

Міністерство освіти і науки України
Дніпропетровський національний університет
імені Олеся Гончара

МАРКІНА ТЕТЯНА ЮРІЇВНА

УДК [574.3+591.5]:595.7.082

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДТРИМАННЯ ГОМЕОСТАЗУ ШТУЧНИХ
ПОПУЛЯЦІЙ КОМАХ І СПОСОБИ УПРАВЛІННЯ ЇХ СТАНОМ**

03.00.16 – екологія

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

Дніпропетровськ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківському національному педагогічному університеті імені Г. С. Сковороди

Науковий консультант: доктор біологічних наук, професор,
Злотін Аврам Зіновійович, Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, кафедра зоології, професор.

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник
Сумароков Олександр Михайлович,
агрооб'єднання «Чиста криниця», ентомолог;

доктор біологічних наук, доцент,
Шабанов Дмитро Андрійович, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, кафедра зоології та екології, професор;

доктор біологічних наук, професор,
Федоряк Марія Михайлівна, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, кафедра екології та біомоніторингу, професор.

Захист відбудеться « 15 » червня 2016 року о 10.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 у Дніпропетровському національному університеті імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, проспект Гагаріна, 72, корпус 17, факультет біології, екології і медицини, ауд. 711.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара за адресою: м. Дніпропетровськ, вул. Казакова, 8.

Автореферат розісланий « 12 » травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук, доцент

А. О. Дубина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Дослідження структурно-функціональної організації популяцій є важливим завданням сучасної теоретичної екології. Вони можуть бути підґрунтям для розв'язання практичних питань, пов'язаних із масовим розведенням комах, усебічне використання яких у світі останнім часом зростає (Mass Production of Beneficial Organisms ..., 2013). За даними МОБЗР (Міжнародна організація біологічного захисту рослин) у світі майже 230 видів комах-ентомофагів розводять у штучних умовах і успішно використовують для захисту рослин у відкритому та закритому ґрунті (van Lenteren, 2012). Важливим напрямом природоохоронної діяльності є розведення рідкісних і зникаючих видів (Ткачова і ін., 2005; Маркіна, 2014). Комах усе частіше розглядають як цінний кормовий ресурс для тварин і людини (Raubenheimer, Rothman, 2013; Ghosh et al., 2014). Не втрачають актуальності й програми розведення комах – продуцентів сировини і продуктів харчування (бджола і шовковичний шовкопряд).

Успішна реалізація всіх програм технічної ентомології має базуватися на фундаментальних дослідженнях екологічних закономірностей функціонування штучних популяцій комах. Раніше вважали (Smith, 1966; Злотин, 1981; 1989; Тамарина, 1990; Монастырский, Горбатовский, 1991; Чернышов, 1998), що створені людиною штучні популяції навіть за тривалого існування неспроможні до саморегулювання. Це пояснювали тим, що в умовах техноценозу під впливом оптимізації культивування, яку здійснює експериментатор, зменшуються гетерогенність, життєздатність і продуктивність матеріалу. Виконані нами комплексні дослідження, спрямовані на оптимізацію структурних параметрів штучних популяцій комах залежно від мети розведення, дали підстави взяти під сумнів ці положення.

Ідея підтримання стійкості популяцій за рахунок оптимізації взаємодії внутрішньопопуляційних угруповань привертає увагу багатьох дослідників (Shaffer, 1985; Hanski, 1989; Verboom et al., 1991; Щипанов, 2000., Гречаний, 2004; Ермаков, 2014). Водночас специфічні процеси у штучних популяціях комах вивчені недостатньо для успішної реалізації програм їхнього розведення. На нашу думку, ефективне виробництво комах можливе лише з урахуванням механізмів, які забезпечують популяційний гомеостаз – стабільне підтримання життєздатності та відтворення окремих груп особин (Злотін, Головка, 1998; de Weerd, Verbrugge, 2011, Маркіна, Бенъковская, 2015).

Таким чином, актуальним є комплексне дослідження механізмів підтримання гомеостазу в штучних популяціях комах, що є фундаментальною основою функціонування біологічних систем будь-якого рівня. Одержані дані дадуть змогу цілеспрямовано оптимізувати структурні параметри відповідно до цілей програм розведення й суттєво підвищити ефективність культивування комах із униканням некерованих ситуацій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до науково-дослідних тем кафедри зоології природничого факультету Харківського національного педагогічного університету імені

Г. С. Сковороди: «Розробка теоретичних основ оптимізації структури штучних популяцій комах залежно від мети розведення» (2003–2005 рр., ДР № 0103U000498); «Вивчення механізмів саморегулювання структур штучних популяцій комах при розведенні» (2006–2008 рр., ДР № 0106V003406); «Біологічне обґрунтування і розробка експрес-методів моніторингу за життєздатністю популяцій комах в екосистемах» (2012–2014 рр., ДР № 0112U002661). Експериментальні дослідження проведені на базі Інституту шовківництва НААН України (з 2008 р. – відділу шовківництва та технічної ентомології Національного наукового центру «Інститут експериментальної клінічної ветеринарної медицини» (ННЦ «ІЕКВМ») у рамках державної науково-технічної програми «Шовківництво»: «Розробити теоретичні принципи і практичні прийоми оптимізації життєздатності та продуктивності шовковичного шовкопряда і зниження собівартості продуктів шовківництва» (2001–2005 рр., ДР № 0104U004416).

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягає в теоретичному та експериментальному обґрунтуванні механізмів підтримання гомеостазу штучних популяцій комах, розробці способів оптимізації структурних параметрів культур і контролю якості біоматеріалу відповідно до цілей програм розведення.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Установити особливості структурної організації штучних популяцій комах в умовах техноценозу.

2. Експериментально дослідити існування гомеостатичних властивостей штучних популяцій комах і розкрити механізми підтримання гомеостазу під час оптимізації культивування та за дії стрес-факторів.

3. Проаналізувати вплив спрямованого відбору за життєздатністю і його післядію на динаміку структурних параметрів та біологічні показники культури шовковичного шовкопряда.

4. Установити залежність між інтенсивністю таксисів комах і показником життєздатності культур на прикладі модельних об'єктів (*Bombyx mori* Linnaeus, 1758, *Lymantria dispar* Linnaeus, 1758, *Sitotroga cerealella* Olivier, 1789).

5. Обґрунтувати новий підхід, розробити нові і вдосконалити існуючі способи контролю якості культур комах та прогнозування життєздатності вихідного матеріалу під час створення штучних популяцій.

6. Розробити й апробувати способи оптимізації просторової, статевої, вікової та екологічної структур культур комах залежно від мети програми розведення з урахуванням механізмів підтримання популяційного гомеостазу.

7. Проаналізувати взаємозв'язок життєздатності популяцій комах та ступеню техногенного забруднення довкілля та розробити способи біоіндикації з використанням гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда.

8. Обґрунтувати можливість використання прийомів оптимізації під час розведення рідкісних і зникаючих видів комах (на прикладі лускокрилих) для вирішення природоохоронних завдань.

Об'єкт дослідження: структурна організація штучних популяцій комах, їхні гомеостатичні властивості.

Предмет дослідження: механізми саморегуляції структурних параметрів штучних популяцій комах, їхнє значення під час культивування.

Методи дослідження: Загальноприйняті в популяційній екології та технічній ентомології експериментальні методи роботи з культурами комах (Шварц, 1980; Злотін, 1989; 1990; 2000; Злотін, Головка, 1998; Тамарина, 1990). Визначення кількісних і якісних екологічних характеристик об'єктів дослідження (параметрів популяцій). Статистичні методи оцінювання значимості отриманих даних, функціональних залежностей між різними факторами та процесами (описова статистика, кореляційний, регресійний, дисперсійний аналіз).

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше:

- всебічно вивчені механізми підтримання популяційного гомеостазу під час експериментального регулювання структурних параметрів штучних популяцій комах;

- доведено, що тривала оптимізація культур комах під час розведення у штучних умовах спричиняє негативні зміни структурних параметрів популяцій та порушення гомеостазу;

- показано можливість відновлення оптимальних структурних параметрів популяцій комах після припинення спрямованої дії на їхні просторову, статеву, вікову та екологічну структури;

- визначено провідну роль показника життєздатності у стійкому функціонуванні штучних популяцій;

- експериментально доведено правило прямої залежності інтенсивності таксисів комах від рівня життєздатності їхніх популяцій;

- на основі встановленого правила розкрито механізм підтримання стабільності просторово-етологічної структури штучних популяцій комах;

- доведено доцільність використання інтенсивності прояву таксисів як критерію життєздатності популяції для контролю якості культур комах під час реалізації програм технічної ентомології;

- розроблено методи оптимізації штучних популяцій з урахуванням механізмів підтримання популяційного гомеостазу за рахунок регулювання структурних параметрів культур комах.

Набули подальшого розвитку:

- уявлення про існування механізмів саморегуляції у штучних популяціях комах, за рахунок підтримання різноякісності окремих внутрішньопопуляційних груп;

- теоретичні уявлення про існування зворотного зв'язку між рівнем забруднення біоценозів та життєздатністю популяцій комах, що підтверджені експериментально.

Удосконалено:

- способи використання шовковичного шовкопряда як універсального тест-об'єкта для біоіндикації токсикантів у навколишньому середовищі;

- способи оптимізації біоматеріалу під час розведення рідкісних і зникаючих видів комах;

– способи добору вихідного матеріалу для створення лабораторних культур комах і вибору перспективних порід шовковичного шовкопряда для промислового виробництва.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано комплекс практичних прийомів, що включає 6 основних напрямів оптимізації культур комах. Розроблені способи підвищення життєздатності та продуктивності біоматеріалу шляхом оптимізації просторової, вікової, статевої, екологічної і генетичної структур популяцій дають змогу значно підвищити ефективність реалізації програм розведення комах з урахуванням поставлених завдань. Апробовані способи добору вихідного матеріалу за показником інтенсивності таксисів комах дозволяють формувати високо життєздатні лабораторні культури та прогнозувати динаміку чисельності як штучних, так і природних популяцій. Запропоновані способи захищені патентами України.

Установлено, що в системі комплексного оцінювання екологічного стану довкілля гусениці-мураші шовковичного шовкопряда можуть бути успішно використані для визначення наявності інсектицидів та солей важких металів у ґрунті й воді на всій території України в період вегетації шовковиці. Розроблені експрес-методи моніторингу змін життєздатності комах в екосистемах дадуть змогу на науковій основі планувати заходи щодо збереження біорізноманіття комах і прогнозувати можливі спалахи чисельності комах-шкідників сільського і лісового господарств.

Запропонований спосіб прогнозування життєздатності комах упроваджений у відділі шовківництва та технічної ентомології ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини» для підтримання колекції порід і ліній шовковичного шовкопряда, що становлять «Національне надбання України» (акт про впровадження № 00497087 від 15.02.2014 р.). Матеріали роботи знайшли практичне застосування під час підготовки спеціалістів і магістрів в університетах, педагогічних і сільськогосподарських ВНЗ в курсах: «Екологія», «Охорона природи», «Технічна ентомологія», «Шовківництво».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням. Здобувачем розроблено програму, здійснено експериментальні роботи та аналіз результатів, їх статистична обробка та узагальнення, сформовані основні теоретичні положення роботи та висновки. Деякі публікації, які відображають розглянуті в дисертації питання, підготовлені у співавторстві, де автором здійснено теоретичне обґрунтування дослідження, участь у експериментах, аналіз отриманих даних і формування висновків.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень пройшли широку апробацію на наукових з'їздах і конференціях різного рівня, основними з яких є: ентомологічні конференції УЕТ (Львів 2005; Умань, 2010), XII–XIV з'їзди РЕТ (Санкт-Петербург, 2002, 2012; Краснодар, 2007); VI–VIII з'їзди Українського ентомологічного товариства (Біла Церква, 2003; Ніжин, 2007; Київ, 2013); VIII Міжнародна наукова екологічна конференція «Актуальні проблеми збереження стійкості живих систем» (Белгород, 2004); III Міжнародна наукова конференція «Біорізноманіття та роль зооценозів в природних і антропогенних екосистемах» (Дніпропетровськ, 2005); II Всеросійський з'їзд із

захисту рослин «Фітосанітарне оздоровлення екосистем», (Санкт-Петербург, 2005); IX Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми популяційної екології» (Белгород, 2006); X Міжнародна науково-практична екологічна конференція «Живі об'єкти в умовах антропогенного пресу» (Белгород, 2008); XI Міжнародна науково-практична конференція «Видові популяції і угруповання в антропогенно трансформованих ландшафтах: стан і методи його діагностики» (Белгород, 2010); Міжнародна науково-практична конференція «Біологічне різноманіття екосистем і сучасна стратегія захисту рослин (Харків, 2011); Міжнародна наукова конференція «Фундаментальні проблеми ентомології в ХХІ столітті» (Санкт-Петербург, 2011); II Міжнародна науково-практична конференція «Біорізноманіття та сталий розвиток» (Сімферополь, 2012); XII Міжнародна науково-практична конференція «Структурно-функціональні зміни в популяціях і співтовариствах на територіях з різним рівнем антропогенного навантаження» (Белгород, 2012); Міжнародна конференція, присвячена 25-річчю заснування НПП «Синевир» (2014); Міжнародна науково-практична конференція «Досягнення та перспективи ентомологічних досліджень» (Київ, 2014); Науково-практична конференція «Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень» (НПП «Черемоський», 2015); I Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми ентомології Східної Європи» (Мінськ, 2015).

