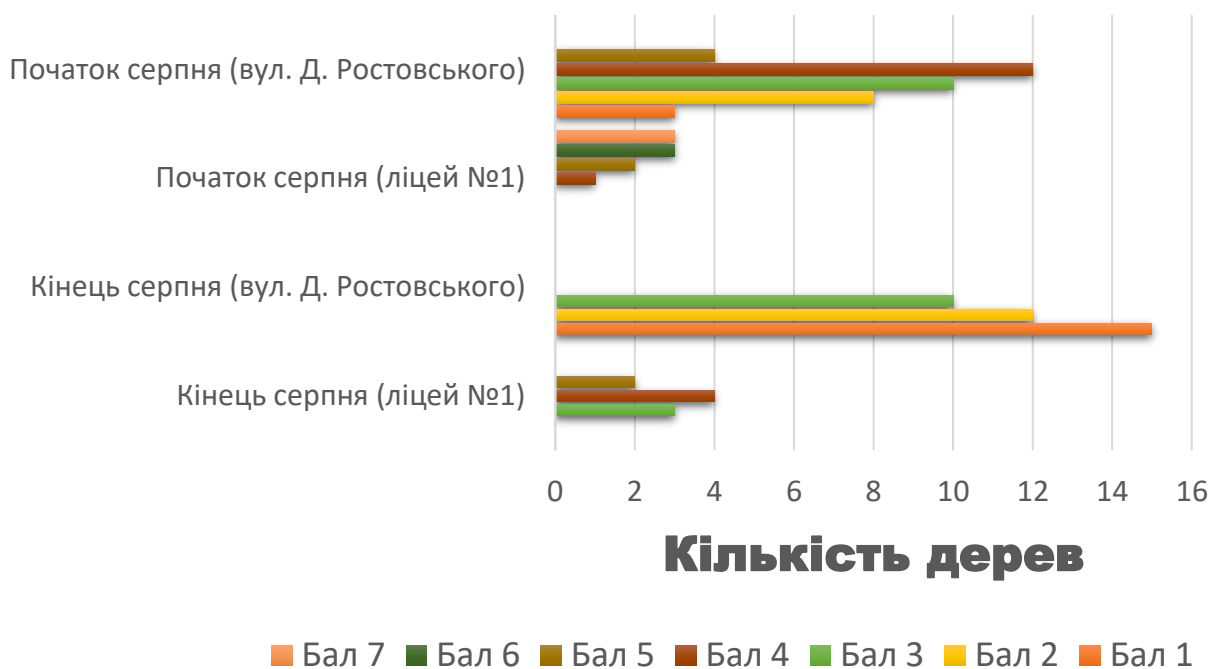


Рис. 3.1. Стан крони насаджень гіркокаштана

Також на даних локаціях була проведена оцінка насаджень кінського каштана за ступенем пошкодженості листкових пластин каштановою мінуючою мілью (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

### Ступінь пошкодження листкових пластин каштановою мінуючою мілью

Локація		Бал	Ступінь пошкодження листків	Охоплена мінамиплоща листкової поверхні, %
Початок серпня	Вул. Дмитрія Ростовського	6 – 7	Сильна	26 – 50
	Макарівський ліцей №1	4 – 5	Середня	6 – 25
Кінець серпня	Вул. Дмитрія Ростовського	8 – 9	Дуже сильна	51 – 75
	Макарівський ліцей №1	6 – 7	Сильна	26 – 50

Потім була оцінена загальна життєздатність дерев на даних локаціях за методикою Н.А. Лохматова (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

<b>Загальна життєздатність дерев гіркокаштана</b>			
Локація		Категорія дерева	Стан рослини
Початок серпня	Вул. Дмитрія Ростовського	IV	Надзвичайно ослаблені пошкодженнями (безнадійний стан)
	Макарівський ліцей №1	III	Помітно ослаблі (критичний стан)
Кінець серпня	Вул. Дмитрія Ростовського	V	Засихаючі (досихаючі в поточному році)
	Макарівський ліцей №1	IV	Надзвичайно ослаблені пошкодженнями (безнадійний стан)

### **3.2. Результати моніторингу динаміки чисельності каштанової мінуючої молі за допомогою феромонних пасток.**

Для моніторингу сезонної динаміки чисельності каштанової мінуючої молі, було розміщено по одній феромонній пастці у насадженнях біля центральної вулиці Дмитрія Ростовського та на території Макарівського ліцею №1. Протягом серпня, підраховувалась кількість впійманих особин та періодично замінювалась клейка поверхня на нову, по мірі її заповнення. Результати спостережень подано в таблиці нижче (табл. 3.4).

