



Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 595.7.082.26

© 2024

ЕКСПРЕС-МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КУЛЬТУР КОМАХ — АГЕНТІВ БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН

Т.Ю. Маркіна¹, І.О. Ликова², Є.А. Голуб³

¹доктор біологічних наук

²кандидат біологічних наук

³кандидат сільськогосподарських наук

^{1,3}Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН
вул. Маяцька дорога, 26, смт Хлібодарське Одеського р-ну Одеської обл., 67667, Україна

²Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди
вул. Алчевських, 29, м. Харків, 61002, Україна

e-mail: ¹t.yu.markina@gmail.com, ²irlyk16@gmail.com, ³eva.golub.1979@ukr.net
ORCID: ¹0000-0002-6313-9814, ²0000-0003-1347-2077, ³0000-0002-3415-4193

Надійшла 24.07.2023

Мета. Розробити нові методи контролю якості культур комах для підвищення життєздатності та продуктивності біоматеріалу, що використовується в програмах технічної ентомології для біологічного захисту рослин та отримання продуцентів сировини. **Методи.** Використано загальноприйняті в технічній ентомології методи культивування комах в оптимальних для кожного виду гігротермічних умовах та методи математичної статистики (дисперсійний аналіз) для обробки отриманих даних. Експериментальні дослідження проводили зі штучними популяціями культур комах, що формують колекцію Центру маточних культур ІТІ «Біотехніка»: зерновою мілью (*Sitotroga cerealella* Olivier, 1789), восковою вогнівкою (*Galleria mellonella* Linnaeus, 1758) та клопом *Perillus bioculatus* Fabricius, 1775. **Результати.** Аналіз вивченості питання контролю якості культур комах свідчить про необхідність пошуку нових ефективних способів та розробки експрес-методів визначення їхнього стану. Доцільним є підхід, що базується на механізмах підтримки гомеостатичних властивостей штучних популяцій та їх зв'язку з показником життєздатності. Експериментально обґрунтоване авторами правило залежності інтенсивності прояву таксисів комах від життєздатності у практичному аспекті можна розглядати як критерій життєздатності популяції та використовувати для контролю якості біоматеріалу. Доведено ефективність контролю життєздатності культури *Sitotroga cerealella* за інтенсивністю хемотаксису личинки після виходу з яєць та інтенсивністю фототаксису культур зернової молі й воскової вогнівки за інтенсивністю проникнення у субстрат. Показано зв'язок інтенсивності трфотаксису *Perillus bioculatus* на нетиповий кормовий подразник із показником життєздатності культури. Доведено ефективність

застосування методу добору личинок за трофотаксисом упродовж 15 хв для контролю якості популяції. Висновки. Отримані результати дають підставу рекомендувати метод добору за хемотаксисом на нетиповий кормовий подразник для підвищення життєздатності культури *S. cerealella* та клопа *P. bioculatus*. Добір за фототаксисом у культурі *G. mellonella* сприяє підвищенню її життєздатності на 19,5%.

Ключові слова: штучні популяції, розведення комах, біологічний захист рослин, хемотаксис, фототаксис, життєздатність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202401-06>

Останнім часом потреба в масовому розведенні комах як у нашій країні, так і за кордоном різко зростає. Це зумовлено широкими можливостями, які розведення комах відкриває для розв'язання актуальних завдань прикладної ентомології [1, 2]. Насамперед йдеться про подальшу інтенсифікацію і переведення на промислову основу масового розведення господарськи корисних видів комах — продуцентів сировини і продуктів харчування. Потреба в культурах комах різко зростає й у зв'язку з необхідністю розробки інтегрованих засобів захисту рослин, тварин і людини від шкідливих членистоногих [1].