Публікації за темою дисертації. За матеріалами дисертації опубліковано 59 наукових статей, у тому числі 39 статей у профільних наукових журналах і збірниках наукових праць, рекомендованих МОН України, з них – 4 у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз. Крім того, 41 наукова публікація міститься в матеріалах і тезах конференцій. Матеріали дисертації використані у трьох підготовлених за участю дисертанта навчальних посібниках і одному підручнику з грифом МОН України. Отримано 16 патентів України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з переліку умовних позначень, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота ілюстрована 85 таблицями та 57 рисунками. Матеріали дисертації викладено на 384 сторінках, із яких основного тексту – 312 сторінок. Список використаних джерел містить 618 посилань, серед яких 182 – латиницею.

Подяки. Автор надзвичайно вдячний своєму Вчителю – д. б. н., проф. А. З. Злотіну за консультації, цінні поради та можливість працювати разом. Щира подяка д. б. н. О. В. Пучкову, д. с-г. н., проф. В. Л. Мешковій, д. б. н. Г. В. Беньковській за консультації та підтримку, моїм співавторам к. с-г. н. Я. О. Бачинській, к. с-г. н. О. В. Галановій, к. с-г. н. О. О. Пальчик, к. с-г. н. Н. В. Ісіченко, О. А. Єгоровій, к. с-г. н. Н. М. Коваленко-Рудай за допомогу в організації та проведенні експериментальних робіт.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Гомеостаз популяційний – стан динамічної рівноваги популяції як цілісної біологічної системи із середовищем, за якого забезпечується стабільне

підтримання життєздатності і відтворення в окремих групах особин (самозбереження) шляхом функціонування складних адаптивних систем, що діють за принципом зворотного зв'язку (Шилов, 2002).

Грена – яйця шовковичного шовкопряда.

Гусениці-мураші – личинки шовковичного шовкопряда з моменту виходу з грени і до початку живлення.

Штучні популяції комах (культури комах) – штучно створені людиною, екологічно ізольовані групи особин одного виду із заданими властивостями, що стійко успадковуються (породи, лабораторні лінії), пристосовані до тривалого існування в умовах техноценозу, які мають власну структурну і функціональну організацію (Злотін, 1981).

Кокон-глухар – дефектний кокон із внутрішньою плямою, що не виступає на поверхню оболонки, лялечка присохла до оболонки та розклатася.

Кокон-карапачах – дефектний, не до кінця завитий кокон з яскраво вираженими чорними або брудно-коричневими наскрізними плямами і деформованою оболонкою.

ОПФ – оптимальний фон вигодівлі; умови, за яких виявляються мінімальні смертність і варіабельність тривалості усіх стадій розвитку комах, максимальна плодючість особин, тобто умови, в яких компенсаторні механізми підтримують оптимальний рівень інтенсивності життєдіяльності популяції (Тамарина, 1981). Для кожного виду встановлюється експериментально.

ПФ – песимальний фон вигодівлі; умови, які несприятливі для тривалого існування популяції, але дають змогу особинам здійснити повний цикл розвитку (зниження температури утримання комах, нестача корму та ін.).

Техноценоз (експериментальний) – обмежена за часом та у просторі, штучно створена людиною система, що складається з певної культури комах, інших організмів (бактерій, вірусів, грибів) і факторів середовища їх перебування. Взаємовідносини між окремими компонентами техноценозу формуються за безпосередньої участі експериментатора (Злотін, 1981; Тамарина, 1987).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ

Наведено сучасний стан вивчення проблем підтримання стійкості біологічних систем різного рівня інтеграції. Вивченню взаємин виду із середовищем перебування на популяційному рівні присвячено багато оглядових робіт (Беклемишев, 1960; Шварц, 1980; Яблоков, 1987; Шилов, 2002; Щипанов, 2002). Зазначено, що стійкість популяційних систем залежить від того, якою мірою структура і внутрішні властивості популяції зберігають пристосувальні риси на тлі мінливих умов існування. Розкрито сутність принципу гомеостазу популяції як цілісної біологічної системи, що полягає в підтриманні динамічної рівноваги із середовищем. Показано, що гомеостатичні функції властиві популяціям усіх груп живих організмів. Механізми

підтримання популяційного гомеостазу часто ставали предметом досліджень (Budnik et al., 1991; Гордеев, 1997; Burns, 2000; Bouletreau-Merle, Fouillet, 2002; Шилов, 2003; Щипанов, 2002; De Jong, Bochdanovits, 2003; Colombo et al., 2004; Мошкин, Шилова, 2008; Chakir et al., 2008; Joly et al., 2010; Gorbi et al., 2011; Березина, 2013; Корытин, 2013).

Завдяки успіхам популяційної екології та генетики стали зрозумілі механізми підтримання стійкості природних популяцій, переважно дрібних гризунів (Чернявский, Ткачов, 1982; Назарова, 1990; Новиков, 1991; Єфимов, 2000) і комах (Ford, Ford., 1930; Wellington, 1960; Гречаний и др., 1996; Гордеев, 1997; Нерезовкин, 2000; Vertram, 2002). Сформульовані положення про здатність популяцій до саморегулювання чисельності. У лабораторних умовах на комах і ракоподібних було розкрито роль генотипічної структури популяції в підтриманні її гомеостатичних властивостей (Айала, 1981; Рувинский и др., 1985; Никитин, 1986; Корзун, 1988; Некрасова, 1990; Сосунова, 1993; Погодаева 1999; Dercole et al., 2002; Prasad et al., 2003; Экологогенетическая ... 2004; Алтухов, 2003; Гречаний 2004; Ермаков, 2014). Однак механізми підтримки гомеостазу в штучних популяціях комах при тривалому культивуванні в програмах технічної ентомології, їхня структурна організація, роль окремих структурних параметрів у підтриманні гомеостазу залишалися невивченими.

Проаналізовано роботи, в яких наведено порівняльну характеристику основних структурно-функціональних одиниць природних і штучних популяцій комах. Розкрито історію формування поняття життєздатність. З'ясовано, що в технічній ентомології показник життєздатності може бути показником якості культур комах (Злотин, Чепурная, 1994). Наведено сучасний стан щодо розробленості способів контролю якості культур комах, відмічено недостатню вивченість цього питання (Chambers, Ashley, 1984; Leppla, Ashley, 1989; Greenberg, 1991; Галанова, 1998; Даньшина, 2002; Зуб, 2006; Белякова, Козлова, 2010; van Lenteren, 2012; Mass Productions..., 2013). Проаналізовано наявні способи оптимізації культур комах (Злотин, 1989; Кривда, Маркина, 2001; Монастырский, Горбатовский, 1991; Тамарина, 1990; Чернышов, 1996; Wilkinson, Morrison, 1973; Петрова, 2001; Кривда, 2002; Бачинська, 2005; Гайдук, 2007) і обґрунтовано необхідність пошуку нового підходу, що базується на дослідженнях динаміки структурних параметрів і підтриманні гомеостазу штучних популяцій комах. На основі проведеного аналізу обґрунтовано актуальність і перспективність здійснення власних досліджень.

ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Робота виконувалася впродовж 2001–2015 рр. на кафедрі зоології Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди. Експериментальні дослідження проведені на базі Інституту шовківництва НААН України.

Для експериментального виявлення механізмів підтримання гомеостазу обрано модельні об'єкти, які дають змогу найповніше дослідити процеси, що

проходять у штучних популяціях комах під час тривалого утримання. Це – представники ряду Лускокрилі (Lepidoptera) – шовковичний шовкопряд (*Bombyx mori* Linnaeus, 1758, Bombycidae), непарний шовкопряд (*Lymantria dispar* Linnaeus, 1758, Lymantriidae) і зернова міль (*Sitotroga cerealella* Olivier, 1789, Gelechiidae). Вибір об'єктів зумовлений значним господарським значенням досліджуваних видів, їх широким розповсюдженням, достатньою вивченістю біології та екології, специфічністю технології розведення для завдань практичного використання (Михайлов, 1950; Злотін, 1970, 1973, 1986, 1988; Радкевич, 1990; Филлипович и др., 1992; Головка та ін., 1998; Маркіна та ін., 2001). Це дає змогу найповніше вивчити поставлені в роботі питання й досягти мети дослідження. Шовковичний шовкопряд – основний продуцент сировини для шовкопереробної промисловості, єдиний повністю одомашнений вид серед комах, який у дикому стані не трапляється. Непарний шовкопряд – один із найбільш поширених і небезпечних шкідників сільського і лісового господарства. Його культивування пов'язане з вирішенням питань біологічного захисту рослин шляхом наробки ентомопатогенних вірусних препаратів. Зернова міль – поширений польовий і амбарний шкідник. У промислових масштабах культивується для потреб біометоду – отримання яєць, на яких розводять трихограму.

Для встановлення загальнобіологічного характеру виявлених нами закономірностей у роботі було використано дані порівняльного аналізу результатів добору за ознакою тривалості життя у культурах шовковичного шовкопряда та лабораторною популяцією кімнатної мухи (Diptera, Muscidae: *Musca domestica* Linnaeus, 1758) на початкових стадіях селекції (спільна робота з Беньковскою Г. В.)

У роботі із шовковичним шовкопрядом були використані 16 порід, що районовані в Україні й відрізняються за біологічними показниками, та їх гібридні комбінації. Гіготермічні умови утримання шовковичного шовкопряда, інкубації грени, годування гусениць, папільонаж, а також зберігання грени в період літньо-осіннього спокою та зимівлі проводили за стандартними методиками, згідно з чинними в Україні рекомендаціями (Рекомендації..., 1984; 1986; Злотін, 1991; Головка та ін., 1992; Шовківництво..., 1998). Під час вигодівлі гусениць на песимальному агрофоні температуру повітря в приміщенні знижували на 2–3° С від оптимальної, вологість – на 8–10 %, а частоту годування гусениць у IV–V віках – у 2 рази порівняно зі стандартними нормами. Для експериментів з непарним шовкопрядом використовували біоматеріал, отриманий у лабораторії захисту лісу УкрНДІ лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. Вихідним матеріалом для створення лабораторних культур були яйця непарного шовкопряда, зібрані у лісгоспах Харківської області. Непарного шовкопряда вирощували на штучному живильному середовищі (Дубко, 1995). У дослідах із зерною мілью використовували культуру, отриману схрещуванням Харківської та Белгородської ліній, яку розводили на ячмені. Умови культивування відповідали рекомендованим нормам (Злотин, 1982).

Для дослідження впливу прийомів оптимізації на показники розведення

рідкісних і зникаючих видів комах було використано два види метеликів, занесених до Червоної книги України (категорія «уразливі») – *Zerynthia polyxena* Denis et Schiffermuller, 1775 (Papilionidae) та *Saturnia pyri* Schrank, 1802 (Saturniidae). Добір вихідного матеріалу проведено у природних умовах. Яйця поліксени було зібрано на *Aristolochia clematitidis* L. у Харківській області, кокони грушевої сатурнії – на Кримському півострові (околиці м. Керч) у 2007 році. Комах утримували у садках при оптимальних гігротермічних умовах на природному кормі.

Під час проведення досліджень за загальноприйнятими методиками (Приставка, 1979; Злотин, Чепурная, 1994; Остапенко, Злотин, 2000; Головка и др., 1992) оцінювали такі біологічні та господарськоцінні показники: життєздатність гусениць, %; життєздатність яєць, %; життєздатність лялечок, %; загальну життєздатність, %; середню масу кокона, г; урожай коконів із 1 г гусениць, кг; сортовий склад коконів, %; індивідуальну середню плодючість самок, шт.; співвідношення статей, %; шовконосність, %; масу лялечок, г; кількість гусениць шовковичного шовкопряда у 50 мг, шт. Крім того, визначали: інтенсивність хемотаксису гусениць-мурашів, %; інтенсивність фототаксису гусениць-мурашів, %; частку самців, які прореагували на запах розчину статевого феромону самки, %; тривалість розвитку кожної стадії, доба.