Таблиця 3.4.

#### **Динаміка чисельності каштанової мінуючої молі в серпні 2022 року**

Дата	Кількість впійманих особин каштанової мінуючої молі	
	Вул. Дмитрія Ростовського	Макарівський ліцей №1
01.08.22	17	10
02.08.22	20	15
03.08.22	21	13
04.08.22	23	10

Дата	Кількість впійманих особин каштанової мінуючої молі	
	Вул. Дмитрія Ростовського	Макарівський ліцей №1
05.08.22	20	8
06.08.22	19	10
07.08.22	16	5
08.08.22	18	2
09.08.22	0	0
10.08.22	0	0
11.08.22	2	0
12.08.22	7	1
13.08.22	10	3
14.08.22	13	5
15.08.22	11	5
16.08.22	12	4
17.08.22	10	6
18.08.22	9	5
19.08.22	9	6
20.08.22	5	3
21.08.22	0	1
22.08.22	1	0
23.08.22	3	0
24.08.22	2	0
25.08.22	2	2
26.08.22	3	1
27.08.22	2	3
28.08.22	4	2
29.08.22	3	0
30.08.22	1	1
31.08.22	2	0

На основі зібраних даних феромоніторингу каштанової мінуючої молі в зазначених локаціях, а також спираючись на метеорологічні показники за

серпень 2022 року в місці проведення досліджень (додаток А) [28], було створено відповідні графіки, що наглядно демонструють залежність динаміки чисельності шкідника від атмосферних опадів та вологості повітря (рис. 3.2 та рис. 3.3).