Контроль якості за масового розведення комах для реалізації програм біологічного захисту сільськогосподарських культур є важливою умовою ефективного виробництва. У зв'язку з цим у науковій літературі активно обговорюється нагальна необхідність розробки методів контролю [1–4]. Контроль якості передбачає перевірку показників біоматеріалу і їх порівняння з вимогами стандарту та використання засобів спеціального контролю на всіх стадіях онтогенезу й етапах виробництва [5, 6]. У процесі виробництва культури комах виокремлюють 6 основних етапів, кожний з яких потребує індивідуального підходу та пошуку як довготривалих, так і швидких або ж експрес-методів контролю якості. На цей час за допомогою молекулярно-генетичних та імунологічних методів можна чітко ідентифікувати видову приналежність особин, що дуже важливо на перших етапах створення штучної популяції [5, 7, 8]. Та попри існування певних методичних підходів і способів контролю якості, ці питання залишаються актуальними у зв'язку зі зростанням у світі

попиту на екологічно безпечні засоби боротьби зі шкідливими комахами [9–12].

У сучасній технічній ентомології розроблено певні методи, які дають змогу контролювати якість біоматеріалу на різних стадіях онтогенезу [6, 10, 11]. Насамперед це традиційні методи, що передбачають знання біологічних особливостей видів як у природних, так і у штучних умовах існування, а також новітні методи, призначені для боротьби зі шкідниками [13].

У цьому зв'язку слід згадати про достатньо ефективні способи оцінки життєздатності культури шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L.) на різних стадіях розвитку [14, 15].

Наразі сформульовано біологічні основи контролю якості та запропоновано індекс загальної життєздатності культури як найважливіший показник, що визначає якість культур під час реалізації більшості програм розведення. Наявні нечисленні дані, що стосуються особливостей технологічного процесу виробництва зернової молі та способів підвищення її якості. Розроблено експрес-метод оцінювання технологічного процесу виробництва зернової молі [6, 16, 17].

Заслужують на увагу біофізичні та біохімічні методи контролю якості культур комах, метод контролю за станом гемолімфи з використанням іонного аналізатора, дослідження динаміки активності тирозинази та дофаоксидазної активності в онтогенезі кімнатної мухи (*Musca domestica* L.) і медоносної бджоли (*Apis mellifera* L.) [6].

На модельній вибірці імаго колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) показано можливість комплексного застосування молекулярно-біологічного, фенетичного та токсикологічного методів для аналізу популяційної структури виду [18].

Аналіз сучасного стану вивченості зазначеного питання свідчить про необхідність пошуку нових ефективних способів контролю культур комах та розробки експрес-методів визначення їхнього стану. На нашу думку, доцільним є підхід, що базується на механізмах підтримки гомеостатичних властивостей штучних популяцій та їх зв'язку з показником життєздатності [19].

Експериментально обґрунтоване нами правило залежності інтенсивності прояву таксисів комах від життєздатності популяції [20] у практичному аспекті можна розглядати як критерій життєздатності популяції та використовувати для контролю якості біоматеріалу.

Мета досліджень — розробити нові методи контролю якості культур комах для підвищення життєздатності та продуктивності біоматеріалу, що використовується у технічній ентомології під час реалізації програм різного напрямку.

Матеріали та методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на експериментальній базі Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН з використанням штучних популяцій комах, що формують колекцію Центру маточних культур Інституту: зернової молі (*Sitotroga cerealella* Olivier, 1789 (LEPIDOPTERA: Gelechiidae)), воскової вогнівки (*Galleria mellonella* Linnaeus, 1758 (LEPIDOPTERA: Pyralidae)) та клопа (*Perillus bioculatus* Fabricius, 1775 (HEMIPTERA: Pentatomidae)).

Працюючи із зерною міллю, автори опиралися на отримані раніше власні результати з вивчення залежності життєздатності гусениць цього виду від місця розташування у субстраті [18]. Відбір гусениць проводили в такий спосіб. У контрольному варіанті зерна ячменю, перед виходом гусениць з яєць, змочували водою (25 мл на 1 кг ячменю). У другому варіанті зерна ячменю змочували (обприскували розпилювачем під час перемішування) відваром мелених зерен кукурудзи (25 мл на 1 кг зерна) для збільшення привабливості субстрату [18]. Температура відвару становила 20 °С. Зерно різних варіантів засипали в ємності, сконструйовані таким чином, щоб після виходу з яєць гусениці мали вільний доступ

до будь-якого варіанта корму (рис. 1). Через 20 днів відбирали проби зерна (5 повторностей по 100 зерен), визначали його зараженість (за кількістю зерен, уражених комахами) та життєздатність гусениць (відсоток тих, що вижили до стадії лялечки по відношенню до кількості отриманих із зараженого зерна). У нашому випадку зараженість зерна свідчила про інтенсивність хемотаксису.