У розділі наведено детальні описи застосованих методів дослідження під час розробки способів оптимізації структурних параметрів культур комах, біоіндикації довкілля, контролю якості культур комах. Статистичний аналіз одержаних даних здійснювали за допомогою пакету прикладних статистичних програм Statistica 6.0. та Excel.

МЕХАНІЗМИ ПІДТРИМАННЯ ПОПУЛЯЦІЙНОГО ГОМЕОСТАЗУ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ СТРУКТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬТУР КОМАХ

Гомеостатичні властивості досліджували шляхом аналізу змін у просторово-етологічній, статевій, віковій та екологічній структурах штучних популяцій комах під час добору окремих груп особин упродовж декількох поколінь і під впливом стрес-факторів.

Динаміка просторово-етологічної структури штучних популяцій та механізми її саморегулювання. Просторова однорідність техноценозу під час розведення шовковичного шовкопряда зумовлює доволі рівномірний розподіл на коконниках особин, що заляльковуються. Нами проведено відбір упродовж чотирьох поколінь особин, що приурочені до певного місця заляльковування (верх і низ коконника) у просторі техноценозу. У ході експерименту популяція демонструвала швидку реакцію на відбір, змінюючи просторову структуру. У кожному наступному поколінні зростала частка особин із відповідною ознакою (рис. 1). У четвертому поколінні 97 і 98 % особин завивали кокони відповідно в нижній і верхній частинах коконника у варіантах відбору особин в заданому напрямі. Це свідчить про збереження високого рівня мінливості і, отже, гетерогенності популяції за цією ознакою. Після припинення тиску відбору (F_5 , F_6) вихідна просторова структура відновлювалася. Імовірно, що під

дією відбору ступінь адаптованості знижується, за принципом зворотного зв'язку виявляється прагнення популяції до раціональнішого використання простору, що забезпечує успішне виживання.

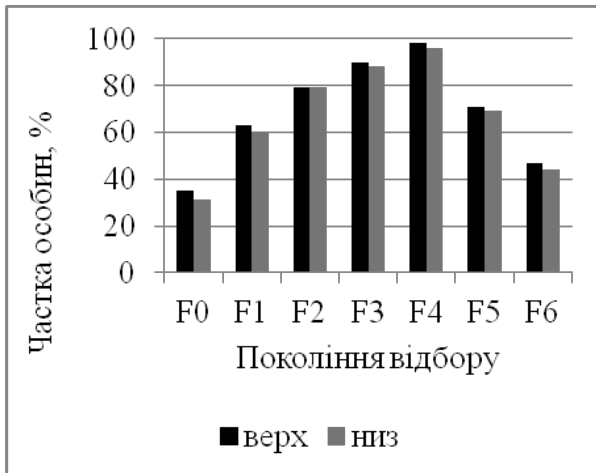


Рис. 1. Зміна просторової структури культури шовковичного шовкопряда в ряді поколінь

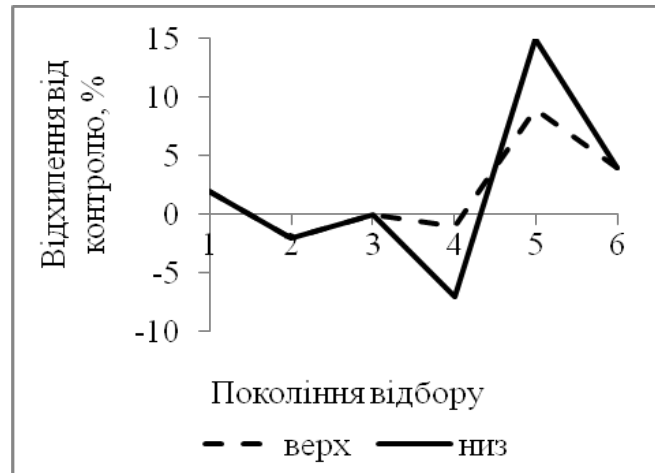


Рис. 2. Динаміка життєздатності популяції шовковичного шовкопряда при оптимізації просторової структури і після її припинення

Зафіксовано суттєві відмінності не тільки просторово-етологічних реакцій особин, але й біологічних показників культури. Оптимізація просторової структури показала, що під дією спрямованого відбору формуються генотипи з різними біологічними показниками. Так, у 4-му поколінні визначено значиму різницю ($p < 0,001$) в життєздатності між особинами, які завивали кокони у верхній (вище на 6 %) і нижній частинах коконника. Середня маса коконів з нижньої частини коконника перевищила на 10 % середню масу коконів з верхньої частини коконника (Бачинська, Маркіна, 2002). Об'єктивним показником стану культури в дослідженій ситуації є динаміка реакції на відбір за показником життєздатності, обчисленим з поправкою на контроль (рис. 2). Наведені дані свідчать про зниження життєздатності по відношенню до батьківського покоління в обох варіантах відбору. Після припинення дії відбору відбувається значиме збільшення життєздатності особин порівняно з контролем. Повернення до оптимальних структурних параметрів пов'язане з проявом гомеостатичних властивостей популяції.

Для аналізу механізмів представленого вище явища було визнано за необхідне вивчення динаміки співвідношення статей під час регулювання просторових параметрів. Зі збільшенням тиску відбору у F_2 (варіант верхнього розташування коконів) значимо ($p < 0,001$) зростала частка самок (рис. 3). У 4-му поколінні підвищується показник життєздатності (до контрольного рівня) у особин з верхньої частини коконника.

Це пояснюється тим, що збільшення кількості самок призводить до збільшення загальної чисельності особин і, як наслідок, зростають мінливість і гетерогенність у наступному поколінні.

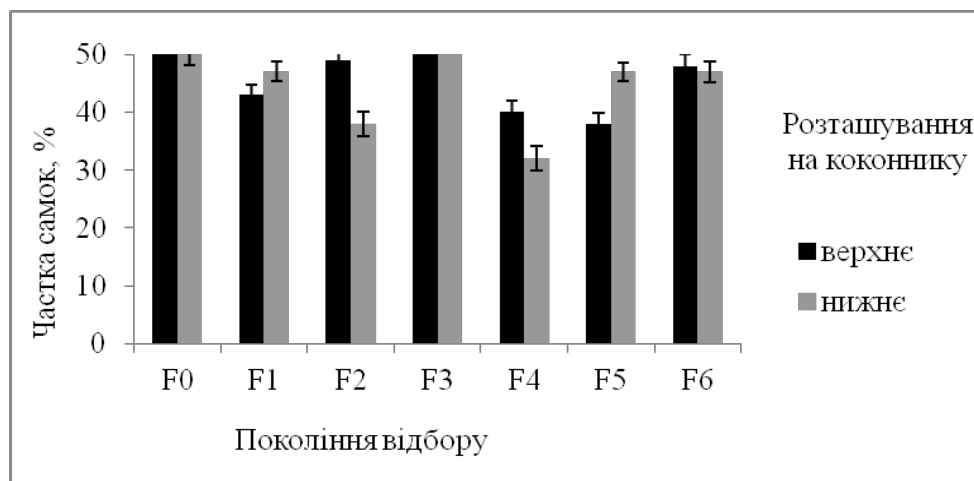


Рис. 3. Динаміка частки самок при відборі особин за місцем розташування на коконниках

Спрацьовують компенсаторні механізми, що призводить до підвищення життєздатності особин до рівня контролю. Після припинення відбору показники швидко відновлюються до середніх для культури значень. У варіанті нижнього розташування особин частка самок зростала повільніше, і у F₄ життєздатність не збільшувалась, але у F₅ значно зростала, а потім поступово поверталася до вихідного (контроль) рівня після припинення відбору.

Для підтвердження загальнобіологічного характеру отриманих закономірностей було проведено аналіз досліджуваних показників лабораторних культур непарного шовкопряда та зернової молі. Регулювання просторової структури непарного шовкопряда проводили на підставі доведеного нами раніше прямого зв'язку між руховою активністю гусениць і їхньою життєздатністю (Бачинська, Злотін, Маркіна, 2003).

Особини непарного шовкопряда, отримані в результаті відбору впродовж 6-ти поколінь гусениць, які заляльковувались у верхньому ярусі, мали вищі показники життєздатності, ніж потомство особин з нижнього ярусу інсектарію. Визначено відмінність у реакції на відбір у популяції непарного шовкопряда порівняно із шовковичним шовкопрядом. Життєздатність культури постійно збільшувалася або зменшувалася залежно від напрямку відбору, а з третього покоління значимо відрізнялася від контролю в обох варіантах. Це свідчить про високий рівень мінливості популяції та стійкості до факторів середовища у виду, що не підпав під доместикацію. Припинення відбору особин непарного шовкопряда за місцем залялькування призвело до відновлення показників життєздатності до контрольного рівня у F₇ та F₈. Значимих змін у статевій структурі сформованих генотипів не відзначено, але у шостому поколінні зафіксовано значне зростання маси лялечки й індивідуальної плодючості самок у варіанті відбору особин, що заляльковувались у верхньому ярусі. На нашу думку, саме це сприяло відновленню структурних параметрів і біологічних показників культури після припинення тиску відбору. Отримані дані узгоджуються із життєвою стратегією виду в природі. Саме найбільш рухливі й життєздатні особини мігрують і розширюють ареал виду, сприяючи його збереженню.

Згідно з існуючою технологією виробництва яєць ситотроги при її культивуванні на ячмені чітко простежується нераціональність використання гусеницями кормового субстрату, а саме – зосередження основної частини гусениць у верхніх шарах зерна.

Існуючі способи оптимізації можуть нівелювати ці недоліки. Водночас за рахунок існування механізмів самозбереження, що підтримують популяційний гомеостаз, можуть змінюватися структурні параметри культури комах. Для встановлення існування гомеостатичних властивостей в культурі цього виду нами було використано прийом регулювання просторової структури культури ситотроги, який базується на різній руховій активності особин, що визначає проникнення в субстрат. Протягом шести поколінь для заселення зерна використовували гусениць із двох варіантів (відібраних із верхніх і нижніх шарів субстрату відповідно), а в 7-му і 8-му поколіннях проводили контрольні відгодівлі без відбору. В результаті відбору протягом 6-и поколінь життєздатність ситотроги з нижніх шарів субстрату значимо перевершувала контроль і життєздатність ситотроги з верхнього шару. Значимо вищим виявився і показник відродження гусениць із яєць нижнього шару. Простежується тенденція підвищення маси самок метеликів, їхніх середніх плодючості та тривалості життя особин.

Після припинення відбору протягом двох наступних поколінь відзначено відновлення значень показників до рівня контролю. Динаміку просторового розподілу особин у ряді поколінь аналізували, визначаючи заселення зерен ячменю верхніх (до глибини 1 см) і нижніх (3–4 см) шарів. У ході відбору визначено зміни просторової структури популяції зернової молі. Після припинення відбору вихідна структура відновилася протягом двох поколінь (рис. 4). Це пов'язано, як і у непарного шовкопряда, насамперед зі зміною індивідуальної плодючості самок.

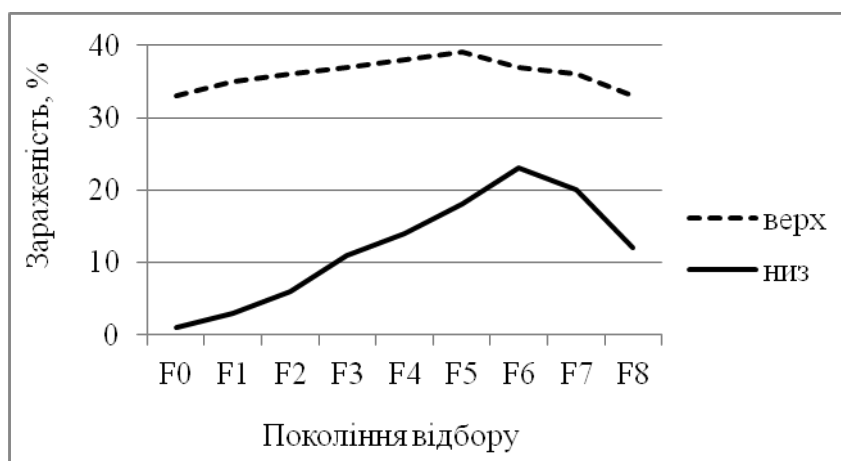


Рис. 4. Динаміка просторової структури культури зернової молі за дії відбору (зараженість зернового субстрату: верх – верхні шари, низ – нижні шари)

У результаті досліджень штучних популяцій трьох видів лускокрилих показано, що оптимізація просторової структури комах, з одного боку, сприяє формуванню генотипу, який відповідає цілям програм розведення

(підвищуються біологічні та господарськоцінні показники), а з іншого – призводить до порушення оптимальних структурних параметрів популяції. Після припинення дії спрямованого відбору структурні параметри та біологічні показники відновлюються до вихідного рівня. При цьому механізм підтримання гомеостатичних властивостей у досліджених видів відрізнявся. У більш адаптованого до умов техноценозу шовковичного шовкопряда саморегуляція відбувається за рахунок зміни статевої структури (збільшення частки самок), що відбивається на загальній чисельності особин у наступному поколінні. У непарного шовкопряда і зернової молі відновлення оптимальної структурної організації здійснюється за рахунок збільшення індивідуальної плодючості самок. Таким чином, культури доволі швидко збільшують гетерогенність.