Рис. 3.2. Динаміка чисельності шкідника протягом серпня 2022 року

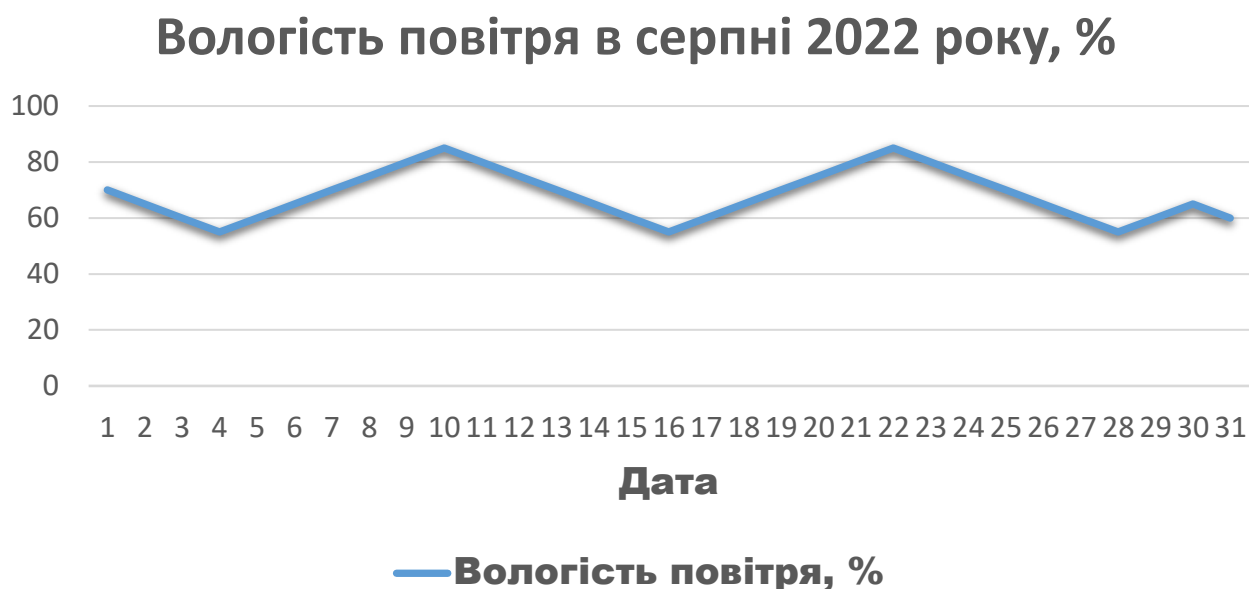


Рис. 3.3. Вологість повітря у серпні 2022 року в місці проведення досліджень

## ВИСНОВКИ

Каштанова мінуюча міль (*C. ohridella*) є надзвичайно небезпечним фітофагом-інвайдером, що проник на територію нашої держави відносно недавно. Проте, за відсутності спеціалізованих природних регуляторів чисельності, він встиг перетворитися на головну загрозу для насаджень кінського каштана. І тому, даний шкідливий вид потребує подальшого всебічного дослідження його біології, фенології та екології, адже саме розуміння сильних та слабких сторін шкідника, є ключовим фактором для розробки та впровадження ефективної моделі інтегрованого захисту декоративних міських насаджень.

В умовах Київської області фітофаг розвивається в 3 повних поколіннях, а також, з періодичністю в декілька раз на 11 років, може реалізувати й 4-ту факультативну генерацію.

За результатами досліджень шкідливості та моніторингу динаміки чисельності каштанової мінуючої молі, проведених в умовах міських насаджень гіркокаштана на території смт Макарова, Бучанського району, Київської області в серпні 2022 року, були виявлені певні поведінкові закономірності.

По-перше, дерева, які знаходилися на ізольованій території Макарівського ліцею №1, протягом місяця зазнали менших пошкоджень від фітофага і мали значно вищу життєздатність та декоративність, у порівнянні з гіркокаштанами, що росли вздовж дороги на вулиці Дмитрія Ростовського.

По-друге, чисельність фітофага, зафіксована в пастках обабіч проїжджої частини на вулиці Дмитрія Ростовського, суттєво перевищувала кількість пійманих комах в умовах закритих територій ліцею.

Така кореляція пов'язана, в першу чергу, з мікрокліматичними та едафічними особливостями урбаністичних стацій, які впливають як на резистентність рослин, так і на фенологію мікропопуляцій шкідника. Адже, дерева, що ростуть подалі від поживлених доріг, зазнають значно меншого екологічного навантаження, спричиненого автомобільними викидами, та мають більшу життєздатність і стійкість проти патогенів. Крім того, через свої

анатомічні особливості, шкідник здатен пасивно мігрувати з вітром та потоками повітря від транспорту біля доріг з інтенсивним автомобільним рухом та концентруватися в декоративних насадженнях поблизу них.

По-третє, в ході проведення феромоніторингу за допомогою феромонних пасток, спостерігалась чітка обернена залежність між кількістю впійманих комах та метеорологічними умовами: в період сильних дощів, коли вологість повітря була високою, літ каштанової мінуючої молі практично повністю припинявся, а кількість комах в пастках була близькою до нуля. І навпаки – під час зниження вологості повітря, в сонячну погоду, літ метеликів відновлювався, а динаміка їх чисельності зростала.

Також, висока повітряно-крапельна волога створювала на клейкій стрічці ентомологічної пастки поверхневу плівку. А зважаючи на невеликі розміри комахи (6-7 мм) та особливо розвинену строкату торочку крил, шквальні пориви вітру з легкістю могли здути зафіксовані клейкою поверхнею екземпляри шкідника.