Для визначення інтенсивності фототаксису гусениць зернової молі та воскової вогнівки (види характеризуються негативним фототаксисом) поживне середовище розміщували в спеціальних ємностях розміром 20×30×20 см. Шар поживного середовища умовно ділили на три ділянки. Інтенсивність фототаксису зернової молі визначали за кількістю зараженого зерна верхніх та нижніх шарів субстрату (по 5 см), воскової вогнівки — за кількістю гусениць у різних шарах субстрату (по 5 см). Варіанти порівнювали між собою (кожний був контрольним по відношенню до іншого). Кожний дослід виконували у 5-кратній повторності.

Апробацію методу оцінки біоматеріалу *Perillus bioculatus* здійснювали з урахуванням існування гетерогенності в популяціях комах за перевагою на кормовий подразник [21]. Досліджували інтенсивність хемотаксису імаго та личинок 1-го віку на певний кормовий подразник впродовж 15 хв. Як

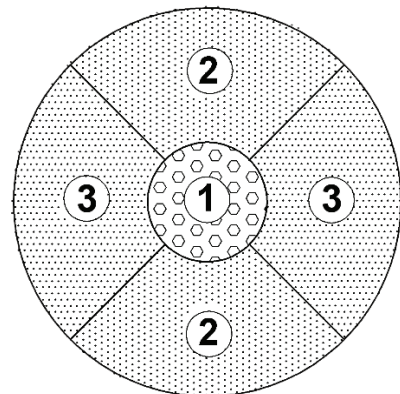


Рис. 1. Ємність із кормовим субстратом: 1 — місце розміщення яєць зернової молі; 2 — відділення з кормовим субстратом 1 (зерна змочені водою, контроль), 3 — відділення з кормовим субстратом 2 (зерна змочені відваром кукурудзи)

кормовий субстрат використовували личинки колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (COLEOPTERA: Chrysomelidae), яйця колорадського жука та личинки *Galleria mellonella*. Визначали життєздатність отриманого матеріалу та інтенсивність хемотаксису на певний кормовий подразник. Ступінь гетерогенності визначали як умовний якісний показник за реакцією на нетиповий корм. Для обробки отриманих даних використовували дисперсійний аналіз.

Результати досліджень. Успішна реалізація програм біологічного захисту рослин передбачає виробництво ентомофагів, які безпосередньо застосовують у закритому і відкритому ґрунтах для боротьби зі шкідниками, та промислове виробництво фітофагів, що слугують кормом для вигодовування ентомофагів. Виробництво зернової молі спрямоване на отримання яєць, що застосовуються для паразитування трихограмою, як корм для розведення інших видів хижих комах та для відтворення власної популяції. Воскову вогнівку розводять для одержання яєць, які застосовують як корм для хижих комах, перш за все клопів *Perillus bioculatus*,

а також *Podisus maculiventris* та відтворення її власної популяції [22–24].

В основу методів оцінювання стану популяцій комах було покладено правило залежності інтенсивності прояву таксисів від рівня життєздатності. Особини з вищою інтенсивністю прояву таксисів більшою мірою адаптовані до умов середовища і саме вони забезпечують виживання популяції у змінних умовах техноценозу [20].

Для апробування методу контролю якості біоматеріалу зернової молі культури тестували з використанням двох субстратів для приваблення — зерна ячменю та зерна ячменю, змоченого відваром мелених зерен кукурудзи. Відомо, що зерно кукурудзи є кращим кормом для гусениць, ніж ячмінь, але виробництво зернової молі на кукурудзі менш рентабельне.

Дослідження інтенсивності прояву хемотаксису зерновою мілью показало, що у варіанті, де використовували відвар кукурудзи, заселеність зерна комахами на 9% була вищою ($p < 0,01$), ніж у контрольному варіанті (рис. 2).