Будь-яка зміна структурних параметрів популяції знижує їх рівень адаптованості до мінливих умов середовища. Це створює певну загрозу для виживання у кризовій ситуації. Унаслідок цього спрацьовують (в основному за рахунок преадаптивних властивостей генотипу) механізми повернення популяції до оптимальної структурної поліморфності (здатність до адаптації в організмі закладена і обумовлена невичерпністю геному).

Механізми підтримання гомеостазу штучних популяцій при підвищеній щільності утримання комах. У випадку порушення просторової структури шляхом підвищення щільності утримання комах також виявляються механізми підтримання стійкості штучних популяцій. Культивування гусениць шовковичного шовкопряда на площі, яка вдвічі менша за рекомендовану, упродовж декількох поколінь призвело до зниження показників життєздатності порівняно з контролем на 7,3 і 6,3 % у другому і третьому поколіннях відбору відповідно. В оптимальних умовах утримання потомство таких особин характеризувалося підвищеними показниками життєздатності та продуктивності. Багатовікова доместикація призвела до стійкості цієї культури до ущільнених умов утримання. Тому для розуміння процесів, що повертають популяцію до вихідного оптимального стану, було проведено дослід, де комах утримували на площі, утричі меншій за рекомендовану. При цьому вже в першому поколінні життєздатність гусениць була на 18,3 % ($p < 0,01$) нижчою, ніж у контролі. Ця тенденція зберігалась упродовж усіх поколінь відбору, і в третьому поколінні показник поступався контролю вже на 27,2 % ($p < 0,001$).

Відновлення показників життєздатності після припинення відбору, безумовно, є адаптивною реакцією популяції як цілісної системи на інтегральну дію фактора щільності. У потомства особин, які зазнали залежного від щільності відбору протягом трьох поколінь, за утримання в оптимальних умовах підвищується показник життєздатності до рівня контролю. У разі застосування ущільненого способу утримання протягом двох поколінь життєздатність потомства (1-е покоління післядії) зросла на 5,2 % ($p < 0,05$) по відношенню до контролю. На нашу думку, екологічний механізм цього процесу пов'язаний з наявністю в популяції шовковичного шовкопряда особин, що характеризуються сильним і слабким ступенями зниження плодючості при збільшенні щільності утримання. Різке зниження життєздатності особин у варіанті ущільненого утримання свідчить про елімінацію особин, адаптованих

до низької щільності. Водночас, підвищення показника життєздатності в першому поколінні після припинення відбору є результатом виживання високо життєздатних особин із низькою плодючістю. Аналіз індивідуальної плодючості самок у ряді поколінь підтвердив (рис. 5) наявність зв'язку між залежним від щільності відбором та індивідуальною плодючістю особин.

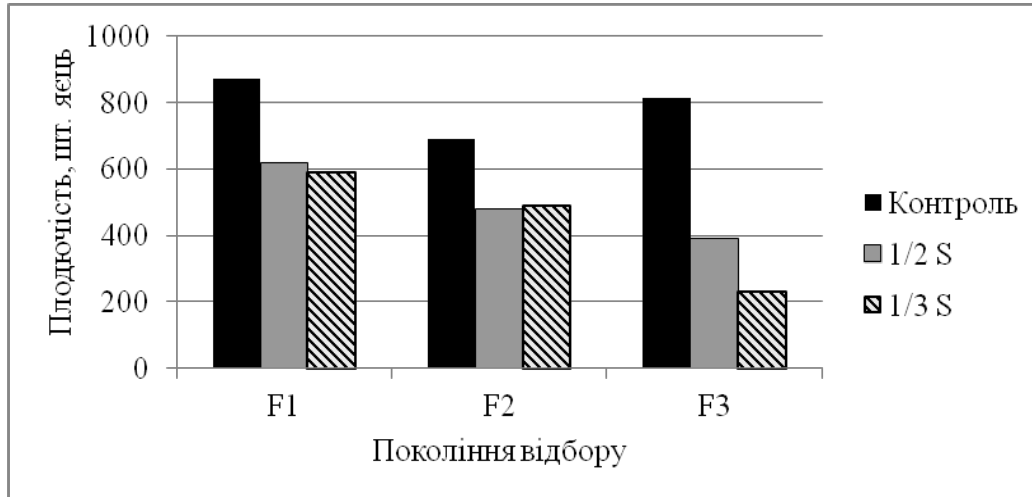


Рис. 5. Динаміка індивідуальної плодючості самок шовковичного шовкопряда у ряді поколінь після порушення просторової структури (1 / 2S та 1 / 3S – зменшення площі утримання у 2 і 3 рази порівняно з рекомендованою агроправилами)

Вивчення адаптивних змін у статевій і віковій структурах популяцій під впливом ущільнених умов утримання показало значиме ($p < 0,01$) переважання самців над самками. У стресових умовах існування особини виявилися більш життєздатними та стійкішими до щільності утримання, тому що потребують менше корму. Така адаптивна стратегія дає змогу забезпечити збереження селективно-цінного матеріалу в популяціях при зміні умов середовища. Перевагу отримали й самки з низькою плодючістю (рис. 6), що може бути результатом відбору на мінімальну норму корму, необхідного для виживання. Значимих змін у співвідношенні вікових груп з покоління в покоління не виявлено. Найбільша частка гусениць гинула у IV віці у варіантах зменшення площі утримання як у два, так і у три рази.

За подальшого утримання комах в умовах оптимальної площі поступово відновлюються вихідні, генетично зумовлені характеристики популяції. У результаті нами було показано, що в першому поколінні після припинення дії відбору, який тривав два покоління, у популяції (на оптимальному фоні) переважають низькопродуктивні самки (рис. 6), а кількість самців залишалась вищою за кількість самок. Водночас у варіанті, де відбір тривав протягом трьох поколінь, індивідуальна плодючість самок була близька до показників контролю (рис. 7). На підставі цих даних можна припустити, що чим жорсткіший відбір, тим швидше відновлюються оптимальні параметри структури після нормалізації умов середовища.

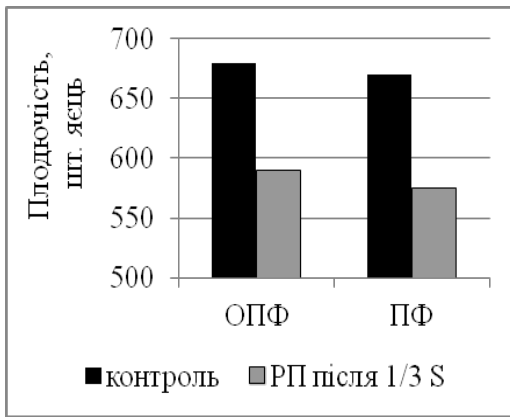


Рис. 6. Індивідуальна плодючість шовковичного шовкопряда після двох поколінь утримання за високої щільності (ОПФ – оптимальний агрофон; ПФ – песимальний агрофон; РП – рекомендована площа)

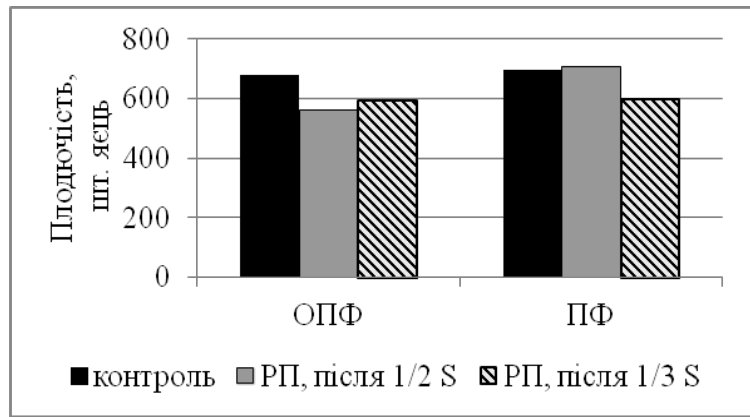


Рис. 7. Індивідуальна плодючість шовковичного шовкопряда після трьох поколінь утримання за високої щільності (ОПФ – оптимальний фон; ПФ – песимальний фон; 1 / 2S і 1 / 3S – зменшення площі утримання у 2 і 3 рази порівняно з рекомендованою агроправами; РП – рекомендована площа)

Дослідження впливу щільності на біологічні показники і структурні параметри популяції у песимальних умовах утримання виявили подібні результати. Після трьох поколінь утримання на площі, що поступається рекомендованій удвічі та утричі, життєздатність гусениць знизилася на 8,3 і 27,7 % відповідно, що значимо ($p < 0,001$) нижче контролю. Подальше утримання комах в оптимальних умовах призвело до суттєвого підвищення життєздатності до рівня контролю. Аналіз показника індивідуальної плодючості самок свідчить про тиск залежного від щільності відбору, вона значно знизилась у ряді поколінь. Водночас, співвідношення статей в умовах песимального утримання комах не змінилося. Дефіцит корму і зниження температури утримання є додатковим стрес-фактором, який «підштовхує» популяцію до самозбереження. Про це свідчить швидке відновлення індивідуальної плодючості самок, яка вже в першому поколінні після дії відбору, що тривав упродовж трьох поколінь, перевищувала або дорівнювала контролю (рис. 7). Отримані дані свідчать про генетичну гетерогенність культури шовковичного шовкопряда за реакцією на зміни щільності популяції. В умовах підвищення щільності утримання в культурах комах під дією залежного від щільності відбору включаються механізми саморегуляції чисельності за рахунок зміни співвідношення статей та індивідуальної плодючості самок.

Роль хеморецепції у підтриманні просторово-етологічної структури. Вивчення механізмів підтримання стійкості просторово-етологічної структури популяцій комах безпосередньо пов'язане з дослідженням питань орієнтації, в основі якої лежать таксиси. Оскільки прояв таксисів – це комплекс генетично зумовлених фізіологічних і біохімічних реакцій організму, то, на нашу думку, усередині популяції має існувати поліморфізм за цим показником. Незважаючи на монофагію шовковичного

шовкопряда, відомі випадки вигодовування гусениць (до 4-го віку) на скорцонері й кульбабі. Це дає підставу припустити, що в популяції шовковичного шовкопряда зберігається адаптивний потенціал, властивий диким предкам, який дає змогу виживати у змінних умовах середовища. Для підтвердження висунутих положень був проведений експеримент, в якому аналіз структурних параметрів щодо ольфакторної орієнтації виду проводили, використовуючи відомий у шовківництві прийом відбору гусениць на вигодівлю за інтенсивністю хемотаксису (Злотін, Остапенко, 2000). В експерименті використані рослини, біохімічний склад і поживна цінність яких були близькими до шовковиці, – скорцонера іспанська (*Scorzonera hispanica* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Webb) та маклюра яблуконосна (*Maclura pomifera* L.). Кількісне оцінювання реакції на нетиповий для шовковичного шовкопряда корм засвідчило, що в середньому 32 % особин реагували саме на нього. Це підтверджує наявність у популяції гетерогенності за хемотаксисом. При цьому поступове звільнення популяції впродовж трьох поколінь від особин, які реагують на нетиповий подразник, призвело до значимого зменшення їхньої кількості в середньому до 18 % (рис. 8).