Тому, при застосуванні феромонних пасток даного типу, необхідно зважати на метеорологічні умови та намагатися використовувати їх у суху та безвітряну погоду для досягнення максимальної точності та ефективності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акімов І. А., Зерова М. Д. Перше повідомлення про появу каштанової мінуючої молі *Cameraria ohridella* Desch. & Dem (Lepidoptera, Gracillariidae) на кінському каштані звичайному. *Вісник зоології*. 2003. С. 3–12.
2. Акімов І. А., Зерова М. Д., Нарольский Н. Б. Фенологія каштанові мінуючої молі – небезпечного шкідника кінського каштана в Україні. *Екобезпека*. 2003. № 6. С. 44–46.
3. Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДУ, 2001. 196 с.
4. Білай В. Й. Фузарії. Монографія. Київ: *Наукова думка*, 1977. 442 с.
5. Біологічні основи формування стійкості деревних видів рослин в урбогенному середовищі : монографія / Н.Г.Нестерова та ін. Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2019. 232 с.
6. Вилкова Н. І. Імунітет рослин до шкідливих організмів та його біоценотичне значення у стабілізації агроecosystem та підвищенні стійкості рослинництва. *Вісник захисту рослин*. 2000. № 2. С. 3–15.
7. Воронцов А. І., Мозолєвська О. Г., Соколова Е. С. Технологія захисту лісу. К.: *Екологія*, 2002. 304 с.
8. Гаркава К. Г., Дразнікова А. Г., Гудко Т. І. Оцінка екобіологічної ефективності застосування біоінсектициду Актофіт для захисту дерев кінського каштану від мінуючої молі *Cameraria ohridella*. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. Т. 2, № 18. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/10047/1/Drazhnikova.pdf>
9. Григорюк І. П., Машковська С. П., Яворовський П. П., Колесніченко О. В. Біологія каштанів. Київ: *Логос*, 2004. 380 с.
10. Григорюк І. П., Радченко В. Г., Яворовський П. П. Чому квітнуть гіркокаштанів восени. *Екологічний журнал «Жива Україна»*. 2009. № 1-2. С. 19.
11. Григорюк І. П., Яворовський П. П., Машковська С. П. Феномен повторного цвітіння каштанів. *Науковий світ*. 2005. № 9. С. 21.
12. Зерова М. Д., Нікитенко Г. М., Гершензон З. С. та ін. Каштанова мінуюча міль в Україні. К., 2007. 88 с.

13. Зінченко О. П., Сухомлін К. Б. Ентомологія : метод. рек. до викон. лабораторних робіт для студентів заочної форми навчання. Луцьк : *Media*, 2015. 28 с.
14. Левон Ф. М., Ільєнко А. А., Назарова Н. А. Сучасний стан та проблеми збереження кінського каштана звичайного в зелених насадженнях м. Києва // Проблеми озеленення великих міст: матер. XI міжнар. научн.-практ. конф. К., 2008. С. 108-110.
15. Лісовий М. М., Чайка В. М., Григорюк І. П. Інвазійні види молей в Україні (моніторинг, екологія, контроль чисельності) : Монографія / ред. М. М. Лісовий. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2019. 282 с.
16. Ліханов А. Ф., Пентелюк О. С., Григорюк І. П., Костенко С. М. Просторова специфічність нагромадження фенолів у листках рослин гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.). *Біоресурси і природокористування*. 2016. Т. 8, № 3-4. С. 5–13. URL: <https://doi.org/10.31548/bio2016.03.001>.
17. Лохматов Н. А. Оздоровлення дуба у вогнищах його пошкодження та всихання у природних та штучних насаджень України. К. : Колос, 2003. С. 192–208.
18. Машковська С. П., Шумик Н. І. Оцінка стану і адаптивного потенціалу дерев кінського каштана звичайного до дії основних забруднювачів в умовах м. Києва // Проблеми озеленення великих міст: матер. XI міжнар. научн.-практ. конф. К., 2008. С. 115-117.
19. Методичні рекомендації щодо застосування феромонних пасток для виявлення регульованих та шкідливих організмів / [Борзих О. І., Федоренко А. В., Неверовська Т. М., Доля М. М., Сикало О. О., Челомбітко А. Ф., Чайковський В. М., Калашніков В. Б., Стефківський В.М., Ходорчук В.Я., Орлова О. М., Сидорчук О. В., Чекан К. В.] – К. : Державна служба України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів, 2019. 110 с.

20. Нікитенко Г. М., Свіридов С. В. Комплекс шкідливих членистоногих на кінському каштані в умовах м. Київ. *Захист і карантин рослин*. 2007. № 53. С. 468–484.

21. Нікітченко Г. М., Фурсов В. М., Свиридов С. В. та ін.. Дубова широколінійна міль та інші мінуючі лускокрилі на дубі // *Вісник зоології* – 2005. 39, № 4. – С. 35–47.

22. Пат. 59785 А Україна. Спосіб розселення лабораторних культур ентомофагів / В. Ф. Дрозда, М. О. Кочерга, Ю. Б. Рябов; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування, опубл. 25.05.2011. Бюл. № 10.