Результати цього дослідження свідчать, по-перше, про те, що життєздатність

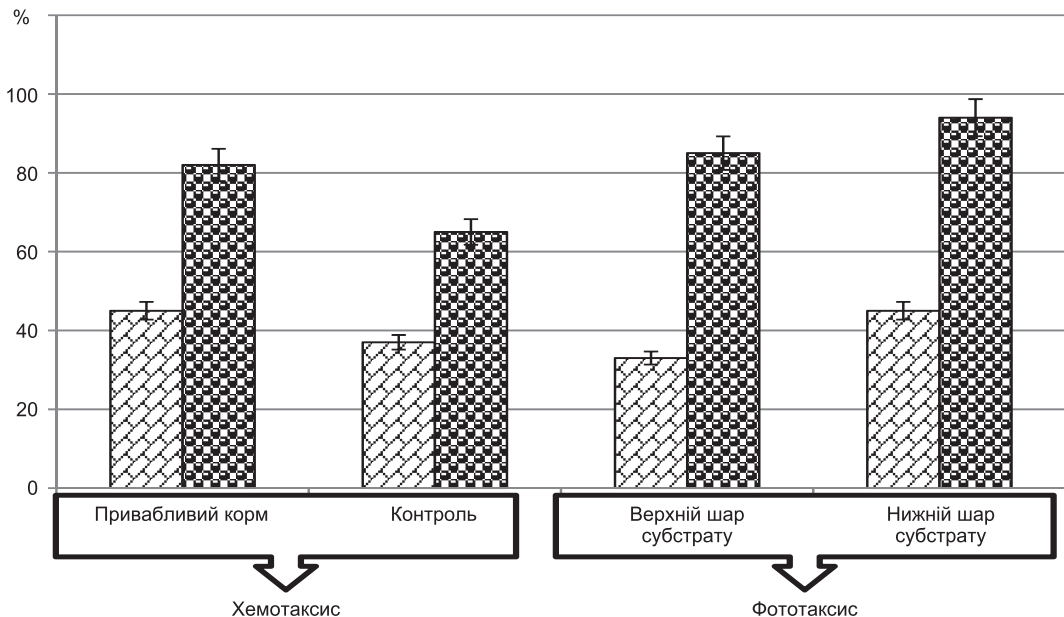


Рис. 2. Інтенсивність прояву таксисів та життєздатність гусениць зернової молі: ▨ — інтенсивність прояву таксису, %; ▩ — життєздатність гусениць, %

гусениць, які розвивалися в обробленому відваром зерні, на 18,1% перевищувала життєздатність у контрольному варіанті. По-друге, тестування популяції в такий спосіб дає уявлення про її стан: якщо більший відсоток популяції зреагує на відвар (а це більш життєздатні особини), то популяція складається із високожиттєздатних особин.

У подальшому на підставі встановленої залежності між інтенсивністю фототаксису гусениць (зернова міль має від'ємний фототаксис) та життєздатністю особин було апробовано спосіб контролю якості біоматеріалу за інтенсивністю фототаксису. Заселеність нижнього шару зерна зерновою мілью (рис. 2.) була на 12,6% вищою, ніж заселеність верхнього шару зерна, а життєздатність на 7% перевищувала контрольні показники.

Тож, як бачимо, інтенсивність прояву таксисів може слугувати критерієм рівня життєздатності популяції та використовуватися для прогнозування динаміки її чисельності та якості біоматеріалу, що підтверджує результати попередніх досліджень, проведених на шовковичному шовкопряді [18].

Працюючи з восковою огнівкою, використовували природний від'ємний фототаксис об'єкта дослідження за культивування у штучному поживному середовищі. На підставі результатів попередніх досліджень зроблено припущення, що особини з інтенсивнішим фототаксисом глибше занурюються у субстрат і мають (з огляду на встановлене правило) вищу життєздатність. Подальші дослідження підтвердили це припущення.

Результати експериментів зі встановлення залежності між рівнем життєздатності воскової вогнівки та інтенсивністю прояву фототаксису показали, що гусениці з найвищою життєздатністю (на 20,5% вища, ніж у гусениць з верхніх шарів субстрату) мали

найінтенсивніший негативний фототаксис (табл. 1).