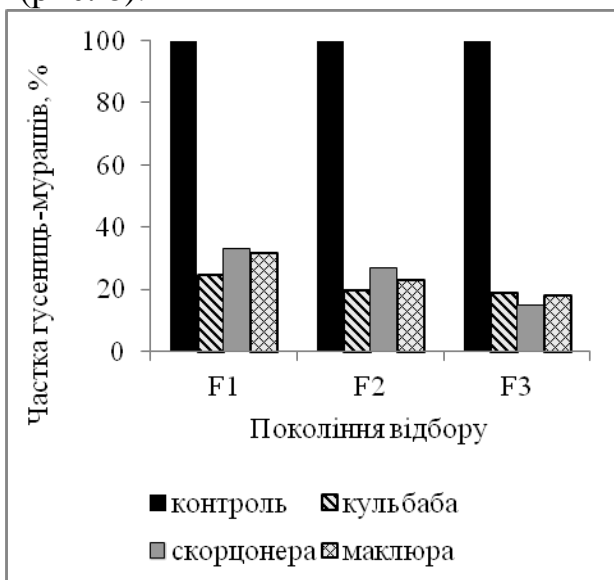


Рис. 8. Кількість гусениць-мурашів, які реагують на запах нетрадиційних кормових подразників

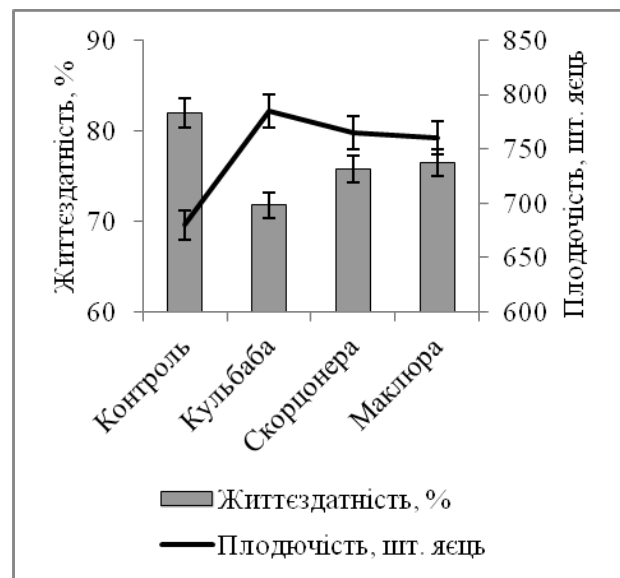


Рис. 9. Життєздатність та індивідуальна плодючість гусениць при відборі на різні кормові подразники

Життєздатність і продуктивність шовковичного шовкопряда залежать від якості корму і здатності гусениць його розрізняти. Нами встановлено, що життєздатність гусениць, які реагують на нетиповий корм, була на 6,4–12,4% меншою, ніж у контролі (рис. 9), тобто такі особини в популяції виявилися найбільш ослабленими. Отримані дані демонструють етологічну різноякісність популяції, пов'язану з хеморецепцією особин і водночас високу адаптивну цінність особин, що реагують на нетиповий корм. Про це свідчить значиме ($p < 0,01$) перевищення показників індивідуальної плодючості самок в усіх варіантах добору порівняно з контролем (рис. 9).

Після припинення відбраковування (F_5) поступово відновлюється первинна структура популяції. Частка гусениць, що реагують на нетиповий корм, зросла в середньому до 26%. Це також підтверджує факт прояву популяційного гомеостазу в штучних популяціях комах.

Механізми підтримання популяційного гомеостазу при змінах вікової структури. Забезпечення максимальної чисельності потомства в умовах техноценозу пов'язане з підтриманням оптимальних параметрів вікової та статеві структури штучної популяції. Вивчення впливу відбору за показником тривалості життя імаго-самок на ранніх стадіях селекції на вікову структуру та біологічні показники потомства було проведено у 2-х варіантах: відбір на мінімальну та максимальну тривалість життя. Було порівняно ефект добору впродовж п'яти послідовних поколінь двох видів комах – шовковичного шовкопряда та кімнатної мухи.

У ході відбору на підвищену і знижену тривалість життя визначено, що реакція цих видів залежить від спрямованості відбору. Так у випадку відбору на підвищену тривалість життя до п'ятого покоління вона значимо підвищується порівняно зі значеннями для F_2 в обох видів, а у випадку відбору на знижену тривалість життя різниці для F_5 і F_2 не є значимими. Це свідчить, що генетично визначені межі допустимого скорочення життя підтримуються прихованими компенсаторними механізмами, які не відразу, але вступають у дію, і в F_4 тривалість життя збільшується. Значення коефіцієнта варіації C_v за ознакою тривалості життя значимо ($p < 0,05$) підвищуються протягом перших трьох поколінь відбору і помітно знижуються до п'ятого покоління.

Тобто, компенсаторний механізм, який запобігає необмеженому зниженню тривалості життя, полягає у підвищенні рівня її мінливості у відповідь на дію відбору. Аналіз рівня варіабельності показників тривалості життя імаго та личинок свідчить про їх більше варіювання при відборі на знижену тривалість життя. Таким чином, відбір на зниження тривалості життя призводить до конфлікту інтересів особини та популяції, а високі значення розмаху мінливості в таких варіантах відбору є демонстрацією механізму зворотного зв'язку, необхідного для підтримання гомеостазу в популяціях. Установлено, що підтримання оптимальної вікової структури культур комах забезпечується групами особин, які відрізняються стратегіями реалізації життєвих програм. Механізмом, що забезпечує ці ефекти, є різні репродуктивні стратегії при збереженні високого рівня відтворення чисельності популяції.

Зміни статевої структури популяції під дією стрес-факторів. У природних умовах популяції комах постійно підпадають під дію різноманітних стрес-факторів. Нами вивчена динаміка параметрів статевої структури культури шовковичного шовкопряда під дією стрес-факторів – парів ефіру і низьких температур. Установлено, що після обробки греди парами ефіру життєздатність самців значимо ($p < 0,05$) перевищувала життєздатність самок (91,3 та 78,0% відповідно). Виявлено також зміни первинного співвідношення статей у бік збільшення частки самців (рис. 10).

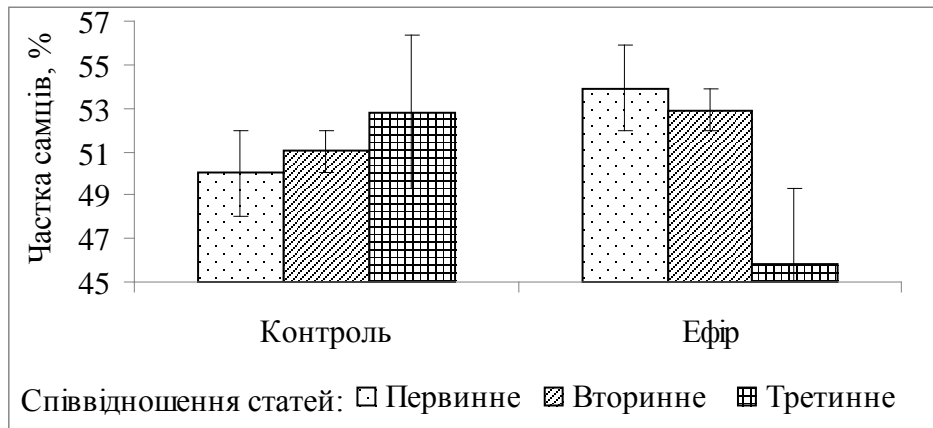


Рис. 10. Динаміка частки самців у популяції шовковичного шовкопряда після обробки греди парами ефіру

Обробка греди парами ефіру не відбилася на вторинному співвідношенні статей (переважали самці). Аналіз третинного співвідношення виявив зміни в бік збільшення кількості самок та значиме ($p < 0,01$) підвищення їхньої життєздатності на 4,5 % порівняно з контролем та на 9 % порівняно з життєздатністю самців.

Температура є вкрай важливим фактором у житті комах. Застосування прийому охолодження гусениць-мурашів виявило більшу стійкість самців до дії низьких температур. У перший день охолодження життєздатність самців значимо ($p < 0,001$) на 5,8 % була вищою за життєздатність самок. У подальшому ця тенденція зберігалась, і максимальна різниця між середніми значеннями життєздатності самців і самок становила 52,5 % на шостий день охолодження ($p < 0,001$). Тривалість життя самців становила 11 днів, самок – 8. Охолодження гусениць V віку підтвердило існування відмінностей у життєздатності статей. Максимальні різниці середніх значень життєздатності самців і самок визначені на 15 день охолодження (60,0 %; $p < 0,001$). Тривалість життя гусениць-самців п'ятого віку сягала 20 днів, а гусениць-самок – 18. На стадії лялечки відмінностей за життєздатністю самців і самок не спостерігалось, тоді як тривалість життя самок при низькотемпературному впливі на 7 днів перевершувала тривалість життя самців. На стадії метелика життєздатність і тривалість життя самців значимо ($p < 0,05$) менша, ніж самок (табл. 1).

Таблиця 1

Середня тривалість життя метеликів шовковичного шовкопряда у варіантах їхнього охолодження

Порода	Середня тривалість життя метеликів, дні	
	самці	самки
Советська 5	31,2 ± 1,29*	38,3 ± 1,41
Б-1 поліпшена	36,5 ± 1,2*1	41,8 ± 1,44
Б-2 поліпшена	38,2 ± 1,12*	44,5 ± 1,80

Примітка: * ($p < 0,05$)

Динаміка життєздатності популяції під дією відбору. Життєздатність визначається адаптивними можливостями виду та окремих популяцій і контролюється генетичними механізмами. Наявність поліморфізму за показником життєздатності дає змогу особинам виживати у мінливих умовах. Нами досліджено динаміку структурних параметрів і біологічних показників культури шовковичного шовкопряду під впливом відбору впродовж шести поколінь на підвищення та зниження життєздатності біоматеріалу. Вигодівлю проводили у песимальних (ПФ) та оптимальних умовах (ОПФ).

У результаті проведених експериментів з відбору на підвищення життєздатності було отримано швидку реакцію у перших чотирьох поколіннях на ОПФ. Починаючи з другого покоління показник життєздатності значимо збільшувався (табл. 2) по відношенню до батьківського покоління.

Таблиця 2

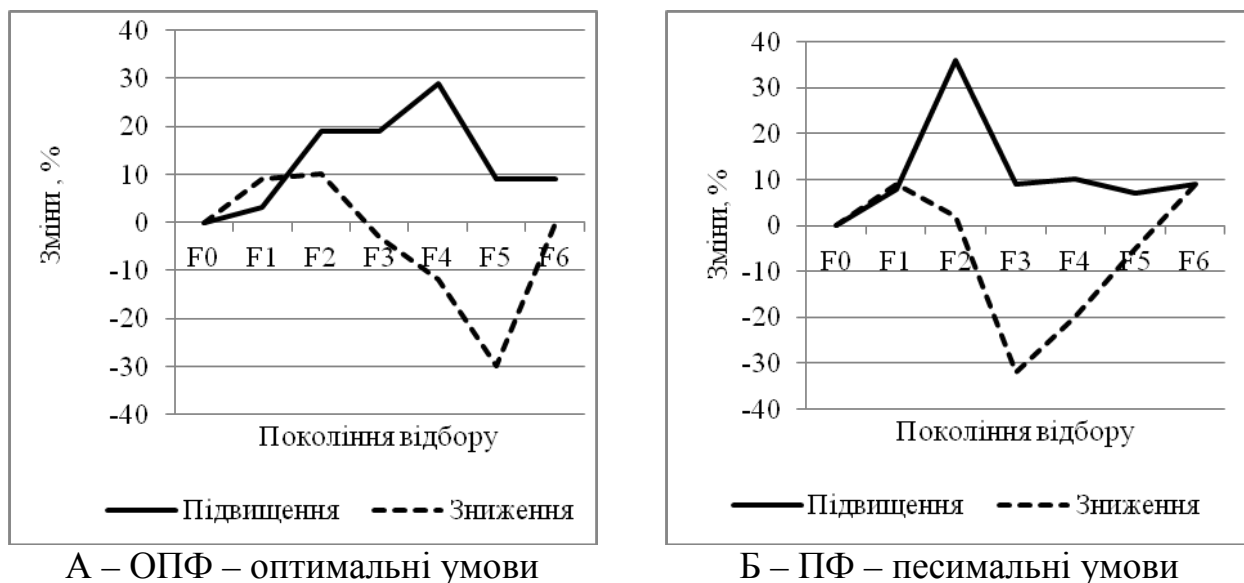
Динаміка життєздатності гусениць шовковичного шовкопряду під впливом відбору високо- та низькожиттєздатного біоматеріалу

Покоління відбору	Життєздатність гусениць, %, ОПФ		Життєздатність гусениць, %, ПФ	
	контроль	відбір	контроль	Відбір
F ₀	88,9±1,26	88,9±1,26	87,5±1,62	87,5±1,62
F ₁	88,9±1,26	92,6±1,16	87,5±1,62	94,7±0,73*
F ₂	81,1±1,46	97,7±0,82***	60,2±1,69	95,5±0,67***
F ₃	81,8±1,95	98,7±0,90***	82,8±1,22	91,9±1,04**
F ₄	66,9±1,36	95,6±1,70***	76,8±1,71	86,7±2,40
F ₅	91,3±1,45	98,5±0,76***	89,7±2,00	95,5±1,77***
F ₆	89,3±1,72	96,5±1,61***	86,1±1,27	94,9±0,52**

Примітка: *p <0,05; **p<0,01; ***p<0,001 (значимість відмінностей по відношенню до контролю F₀).