23. Піндрус О. М. Біологічні процеси та чинники розкладання листового опаду як основа методики його компостування в зеленому господарстві міста / О. М. Піндрус, П. П. Яворовський, О. В. Лукаш. – К. : Вид-во "Лібра", 2004. – 107 с.

24. Тарнавський Н. В., Бондарева Л. М. Аналіз основних методів захисту кінського каштана від молі каштанової мінуючої *Cameraria ohridella* Desch. & Dimic. *IX Міжнародна науково-практична конференція «Овочівництво і багаторічництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку»* : Матеріали VII Міжнар. науково-практ. конф., с. Крути, Чернігівська обл., 28 лют. – 1 берез. 2023 р. ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 2 т. Обухів: Друкарня ФОП Гуляєва В. М., 2023. Т. 1. С. 310–314.

25. Тарнавський Н. В., Бондарева Л. М., Завадська О. В. Особливості біології та моніторингу каштанової мінуючої молі *Cameraria ohridella* Desch. & Dimic в умовах Київської області. *IX Міжнародна науково-практична конференція «Овочівництво і багаторічництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку»* : Матеріали VII Міжнар. науково-практ. конф., с. Крути, Чернігівська обл., 28 лют. – 1 берез. 2023 р. ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 2 т. Обухів: Друкарня ФОП Гуляєва В. М., 2023. Т. 1. С. 314–320.

26. Тарнавський Н. В. Модель екологічної взаємодії між гіркокаштаном звичайним (*Aesculus hippocastanum* L.) та каштановою мінуючою міллю

(*Cameraria ohridella*). Досягнення і перспективи в захисті та карантині рослин : Матеріали III Всеукр. науково-практ. конф. здобувачів вищ. освіти, присвяч. 126-річчю НУБіП України, м. Київ, 23 квіт. 2024 р. С. 33–35. URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u366/zbirnik\\_konferenciyi\\_2024.pdf#page=35](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u366/zbirnik_konferenciyi_2024.pdf#page=35)

27. Трибель С., Гаманова О., Свентославські Я. Каштанова мінуюча міль. Київ : Колобіг, 2008. 72 с.

28. УкрГМЦ - Погода в Україні, гідрологічна та радіаційна ситуація. УкрГМЦ. URL: <https://www.meteo.gov.ua/>.

29. Фізіологічна адаптація і стійкість рослин роду *Aesculus* L. проти каштанової мінуючої молі (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić) : монографія / А. Ліханов та ін. Київ : ЦП Компринт, 2017. 160 с.

30. Arrese E. L., Soulages J. L. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. *Annual review of entomology*. 2010. Vol. 55, no. 1. P. 207–225.

31. Bazalova, O., Kopecky, J., Liska, J., Konvicka, M., & Benes, J. Wing morphology and kinematics of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) during free flight. *Journal of experimental biology*. 2012. Vol. 216, no. 6. P. 2854–2862.

32. Behmer S. T. Insect herbivore nutrient regulation. *Annual review of entomology*. 2009. No. 54. P. 165–187. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090537>.

33. Bevor Sie zu Google Maps weitergehen. *Google*. URL: <https://www.google.com.ua/maps/place/Макаров,+Киевская+область>

34. Buckner J. S., Givnish T. J., Kingsolver J. G. The central nervous system of the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka and Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae). *International journal of insect morphology and embryology*. 2001. Vol. 30, no. 1. P. 47–61.

35. Budrienė A., Remeikis A. The structure of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) adult body parts. *Acta zoologica lituanica*. 2008. Vol. 16, no. 4. P. 221–227.