Заселеність нижнього шару зерна гусеницями воскової вогнівки на 17,6% перевищувала заселеність верхнього шару. Отже, особини з більшою інтенсивністю прояву таксису здатні підвищити біологічні показники популяції загалом і забезпечити її існування в умовах середовища.

На прикладі ентомофага *Perillus bioculatus* розроблено та апробовано експрес-метод контролю вихідного матеріалу за інтенсивністю трофотаксису на нетиповий кормовий подразник. Метод базується на існуванні внутрішньопопуляційної гетерогенності цього виду по відношенню до корму.

Періллус — не надто активний хижак, він уникає полювання на високомобільну чи агресивну жертву. Колорадський жук повністю відповідає харчовим потребам та етологічним вимогам цього клопа [25]. Загалом періллус атакує жука на всіх стадіях його розвитку, але в деяких працях зазначено, що він віддає перевагу яйцям [26–28]. Підраховано, що у личинковий період хижак споживає більш як 300 яєць. Це вказує на значний потенціал для знищення популяції колорадського жука за умови присутності періллуса у великій кількості на початку сезону. Проте в хижака відмічено прояви анемотаксису: клоп не може візуально визначити жертву на відстані понад 5 см. У пошуках здобичі він більшою мірою керується хеморецепторами. Періллус реагує на хімічні речовини, що виділяються рослинами, пошкодженими личинками колорадського жука [29]. Саме ці дані дали змогу запропонувати метод контролю якості біоматеріалу, що базується на інтенсивності таксису виду.

Результати наших попередніх досліджень щодо існування гетерогенності в популяціях

1. Залежність інтенсивності фототаксису від рівня життєздатності воскової вогнівки (порівняння двох шарів субстрату)

Варіант	Глибина занурення у субстрат (інтенсивність таксису), %	Життєздатність гусениць, %
Верхній шар субстрату	27,2±1,2	63,8±1,4*
Нижній шар субстрату	44,8±1,5*	84,3±1,6*

Примітка. * $p < 0,01$ (для табл. 1, 2).

2. Залежність між інтенсивністю хемотаксису, життєздатністю гусениць та ступенем гетерогенності популяції *Perillus bioculatus*

Варіант досліджу	Інтенсивність хемотаксису, шт./за 30 хв	Життєздатність личинок, %	Ступінь гетерогенності популяції
Контроль — личинки колорадського жука	72,3±1,4	73,6±1,8*	Низька
Яйця колорадського жука	78,0±1,6	70,1±1,6*	Низька
Личинки воскової вогнівки	24,3±1,4*	89,8±1,1*	Висока

комаха за перевагою на кормовий подразник дають підставу стверджувати, що приблизно 13% популяції може успішно культивуватися на інших комах [18]. Широкого застосування у штучних умовах набуло використання для годування хижаків гусениць *Galleria mellonella* Linnaeus, 1758. Установлено, що в європейській частині Туреччини крім *L. decemlineata* хижаків живиться личинками та яйцями жука-сонечка *Henosepilachna elaterii* (Rossi, 1794) та гусінню метелика *Papilio machaon* (Linnaeus, 1758) [30]. Існують твердження, що в Анатолії (азійська частина Туреччини) періллус живиться личинками тополевого листоїда (*Chrysomela populi* Linnaeus, 1758) [21]. У природі періллус, живиться не лише колорадським жуком, а й личинками та імаго амброзієвого листоїда (*Zygogramma suturalis* Fabricius, 1775) [31]. На підставі цього було запропоновано та апробовано метод оцінки біоматеріалу на стадіях імаго та личинки 1-го віку за інтенсивністю хемотаксису на певний кормовий подразник упродовж 15 хв. Як кормовий субстрат використовували яйця та личинки колорадського жука та личинки *Galleria mellonella*. Визначали життєздатність отриманого матеріалу та інтенсивність хемотаксису на певний кормовий подразник (табл. 2).

Визначаючи інтенсивність хемотаксису личинок 1-го віку, автори спостерігали високі показники у варіантах хемотаксису на личинок та яйця колорадського жука, а низькі — у варіанті з личинками воскової вогнівки.