У песимальних умовах культивування значиму реакцію на відбір отримано вже в першому поколінні, життєздатність збільшилася на 7,2 % порівняно з батьківським поколінням. Максимально життєздатність зросла у другому поколінні (на 7,98 % порівняно з батьківським поколінням). Надалі цей показник значимо перевищував контроль. Виявлена різниця у швидкості реакції на відбір на ОПФ і ПФ підтверджує положення про те, що відносна пристосованість особин у популяції залежить не тільки від конкретних генотипів, але й від умов навколишнього середовища. В оптимальних умовах утримання відносна пристосованість певного генотипу виявлялася вищою, у песимальних – нижчою. Аналіз отриманих даних свідчить, що популяція має достатню стійкість, а умови експерименту не є небезпечними для її існування. Реакція на відбір свідчить про збереження високої генетичної гетерогенності популяції за показником життєздатності. Однак, на нашу думку, реакція на відбір, який визначається як різниця середніх значень ознаки у потомства та батьківського покоління, не може бути ефективним критерієм, який відображає процеси, що відбуваються в популяції. Необхідно проаналізувати динаміку

різниці між показниками життєздатності особин у варіантах без відбору (контроль) та з відбором. У наших дослідженнях зростання показника життєздатності по відношенню до контролю на ОПФ припинилося після 4-х поколінь відбору, на ПФ – після двох (рис. 11 А, Б).



А – ОПФ – оптимальні умови

Б – ПФ – песимальні умови

Рис. 11. Динаміка реакції (зміни життєздатності при доборі порівняно з контролем) високо- та низькожиттєздатних особин шовковичного шовкопряда в оптимальних (А) і песимальних (Б) умовах утримання комах

Таким чином, зниження пристосованості популяції у відповідь на тиск відбору можна фіксувати набагато раніше, ніж настає криза. Це підтверджується нашими даними щодо динаміки плодючості самок шовковичного шовкопряда протягом 6-ти поколінь. У ході відбору на підвищення життєздатності на оптимальному фоні відзначено значиме зниження плодючості протягом трьох поколінь (рис. 12 А). У четвертому поколінні, коли показник життєздатності досягає найвищого значення, індивідуальна плодючість самок різко зросла. Це призвело до збільшення генетичної гетерогенності культури, що є проявом гомеостатичних властивостей популяції.

Поряд із високожиттєздатними низькоплодючими з'являються низькожиттєздатні високоплодючі самки. Після цього у F₅ і F₆ значимо знижується ефективність реакції популяції на відбір за показником життєздатності, що супроводжується збільшенням плодючості особин. У песимальних умовах максимальна реакція на відбір фіксується в F₂, причому у F₁ визначено тенденцію до збільшення плодючості (рис. 12 Б) та зниження ефективності реакції на відбір в F₃. Збільшення індивідуальної плодючості до рівня контролю в F₄ також призвело до зниження реакції на відбір в F₅. В інших поколіннях індивідуальна плодючість особин на ПФ в період відбору залишається на рівні контролю.

Зазначене нами зниження плодючості свідчить про швидку реакцію популяції на дію фактору відбору. Таким чином, на тлі підвищення життєздатності популяції виявляється плейотропний антагонізм, який є

механізмом підтримки генетичної мінливості популяцій (Хедрік, 2003).

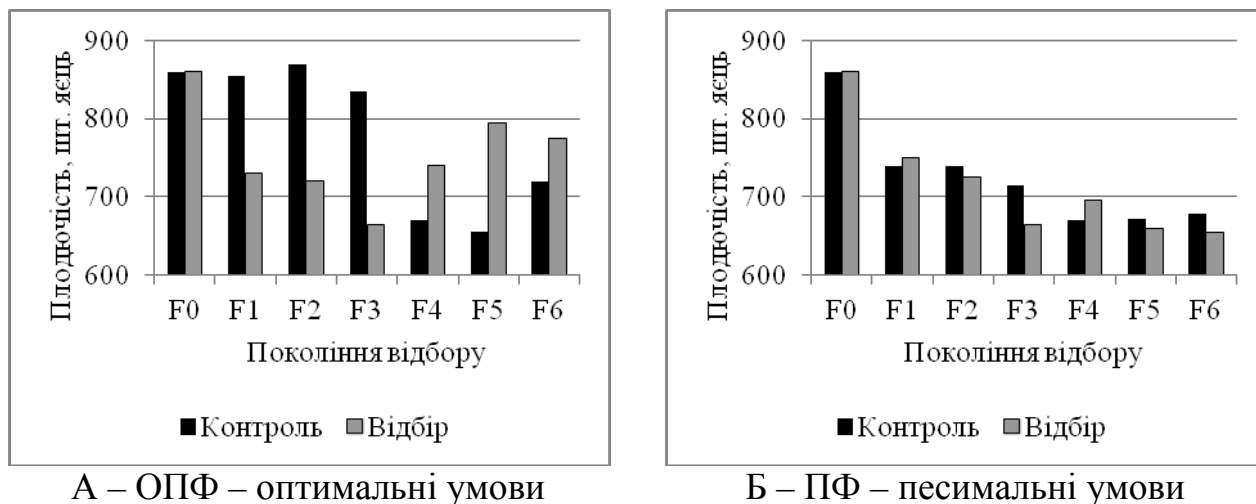
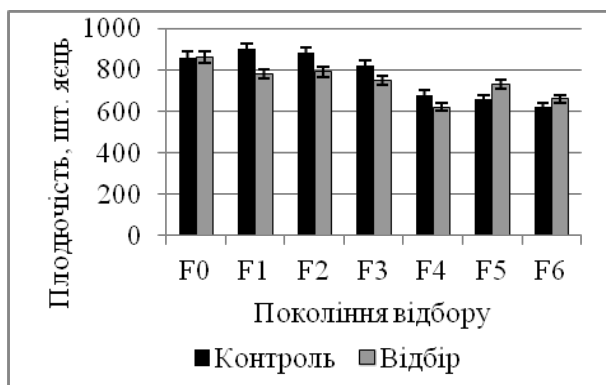


Рис. 12. Динаміка плодючості самок шовковичного шовкопряда при відборі високожиттєздатних особин в оптимальних (А) і песимальних (Б) умовах

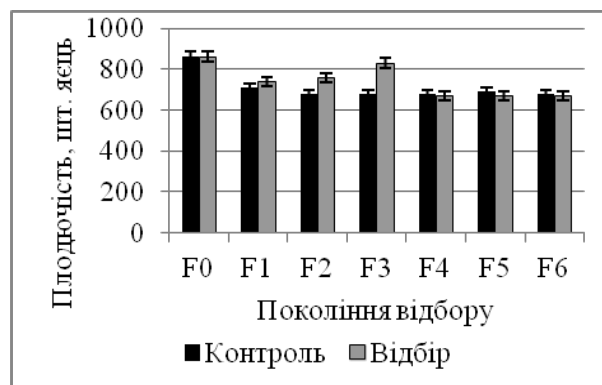
Плодючість є однією з компонент пристосованості, і її зниження може свідчити про зниження загальної пристосованості популяції. Ефективність відбору залежить від генетичної структури вихідної популяції. Незважаючи на достатню генетичну однорідність культури шовковичного шовкопряда, встановлена нами позитивна реакція на відбір свідчить про високу генетичну гетерогенність за ознакою життєздатності. Однією з важливих особливостей поведінки досліджених варіантів в процесі відбору є асиметрія у діапазоні реакції на відбір у протилежних напрямках. Нами показано, що реакція при відборі низькожиттєздатних особин інтенсивніша за амплітудою, ніж під час відбору високожиттєздатних особин (рис. 13 А, Б). Подібна реакція пов'язана з відмінностями у структурі генетичної гетерогенності вихідних популяцій. Нами підтверджено, що якщо реакція на відбір обмежується порівняно невеликою кількістю поколінь у популяціях із невисокою генетичною гетерогенністю (що характерно для штучних популяцій), то загальна реакція в мінус-напрямку перевершує загальну реакцію у плюс-напрямку.

Аналіз результатів відбору низькожиттєздатного матеріалу свідчить, що значимо відмінну реакцію на відбір було отримано у третьому поколінні на ОПФ і у другому на ПФ. Надалі ефективність відбору збільшилася до максимального значення у п'ятому поколінні в оптимальних умовах утримання і в третьому при песимальних. Надалі, як і у варіантах відбору на підвищення життєздатності, його ефективність знижувалася, хоча реакція на відбір тривала (див. рис. 13 А, Б). Показник індивідуальної плодючості в оптимальних умовах незначно зменшується в F₁, але в подальшому значимих відмінностей не відзначено (рис. 13 А).

За песимальних умов утримання при відборі на зниження життєздатності у F₃ значимо збільшується індивідуальна плодючість самок (рис. 13 Б).



А – ОПФ – оптимальні умови



Б – ПФ – песимальні умови

Рис. 13. Динаміка плодючості самок шовковичного шовкопряда при відборі високожиттєздатних особин у оптимальних (А) та песимальних (Б) умовах

Дослідження статевої структури популяції шовковичного шовкопряда в ході відбору на підвищення життєздатності засвідчили, що впродовж шести поколінь співвідношення статей в популяції залишалося в межах контролю (табл. 3).

Таблиця 3

Співвідношення статей у культурі шовковичного шовкопряда після шести поколінь відбору

Варіант відбору	Співвідношення статей (самці/самки, %)	
	контроль	Відбір
Підвищення життєздатності, ОПФ	52 / 48	53 / 47
Підвищення життєздатності, ПФ	56 / 44	51 / 49
Зниження життєздатності, ОПФ	53 / 47	29 / 71
Зниження життєздатності, ПФ	54 / 46	21 / 79

Під час відбору у протилежному напрямку співвідношення статей різко змінювалося. До п'ятого покоління, коли життєздатність особин стає найменшою, частка самок зростає на ОПФ і у шостому поколінні сягає 71 %. На нашу думку, в основі такого явища лежать механізми підтримання гомеостазу на популяційному рівні, про що свідчить різка зміна співвідношення статей у цьому варіанті відбору. На ПФ у популяції теж переважають самки. До шостого покоління їх частка зростає до 79 %. Визначається прагнення популяції вийти з кризової ситуації за рахунок зміни співвідношення статей і, отже, збільшення чисельності.

Проведені нами дослідження впливу відбору за життєздатністю у двох напрямках свідчать про наявність процесів саморегуляції у штучних популяціях шовковичного шовкопряда. Випадки відновлення плодючості можна пояснити тим, що популяція характеризується збалансованою структурою, а її компоненти суворо адаптовані. Вона прагне до нового рівноважного стану, причому це відбувається не тільки на генетичному рівні (Алтухов, 2003), а й на рівні структурної організації. Так у випадку відбору на підвищення життєздатності після досягнення нею максимального значення підвищується індивідуальна плодючість самок, що призводить до збільшення гетерогенності

культури. Співвідношення статей при цьому не змінюється. У відповідь на триваючий відбір одночасно йдуть процеси, пов'язані з прагненням до відновлення середніх параметрів. При відборі, на зниження життєздатності, індивідуальна плодючість самок змінюється нестабільно, проте різко змінюється співвідношення статей у бік збільшення частки самок. Таким чином, задовго до настання кризових ситуацій у популяціях зменшуються компоненти пристосованості та включаються механізми, що призводять до відновлення оптимальних структурних параметрів і чисельності.

Зміни структурних параметрів популяцій при оптимізації культурування. Установлені закономірності функціонування штучних популяцій є підставою для аналізу змін структурних параметрів при застосуванні поширених у технічній ентомології прийомів оптимізації. Це дасть змогу встановити доцільність їх використання. Проведено оптимізацію екологічної, вікової та статеві структур низькожиттєздатної міченої за статтю породи шовковичного шовкопряда – Советская 5.

Уперше експериментально показано першочергове значення структурної організації популяції в успішності реалізації програм розведення комах. Відзначено диференційовану реакцію самців і самок шовковичного шовкопряда на способи відбору за структурними параметрами (рис. 14). Життєздатність самців значимо перевищує життєздатність самок.