36. Butsenko L. Bacterial ulcer – a dangerous disease of horse chestnut in Europe. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2021. Vol. 99, № 10. P. 38–44. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-05>
37. *Cameraria ohridella* (LITHOD)[World distribution]|| EPPO Global Database. *EPPO Global Database*. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/LITHOD/distribution> (date of access: 21.05.2023).
38. Comparative morphology and histology of the larval digestive system of two genera of Noctuidae (*Lepidoptera*): *heliothis* and *spodoptera* 2, 3 / C. Chi et al. *Annals of the entomological society of America*. 1975. Vol. 68, no. 2. P. 371–380.
39. D'Costa L. E. Resistance and susceptibility to the invasive leaf miner *Cameraria ohridella* within the genus *Aesculus* : Thesis PhD. London, 2014.
40. De Prins, W., & De Prins, J. (2005). Gracillariidae (*Lepidoptera*). In: World catalogue of insects. Vol. 6. *Apollo Books*, Stenstrup, 502 p.
41. Deans C. A., Sword G. A., Behmer S. T. Nutrition as a neglected factor in insect herbivore susceptibility to Bt toxins. *Current opinion in insect science*. 2016. No. 15. P. 97–103. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.04.005>.
42. Demchuk T. L., Hrygoryuk I. P. Metabolism of sugars and phytohormones in leaves of plant species of genus *Aesculus* L. during stressful influence of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić). *Annals of agrarian science*. 2013. Vol. 11, no. 2. P. 35–40.
43. Desiderio A., Rossi E. Structure of male and female reproductive systems in the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (*Lepidoptera*: Gracillariidae). *Entomological science*. 2011. Vol. 14, no. 2. P. 139–146.
44. Desiderio A., Rossi E. The reproductive system of the horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (*Lepidoptera*: Gracillariidae). *Journal of insect science*. 2009. Vol. 9, no. 1. P. 1–11.
45. Dudek-Makuch M., Matlawska I. Coumarins in horse chestnut flowers. *Biologica cracoviensia: series botanica*. 2007. Vol. 49, no. 1. P. 7–17.

46. Ecophysiological aspects of the interaction between *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi* on *Aesculus hippocastanum* / R. Jagiełło et al. *Dendrobiology*. 2017. Vol. 78. P. 146–156. URL: <https://doi.org/10.12657/denbio.078.014>
47. Fischer S., Müller C. H. G., Meyer-Rochow V. B. Neither apposition nor superposition: the compound eyes of the Chestnut Leafminer *Cameraria ohridella*. *Zoomorphology*. 2011. Vol. 131, no. 1. P. 37–55.
48. Freise J., Heitland W. A brief note on sexual differences in pupae of the horse-chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (1986) (Lep., Gracillariidae), a new pest in central Europe on *Aesculus hippocastanum*. *Journal of applied entomology*. 1999. Vol. 123, no. 3. P. 191–192.
49. Gnezdilov V., Schroeder H. The ultrastructure of the heart of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae). *International journal of insect morphology and embryology*. 2000. Vol. 29, no. 1. P. 41–47.
50. Gorb S. N. Attachment devices of insect cuticle. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2001. 305 p.
51. Grabenweger G., Lethmayer C. Occurrence and phenology of parasitic Chalcidoidea on the horse chestnut leafminer, *Cameraria orhidella* Deschka & Dimiè (Lepidoptera, Gracillariidae). *Appl. Entomol.* 1999. No. 123. P. 257–260.
52. Grigaliūnaitė, B., Matelis, A., & Stackevičienė, E. (2010). Fungi on Aesculus genus plants in Vilnius city green plantations. *Acta Biol. Univ. Daugavp*, Vol. 10, № 1. P. 11-15.
53. Hymenopteran parasitoids of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lepidoptera, Gracillariidae) in Ukraine. / O. Kovalova et al. *Vestnik zoologii*. 2014. Vol. 48, no. 2. P. 121–127.
54. Intraspecific predation in the larvae of the horse-chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimič (Lepidoptera: Gracillariidae) / K. G. Mitsopoulos et al. *Journal of applied entomology*. 2007. Vol. 131, no. 1. P. 65–69.