Отримані дані свідчать про існування гетерогенності в популяції *Perillus bioculatus*.

Спираючись на отримані нами раніше дані про існування кореляції між показниками інтенсивності хемотаксису та ступенем гетерозиготності популяції [18], популяцію, яку аналізували з використанням воскової вогнівки, можна вважати умовно гетерозиготною. Під час вивчення життєздатності клопів експериментально було підтверджено таку саму закономірність. Значно вищі (на 16,2%) показники життєздатності виявилися у гетерозиготній популяції, а дещо нижчі — у гомозиготній популяції.

Аналіз відповідності показників інтенсивності хемотаксису і життєздатності певному рівню гетерозиготності популяції свідчить про високу ефективність запропонованого нами способу визначення ступеня гетерозиготності популяцій комах як у природі, так і в лабораторії.

Запропонований спосіб дає можливість оцінити гетерозиготність без проведення попередніх схрещувань. Крім того, він є мало витратним, технологічно простим, його можна використовувати в будь-яку пору року в селекційній роботі, а також для моніторингу стану природних популяцій комах у зонах високого антропогенного навантаження. Метод дає змогу диференціювати особин для подальшого ефективного розмноження на кормовому субстраті, якому надано перевагу, і використовувати такий біоматеріал у програмах біологічного захисту рослин від шкідників.

Висновки

Доведено можливість використання даних про інтенсивність прояву хемотаксису зернової молі *S. cerealella*, воскової вогнівки *G. mellonella* та клопа *P. bioculatus* в експрес-методах контролю якості культур

цих комах у програмах технічної ентомології. Встановлено, що у разі добору особин зернової молі за інтенсивністю хемотаксису на привабливий корм життєздатність гусениць, що розвивалися в обробленому

відваром кукурудзи зерні ячменю, на 18,1% перевищувала аналогічний показник у контрольному варіанті (зерно ячменю, оброблене водою). У разі добору гусениць воскової вогнивки за інтенсивністю фототаксису спостерігається підвищення життєздатності личинок на 20,5% у варіанті, де інтенсивність фототаксису була

на 17,6% вища. Також доведено залежність життєздатності культури періллуса від інтенсивності трофотаксису на кормовий подразник. Запропоновані методи апробовані для підвищення життєздатності штучних популяцій Центру маточних культур Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН.

Markina T.¹, Lykova I.², Holub Ye.³

^{1,3}Engineering and Technological Institute «Biotekhnika» of NAAS, 26 Mayakhska doroha, vil. Khlibodarske, Odesa district, Odesa oblast, 67667, Ukraine; ²H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, 29 Alchevskiyh Str., Kharkiv, 61002, Ukraine; e-mail: ¹t.yu.markina@gmail.com, ²irlyk16@gmail.com, ³eva.golub.1979@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-6313-9814, ²0000-0003-1347-2077, ³0000-0002-3415-4193

Express methods of quality control of insect cultures — biological plant protection agents

Goal. To develop new methods of quality control of insect cultures to increase the viability and productivity of biomaterial used in technical entomology programs for biological protection of plants and obtaining raw material producers. **Methods.** Methods of growing insects in optimal hygrothermal conditions for each species and methods of mathematical statistics (dispersion analysis) were used to process the obtained data. Experimental studies were carried out with artificial populations of insect cultures forming the collection of the Center for Mother Cultures of ETI «Biotekhnika»: grain moth (*Sitotroga cerealella* Olivier, 1789), wax moth (*Galleria mellonella* Linnaeus, 1758) and bug *Perillus biosulatus* Fabricius, 1775. **Results.** Analysis of the study of the issue of quality control of insect cultures indicated the need to find new effective methods and develop express methods

for determining their condition. An approach based on the mechanisms of maintaining the homeostatic properties of artificial populations and their connection with the viability indicator was appropriate. The authors' experimentally substantiated rule of the dependence of the intensity of the manifestation of insect taxis on viability can be considered as a criterion of population viability and used to control the quality of biomaterial. The effectiveness of controlling the viability of the *Sitotroga cerealella* culture based on the intensity of chemotaxis of larvae after hatching and the intensity of phototaxis of grain moth and wax moth cultures based on the intensity of penetration into the substrate was proven. The relationship between the intensity of trophotaxis of *Perillus biosulatus* to an atypical food stimulus and the culture viability indicator is shown. The effectiveness of using the method of selecting larvae by trophotaxis within 15 minutes to control the quality of the population is proven. **Conclusions.** The obtained results give reason to recommend the method of selection based on chemotaxis to an atypical food stimulus to increase the viability of the *S. cerealella* culture and the *P. biosulatus* bug. Phototaxis selection in *G. mellonella* culture increases its viability by 19.5%.