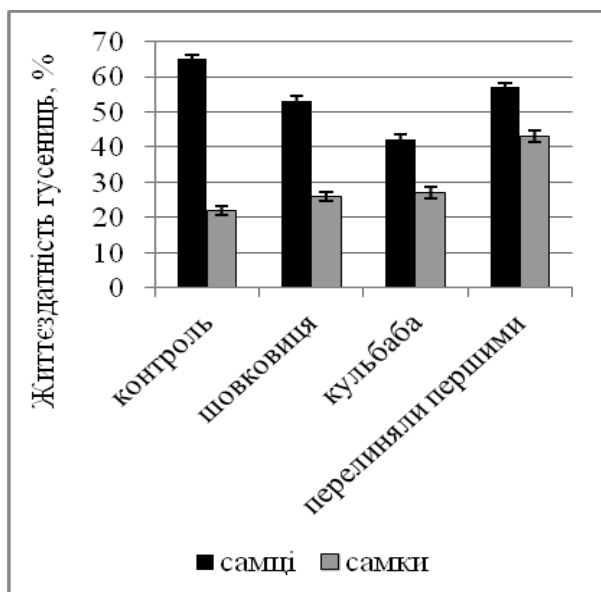


Рис. 14. Життєздатність гусениць шовковичного шовкопряда при оптимізації екологічної та вікової структури популяції

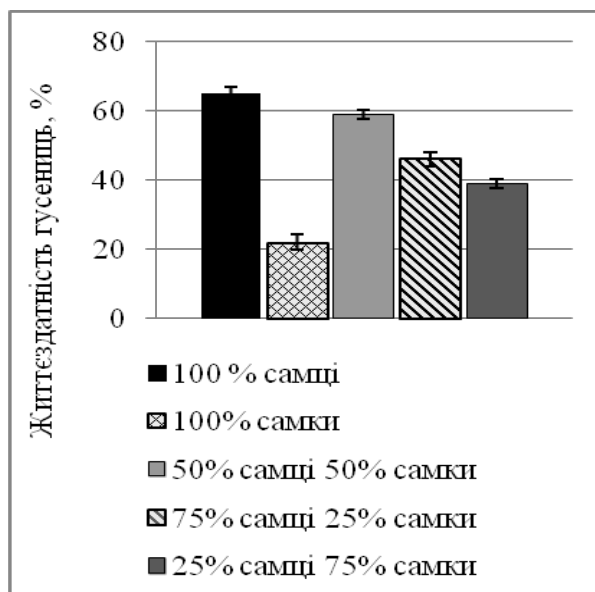


Рис. 15. Життєздатність гусениць шовковичного шовкопряда при оптимізації статеві структури популяції

Показники життєздатності самок при оптимізації шляхом відбору особин за інтенсивністю хемотаксису на кульбабу, а також гусениць, які першими перелиняли на другий вік, значимо ($p < 0,001$) перевершували контроль, тоді як життєздатність самців зменшувалася. Виявлено статевий диморфізм особин шовковичного шовкопряда за реакцією на ці фактори відбору. Життєздатність

популяції при оптимізації статеві структури зростає зі збільшенням частки самців (рис. 15). Однак двофакторний дисперсійний аналіз виявив, що фактор статі значуще ($p < 0,001$) впливає на життєздатність особин, а ефективність оптимізації визначається часткою самок у популяції. Це свідчить про збереження самками цієї породи певної гетерогенності, що дає їм змогу реагувати на відбір, тоді як самці, піддаючись відбору, знижують гетерогенність і, як наслідок, життєздатність. У результаті експерименту зареєстровано значущу ($p=0,00003$) взаємодію між фактором статі і характером відбору. Відбір за інтенсивністю хемотаксису на листя шовковиці і, особливо, кульбаби, знижує ступінь впливу фактору статі на життєздатність особин, відмінності в життєздатності статей зменшуються.

Показано, що оптимізація екологічної структури низькожиттєздатної популяції неефективна. Реакція на відбір у таких ситуаціях не реєструється. Але при збільшенні в популяції частки самок відбір особин за інтенсивністю хемотаксису є ефективним навіть на низько життєздатному матеріалі. Оптимізація статеві структури популяції в експерименті призвела до зміни третинного співвідношення статей, що спричинить значне зниження чисельності особин в наступному поколінні й може негативно позначитися на реалізації програми розведення. Результати оптимізації вікової структури демонстрували вже висвітлені закономірності (рис. 16).

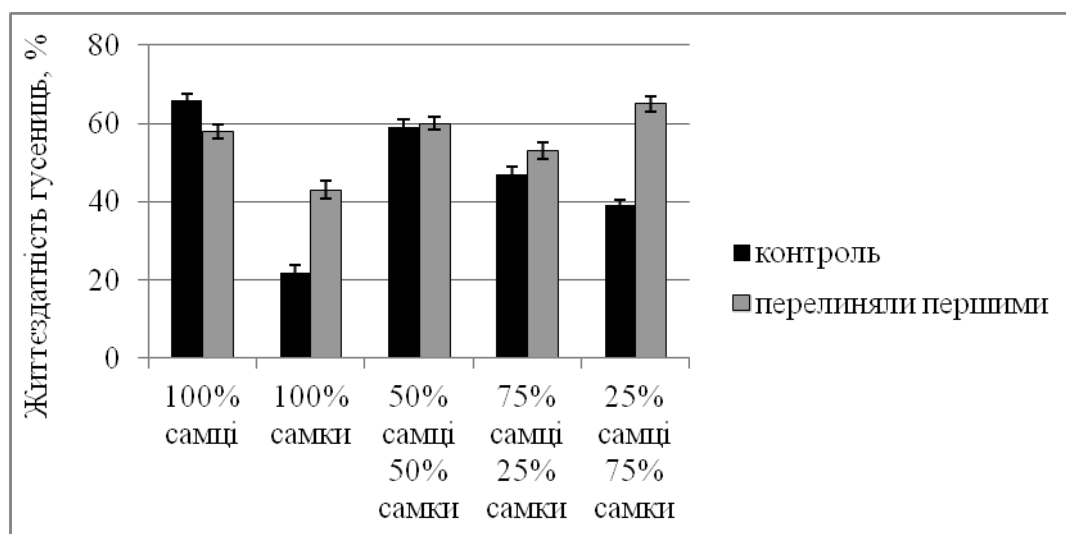


Рис. 16. Вплив оптимізації вікової структури популяції на життєздатність шовковичного шовкопряда

У ході експерименту доведено ефективність добору гусениць, що першими перелиняли на 2-й вік. У всіх варіантах підвищилася життєздатність порівняно з контролем. У цьому випадку успіх оптимізації низькожиттєздатної культури залежить від початкової частки самок у популяції. Чим вона більша, тим вища ефективність оптимізації. Дисперсійний аналіз виявив значущу ($p < 0,001$) взаємодію факторів статі та методу відбору. Запропонований спосіб значимо знижує вплив складу групи на показник життєздатності особин.

НОВІ ПІДХОДИ ДО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КУЛЬТУР КОМАХ ПІД ЧАС РОЗВЕДЕННЯ

Обґрунтовано, що контроль якості культур комах має базуватися на оцінюванні структурних параметрів популяції та життєздатності як інтегрального показника її стану. Значна роль таксисів у регуляції популяційних взаємин покладена в основу експериментів щодо існування залежності між інтенсивністю прояву життєво важливих для комах таксисів (хемо- і фототаксису) та рівнем життєздатності популяцій. У результаті досліджень на трьох видах комах встановлено, що показник життєздатності гусениць шовковичного шовкопряда, відібраних за інтенсивністю трюфотаксису, значимо ($p < 0,01$) перевищував на 7,8%, за інтенсивністю фототаксису на – 8,1%, за чутливістю до статевого феромону – на 10,9% показники контролю (рис. 17).

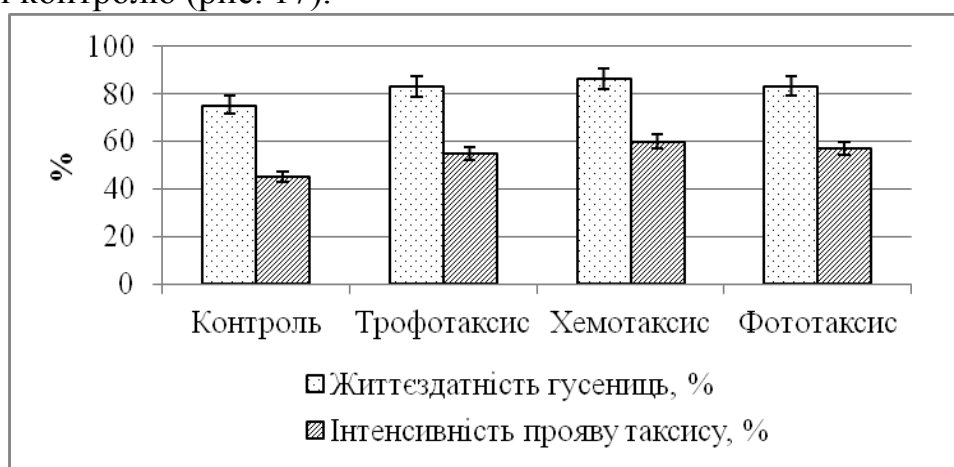


Рис. 17. Життєздатність шовковичного шовкопряда після відбору за проявом таксисів

Життєздатність гусениць непарного шовкопряда, відібраних у природі з осередків на фазі початку зростання чисельності, на 65,7% перевищувала життєздатність гусениць з осередків у фазі кризи. Інтенсивність досліджуваних таксисів у низькожиттєздатних особин виявилася значимо ($p < 0,001$) нижчою, ніж у високожиттєздатних (рис. 18).

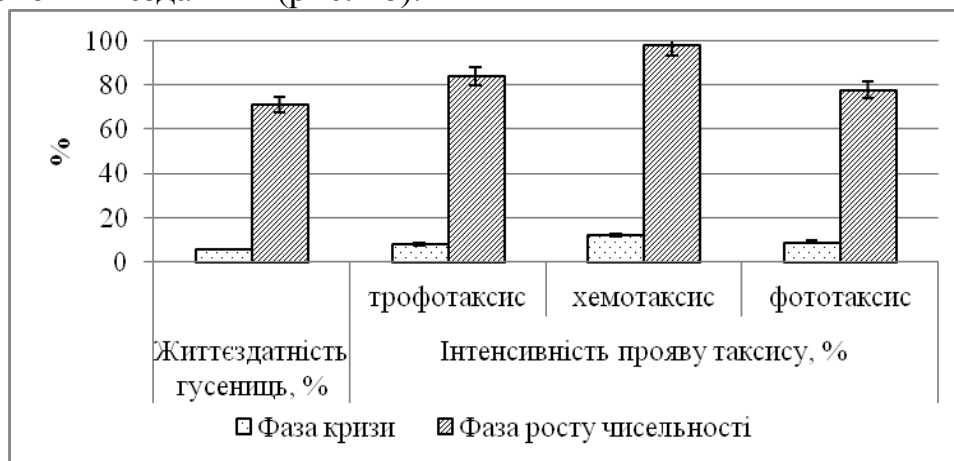


Рис. 18. Життєздатність і прояв таксисів непарного шовкопряда, відібраного на різних фазах спалаху масового розмноження

Раніше (Маркіна, 2008) нами показано, що гусениці зернової молі з нижніх шарів субстрату виявилися більш життєздатними. Доведено, що інтенсивність прояву хемотаксису цих особин найвища. У варіанті, де використовували відвар кукурудзи (для посилення привабливості субстрату), заселеність зерна зерною міллю (тобто інтенсивність хемотаксису) на 9 % перевищувала контроль. Життєздатність гусениць, які розвивалися в обробленому відваром зерні, на 18,1 % перевищувала контрольний варіант. Установлено пряму залежність інтенсивності фототаксису гусениць від життєздатності особин. Заселеність нижнього шару зерна зерною міллю була на 12,6 % більшою, ніж заселеність верхнього шару зерна, а життєздатність на 7 % перевершувала контрольні показники (рис. 19).

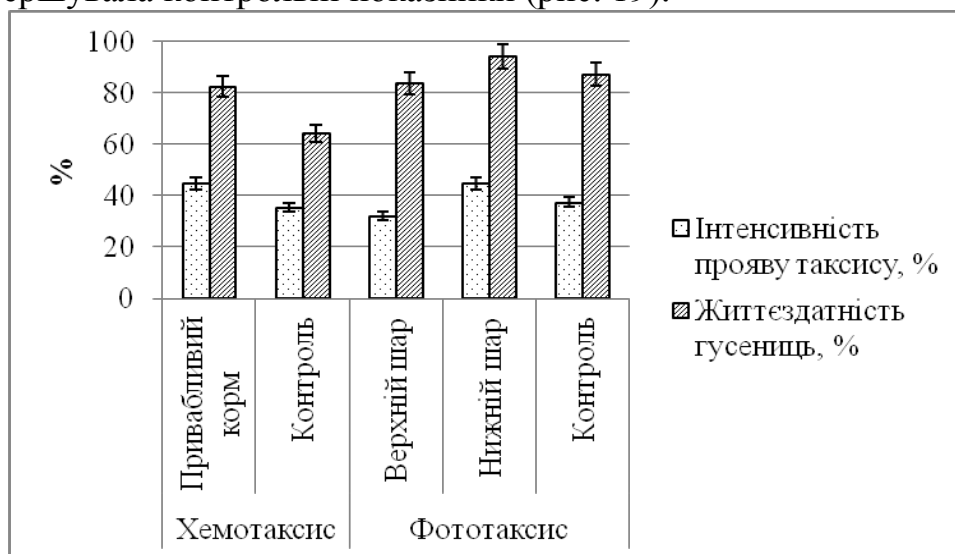


Рис. 19. Інтенсивність таксисів (заселеність зерна) і життєздатність ситотроги

Таким чином уперше обґрунтовано і експериментально підтверджено існування загальнобіологічного правила залежності інтенсивності прояву таксисів комах від рівня їхньої життєздатності. Особини з вищою інтенсивністю прояву таксисів більш адаптовані до умов середовища і забезпечують виживання популяції у змінних умовах.