55. Kalinová, B., Svatoš, A., Kindl, J. et al. Monitoring the population dynamics of the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* with a synthetic pheromone in Europe. *Plant protection science*. 2012. Vol. 38, No. 4. P. 131–138.
56. Kosibowicz, M. (2005). The horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (*Lepidoptera*, Gracillariidae), as a new invasive pest of *Aesculus hippocastanum* in Poland – biology and control methods. *Leśne prace badawcze*, 2, 121-132.
57. Le Gall M., Behmer S. Effects of protein and carbohydrate on an insect herbivore: the vista from a fitness landscape. *Integrative and comparative biology*. 2014. Vol. 54, no. 5. P. 942–954.
58. Lehmann P., Müller P. Fine structure of the tracheal system of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 (*Lep.*, Lithocolletidae). *Journal of applied entomology*. 2002. Vol. 111, no. 4. P. 398–406.
59. Long-distance dispersal and human population density allow the prediction of invasive patterns in the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* / M. Gilbert et al. *Journal of animal ecology*. 2004. Vol. 73, no. 3. P. 459–468.
60. Mithofer A., Boland W. Plant defense against herbivores: chemical aspects. *Annual review of plant biology*. 2012. No. 63. P. 431–450. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103854>.
61. Oszmianski J., Kalisz S., Aneta W. The content of phenolic compounds in leaf tissues of white (*Aesculus hippocastanum* L.) and red horse chestnut (*Aesculus carnea* H.) colonized by the horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić). *Molecules*. 2014. No. 19. P. 14625–14636.
62. Oszmianski J., Kolniak-Ostek J., Biernat A. The content of phenolic compounds in leaf tissues of *Aesculus glabra* and *Aesculus parviflora* Walt. *Molecules*. 2015. No. 20. P. 76–89.
63. Percival G.C., Banks J.M. Studies of the interaction between horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) and bacterial bleeding canker (*Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*). *Urban Forestry & Urban Greening*. 2014. V. 13. Is. 2. P. 403–409. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.01.002>

64. Perzova E., Zhuravlev V., Stekolnikov A. The nervous system of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae): structure, ultrastructure and developmental data. *Acta zoologica*. 2008. Vol. 89, no. 4. P. 305–316.
65. Resistance of horse chestnut *Aesculus* taxa to the horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) / O. A. Kashtanova et al. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2021. P. 153–163.
66. Skrzecz I., Póltorak A. The structure and ultrastructure of the respiratory system of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimič, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae). *Acta zoologica*. 2014. Vol. 95, no. 4. P. 400–409.
67. Skuhravý V. "Zusammenfassende Betrachtung der Kenntnisse über die Roßkastanien-miniermotte, *Cameraria ohridella* Desch. & Dem.(Lep., Gracillariidae)". *Anzeiger für Schädlingskunde= Journal of pest science*. 1999. Vol. 72, no. 4. P. 95–99.
68. Straw N. A., Tilbury C. Host plants of the horse-chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella*), and the rapid spread of the moth in the UK 2002–2005. *Arboricultural journal*. 2006. Vol. 29, no. 2. P. 83–99.
69. Ultrastructure of the antennal sensilla of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) / C. A. Nimmervoll et al. *Arthropod structure & development*. 2011. Vol. 40, no. 2. P. 131–141.
70. Weryszko-Chmielewska E., Haratym W. Changes in leaf tissues of common horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) colonised by the horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ochridella* Deschka & Dimić). *Acta agrobotanica*. 2011. Vol. 64, no. 4. P. 11–22.
71. Yurchenko Y. A., Kostyukovsky M. B., Tomilova O. G. Functional morphology of the digestive and excretory systems of the horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic (Lepidoptera, Gracillariidae). *Entomological review*. 2008. Vol. 88, no. 5. P. 595–601.

## ДОДАТКИ

Додаток А

### Метеорологічні показники за серпень 2022 року в місці проведення досліджень

Дата	Температура (°С)	Атмосферний тиск (мм рт.ст.)	Вологість (%)	Опади (мм)
1 серпня	24	760	70	0
2 серпня	26	758	65	0
3 серпня	28	756	60	0
4 серпня	30	754	55	0
5 серпня	29	752	60	0
6 серпня	27	752	65	1
7 серпня	25	754	70	3
8 серпня	23	756	75	7
9 серпня	22	758	80	12
10 серпня	20	760	85	20
11 серпня	22	758	80	10
12 серпня	24	756	75	5
13 серпня	26	754	70	1
14 серпня	28	752	65	0
15 серпня	29	750	60	0
16 серпня	30	748	55	0
17 серпня	29	746	60	0
18 серпня	27	746	65	0
19 серпня	25	748	70	1
20 серпня	23	750	75	5
21 серпня	22	752	80	10
22 серпня	20	754	85	15
23 серпня	22	752	80	8
24 серпня	24	750	75	3
25 серпня	26	748	70	0
26 серпня	28	746	65	0
27 серпня	29	744	60	0
28 серпня	30	742	55	0
29 серпня	29	740	60	0
30 серпня	28	754	65	0
31 серпня	26	750	60	0