Key words: artificial populations, breeding of insects, biological protection of plants, chemotaxis, phototaxis, viability.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-06>

Бібліографія

1. Francuski L., Beukeboom L.W. Insects in production. *Entomol. Exp. Appl.* 2020. N 168. P. 422–431. doi: 10.1111/eea.12935

2. Roe A.D., Demidovich M., Dedes J. Origins and history of laboratory insect stocks in a multispecies insect production facility, with the proposal of standardized nomenclature and designation of formal standard names. *J. Insect Sci.* 2017. V. 18. N 3. P. 1–9. doi: 10.1093/jisesa/iaey037

3. Бачинська Я.О., Маркіна Т.Ю., Ликова І.О., Харченко Л.П. Доцільність використання *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) для утилізації синтетичних полімерів. *Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія.*

2020. Т. 22. № 1. С. 45–54. doi: 10.34142/2708-5848.2020.22.1.05

4. De Jong A.W., van Veldhuizen D., Groot A.T., Hagen F. Standardized methods to rear high-quality *Galleria mellonella* larvae for the study of fungal pathogens. *Entomol. Exp. Appl.* 2022. 170. P. 1073–1080. doi: 10.1111/eea.13237

5. Злотин А.З. Техническая энтомология: справ. пособ. Киев: Наукова думка, 1989. 183 с.

6. Маркіна Т.Ю. Новые подходы к контролю качества культур насекомых при разведении. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія.* 2016. № 24 (1). С. 164–172. doi: 10.15421/011620

7. Arunkumar K.P., Metta M., Nagaraju J. Molecular phylogeny of silkmoths reveals the origin of domesticated silkmoth, *Bombyx mori* from Chinese *Bombyx mandarina* and paternal inheritance of *Antheraea proylei* mitochondrial DNA. *Mol. Phylogenet. Evol.* 2006. 40. P. 419–427. doi: 10.1016/j.ympev.2006.02.023

8. Gu J., Li Q., Chen B. et al. Species identification of *Bombyx mori* and *Antheraea pernyi* silk via immunology and proteomics. *Sci Rep.* 2019. 9. P. 9381. doi: 10.1038/s41598-019-45698-8

9. Yocuma G.D., Coudronb T.A., Brandtb S.L. Differential gene expression in *Perillus bioculatus* nymph sfed a sub optimal artificial diet *J. Insect Physiol.* 2006. 52. P. 586–592.

10. Злотин О.З., Маркіна Т.Ю. Експрес-метод добору вихідного біоматеріалу для створення культур комаха. *Український ентомологічний журнал.* 2013. № 2 (7). С. 69–72.

11. Leppla N.S., Ashley F.R. Quality control in insect mass production: a review and model. *Bulletin of the Entomol. Soc. of Amer.* 1989. V. 34. N 4. P. 33–44.

12. Ramarasu A., Asohan R., Pavithra B.S., Sridhar V. Innovative molecular approaches for pest management. *Genetic methods and tools for managing crop pests.* Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2022. P. 27–45. doi: 10.1007/978-981-19-0264-2

13. Vaschetto L.M. RNAi strategies for pest management. methods and protocols. *Oncativo, Argentina,* 2022. doi: 10.1007/978-1-0716-1633-8

14. Зуб О.В., Злотин О.З., Остапенко Л.М. Вивчення залежності між інтенсивністю реакції хемотаксису гусениць і ступенем чутливості імаго-самців шовковичного шовкопряда до статевого феромону самок. *Вісник Харк. нац. аграр. ун-ту.* 2004. № 5. С. 24–27.

15. Hăbeanu M., Gheorghe A., Mihalcea T. Silkworm *Bombyx mori* –sustainability and economic opportunity, particularly for Romania. *Agriculture.* 2023. N 13. 1209 с. doi: 10.3390/agriculture13061209

16. Марус О.А., Голуб Г.А. Виробництво трихограми. Механіко-технологічні основи. Київ, 2015. 232 с.

17. Parra J.R.P., Coelho A.Jr. Insect Rearing techniques for biological control programs, a component of sustainable agriculture in Brazil. *Insects.* 2022. 13. 105. doi: 10.3390/insects13010105

18. Маркіна Т.Ю. Гомеостатические свойства искусственных популяций насекомых и способы управления их состоянием: монография. Харьков: Планета-Принт, 2019. 380 с.

19. Маркіна Т.Ю., Беньковская Г.В. Механизмы поддержания гомеостаза в лабораторных популяциях насекомых. *Экология.* 2015. № 4. С. 294–299. doi: 10.7868/S0367059715040125

20. Маркіна Т.Ю., Злотин О.З. Интенсивность проявления таксисов и жизнеспособность насекомых: общебиологические закономерности. *Изв.*

Харьков. *энтомол. об-ва.* 2010. Т. 18. Вып. 2. С. 66–71.

21. Tarla S., Tarla G. Detection of *Perillus bioculatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) on a New Host in Anatolia. *International J. of Agriculture Innovations and Research.* 2018. N 7(3). P. 317–319. URL: https://ijair.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJAIR_2908_FINAL.pdf

22. Firacative C., Khan A., Duan S. et al. Rearing and maintenance of *Galleria mellonella* and its application to study fungal virulence. *J. Fungi.* 2020. N 6 (3). P. 130. doi: 10.3390/jof6030130

23. Copplesstone D., Coates C.J., Lim J. Low dose γ -radiation induced effects on wax moth (*Galleria mellonella*) larvae. *Sci. Total Environ.* 2023. 876. 162742. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162742

24. De Ladurantaye Y., Khelifi M., Cloutier C., Coudron T.A. Short-term storage conditions for transport and farm delivery of the stink bug *Perillus bioculatus* for the biological control of the Colorado potato beetle. *Can. Agric. Eng.* 2010. 52. P. 4.1–4.5. URL: <http://www.csbe-scgab.ca/docs/journal/52/C0814.pdf>

25. Agasieva I.S., Nefedova M.V., Fedorenko E.V., Umarova A.O. Biological features of pentatomide predaceous bugs and new methods of their cultivation. *Int. J. Res.* 2017. N 7(61). P. 6–8. doi: 10.23670/IRJ.2017.61.079

26. Rabitsch W. True bugs (Hemiptera, Heteroptera). *BioRisk.* 2010. N 4(1) P. 407–433. doi: 10.3897/biorisk.4.44

27. Duursun A., Fent M. Erst nach weis von *Perillus bioculatus* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) fur Anatolien (Turkei). *Mitteilungsblatt der Arbeitsgruppe Mitteleuropaischer Heteropterologen,* 2018. 53. P. 18–20.

28. Adams T.S. Effect of diet and mating on oviposition in the twospotted stink bug *Perillus bioculatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America,* 2000. 93(6). P. 1288–1293. doi: 10.1603/0013-8746(2000)093

29. Loon J.J.A., De Vos E.W., Dicke M. Orientation behavior of the predatory hemipteran *Perillus bioculatus* to plant and prey odours. *Entomologia Experimentalis et Applicata.* 2000. 96(1). P. 51–58. doi: 10.1046/j.1570-7458.2000.00678.x

30. Kivan M. Some observations on *Perillus bioculatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) a new record for the entomofauna of Turkey. *Turkish J. of Entomology.* 2004. 28(2). P. 95–98. URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/64918>

31. Bhusal D.R., Patel P., Ghimire K.C. et al. Size-based intraspecific c variations along altitudinal gradient and follow of Bergmann's rule in Parthenium beetle, *Zygogramma bicolorata* Pallister. *J. of Asia-Pacific Entomology.* 2019. 22(4). P. 1173–1179. doi: 10.1016/j.aspen.2019.10.008