Інтенсивність прояву таксисів може бути критерієм рівня життєздатності популяції та використовуватися для прогнозування динаміки її чисельності.

Показана можливість використання встановленого правила під час вибору для промислового виробництва найбільш перспективних порід шовковичного шовкопряда. Тестування 4-х порід виявило перспективність породи Б-2 поліпшена, в якій 61 % гусениць-мурашів реагували на запах листка шовковиці. Загальна життєздатність цієї породи була значимо вища (на 4,6 %), ніж породи Б-1 пол. ($p < 0,001$), на 8,0 % вища, ніж у породи Українська-11 ($p < 0,001$) і на 36,8 % – породи Мерефа 6 ($p < 0,001$). Значимо вищим був і урожай коконів. Тестування гусениць-мурашів за інтенсивністю хемотаксису забезпечує контроль життєздатності на стадії личинки. Оцінювання імаго за чутливістю на статевий феромон самки дає змогу відібрати найбільш фізіологічно якісний матеріал для схрещування, а також прогнозувати життєздатність потомства.

Удосконалено спосіб контролю життєздатності племінного матеріалу

шовковичного шовкопряда шляхом застосування добору за інтенсивністю хемотаксису гусениць-мурашів упродовж 15 хвилин після 12-годинного голодування. Методика дає змогу відбирати найбільш життєздатний біоматеріал. Визначено значиме підвищення показника життєздатності порід і гібридів у весняний та літній вигодівельні сезони.

Запропоновано й експериментально перевірено на шовковичному і непарному шовкопряді новий експрес-спосіб відбору вихідного біоматеріалу під час закладання культур комах. Спосіб базується на встановленій позитивній кореляції показників життєздатності комах і інтенсивності трофотаксису гусениць, які щойно вийшли з яйця. Для створення лабораторних культур і закладання племінного матеріалу необхідно відбирати особин з максимальною інтенсивністю трофотаксису як найбільш життєздатних. Установлено позитивну кореляцію між інтенсивністю хемотаксису і ступенем гетерозиготності популяції (на прикладі шовковичного шовкопряда).

Розроблено експрес-спосіб визначення життєздатності непарного шовкопряда за показником інтенсивності хемотаксису. В експерименті доведено існування прямої залежності між рівнем життєздатності біоматеріалу та інтенсивністю прояву хемотаксису ($r = 0,976$; $p > 0,99$) (рис. 20).

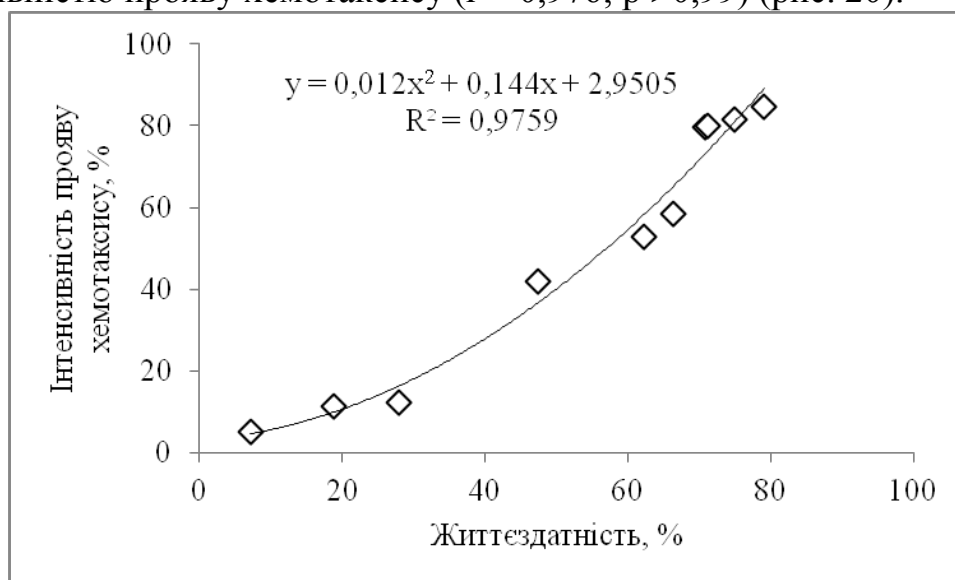


Рис. 20. Залежність інтенсивності прояву хемотаксису гусениць від рівня життєздатності непарного шовкопряда

Запропонований експрес-спосіб визначення життєздатності популяції за інтенсивністю прояву хемотаксису гусениць доцільно використовувати для короткострокового прогнозу динаміки чисельності шкідника. Якщо інтенсивність таксису перевищує 50 %, це свідчить про високу життєздатність непарного шовкопряда і можливості зростання чисельності популяції в цьому сезоні.

На підставі встановленого правила запропоновано і апробовано новий високоточний і невитратний спосіб прогнозування життєздатності комах. Він базується на тому, що життєздатність тестованої популяції прогнозують на основі визначення інтенсивності трофотаксису з використанням запропонованої

нами формули (Злотін, Маркіна, 2013). Експериментально доведено, що достатньо провести облік інтенсивності трофотаксису гусениць при відродженні, визначити типові для породної групи базові породи і повний обсяг обліків проводити тільки на базових породах. Прогнозовану життєздатність інших порід і гібридів можна визначити за запропонованою нами формулою. Випробування способу проведено на колекції порід шовковичного шовкопряда відділу шовківництва та технічної ентомології НТЦ «Інститут експериментальної та клінічної ветеринарної медицини», що складається з 120 порід і є складовою «Національного надбання України».

РОЗРОБКА СПОСОБІВ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ ШТУЧНИХ ПОПУЛЯЦІЙ КОМАХ ПІД ЧАС РОЗВЕДЕННЯ

Обґрунтовано новий підхід до оптимізації культур комах, який враховує структурну організацію штучних популяцій та механізми підтримання гомеостазу, що впливають на ефективність програм розведення. Запропоновано систему прийомів оптимізації структурних параметрів популяцій комах за життєздатністю та продуктивністю. Розглянуто шість основних напрямів оптимізації та їхні наслідки (табл. 4).

Таблиця 4

Характеристика розроблених прийомів оптимізації структурних параметрів культур комах і результати оптимізації за основними показниками

Спосіб оптимізації	Зміни структурних параметрів, що відбуваються під час оптимізації	Біологічні та господарськоцінні показники культури комах після оптимізації
Параметр оптимізації – просторова структура		
Відбір упродовж 3-х поколінь за місцем розташування гусениць на коконниках під час залялькування	Зміни просторової структури популяції. Формування ліній, що надають перевагу певному місцю у просторі техноценозу.	Значиме збільшення ($p < 0,05$) урожаю (на 8–20 %), частки сортових коконів у нижній частині коконника та життєздатності в обох варіантах після добору.
Параметр оптимізації – просторова структура		
Утримання на площі, утричі меншій за рекомендовану, упродовж двох і трьох поколінь	Формування генотипу, стійкого до підвищеної щільності утримання.	Збільшення життєздатності на 2,8 % ($p < 0,001$) порівняно з контролем, шовконосності самок на 1,8 % ($p < 0,01$). Є перспективним для селекційної роботи.

Спосіб оптимізації	Зміни структурних параметрів, що відбуваються під час оптимізації	Біологічні та господарськоцінні показники культури комах після оптимізації
Параметр оптимізації – просторова та етологічна структура		
Утримання на площі, утричі меншій за рекомендовану, упродовж 2-х та 3-х поколінь і добір за інтенсивністю хемотаксису у F ₄	Вихід популяції зі стрес-ситуації, швидке повернення показників до оптимального рівня.	Збільшення життєздатності до контрольного рівня у першому поколінні післядії.
Параметр оптимізації – статева структура		
Вплив на grenу випаровувань ефіру	Зміна співвідношення статей у бік збільшення частки самок.	Підвищення життєздатності біоматеріалу на 6 % (p < 0,001), зростання урожаю коконів, частки сортових коконів.
Добір за інтенсивністю хемотаксису	Зміна співвідношення статей. Збільшення на 13,5 % частки самців.	Підвищення життєздатності гусениць на 6 % (p < 0,01), зменшення частки дефектних коконів.
Добір 50 і 25 % гусениць, які першими перелиняли на 2-й вік упродовж п'яти поколінь	Зміна співвідношення статей. Збільшення частки самців у 2,5 разу порівняно з контролем.	Підвищення життєздатності біоматеріалу й технологічних показників культури.
Добір метеликів самок за тривалістю життя	Зміни співвідношення статей у бік самців у групі з максимальною тривалістю життя.	Підвищення біологічних показників культури після припинення дії добору.
Параметр оптимізації – вікова структура		
Добір гусениць, які першими перелиняли на 2-й вік упродовж 5-ти поколінь	Зміна тривалості гусеничної стадії розвитку.	Підвищення життєздатності гусениць на 14%, урожаю коконів на 0,98 кг, збільшення частки сортових коконів.
Параметр оптимізації – вікова структура		
Добір метеликів-самок упродовж п'яти поколінь	Зміна тривалості всіх стадій розвитку.	Підвищення життєздатності на 10–15% %; (p < 0,05–0,01) зменшення частки бракованих яєць у групі з мінімальною тривалістю життя.

Спосіб оптимізації	Зміни структурних параметрів, що відбуваються під час оптимізації	Біологічні та господарськоцінні показники культури комах після оптимізації
Параметр оптимізації – екологічна структура		
Відбракування гусениць-мурашів за трофотаксисом на нетиповий кормовий подразник упродовж 30 хвилин	Звільнення популяції від груп з різними кормовими уподобаннями. Збільшення однорідності культури.	Підвищення життєздатності культури (від 4 до 23 % залежно від подразника, $p < 0,05$), урожаю коконів, інших технологічних показників.
Добір упродовж 3-х поколінь імаго-самців, які відновили рухову активність після попереднього охолодження	Формування групи, стійкої до охолодження.	Збільшення життєздатності на 16,8 %, зменшення частки коконів-глухарів.
Добір гусениць за інтенсивністю фототаксису	Розподілення популяції на 2 групи, більш і менш чутливих до світла.	Збільшення біологічних показників у групі з вищою інтенсивністю фототаксису гусениць.
Параметр оптимізації – генетична структура		
Оптимізація параметрів генетичної структури популяцій шляхом міжпоходних і різносезонних схрещувань	Підвищення гетерогенності популяції.	Підвищення життєздатності та продуктивності потомства; використання суміші порід достовірно підвищували частку сортових коконів (на 8–10 %; $p < 0,01$), їхній урожай (на 27–47%; $p < 0,05–0,01$).

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЬНИХ ВИДІВ ЛУСКОКРИЛИХ ЯК БІОІНДИКАТОРІВ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Запропоновано і апробовано новий спосіб біоіндикації токсикантів у довкіллі (забруднення інсектицидами, наявність солей важких металів у ґрунті й воді) шляхом використання рослини-поглинача (шовковиці білої) й універсального тест-об'єкта – гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда.

Для оцінювання вмісту інсектицидів гусеницям одноразово давали листя шовковиці, що росте у зоні забруднення, і в подальшому визначали показник виживання особин протягом 5-ти діб. Відпад гусениць, що поїдають отруєний лист, фіксували протягом 24 годин, а комахи в контролі залишалися живими протягом до 5 діб (максимальна тривалість життя гусениць без годування). У варіантах з використанням різних концентрацій (від 0,01 до 0,0001 %)

інсектициду Marshal 250 EC визначено різний рівень загибелі гусениць протягом двох днів. Таким чином, запропонований спосіб дає змогу виявити не тільки наявність інсектицидів у навколишньому середовищі, а й установити їх приблизну концентрацію.

Подібні результати отримані під час біоіндикації з використанням гусениць-мурашів для визначення наявності солей важких металів (СВМ) у воді. Були тестовані проби води, що містять СВМ (кобальт, цинк, кадмій, мідь). У контролі – чиста вода. Гусениць годували листям шовковиці (1 раз на добу 3 дні), пагони якої попередньо ставили на 2 дні у водний розчин солей важких металів. Потім біоматеріал поміщали в холодильник (+5 °С) і щодня враховували кількість загиблих особин. При забрудненні води окремими солями важких металів загибелі гусениць в перші три доби не зафіксовано. У варіанті із сумішшю солей (адитивність або синергізм дії) смертність гусениць досягла майже 100 % до кінця другої доби (рис. 21).

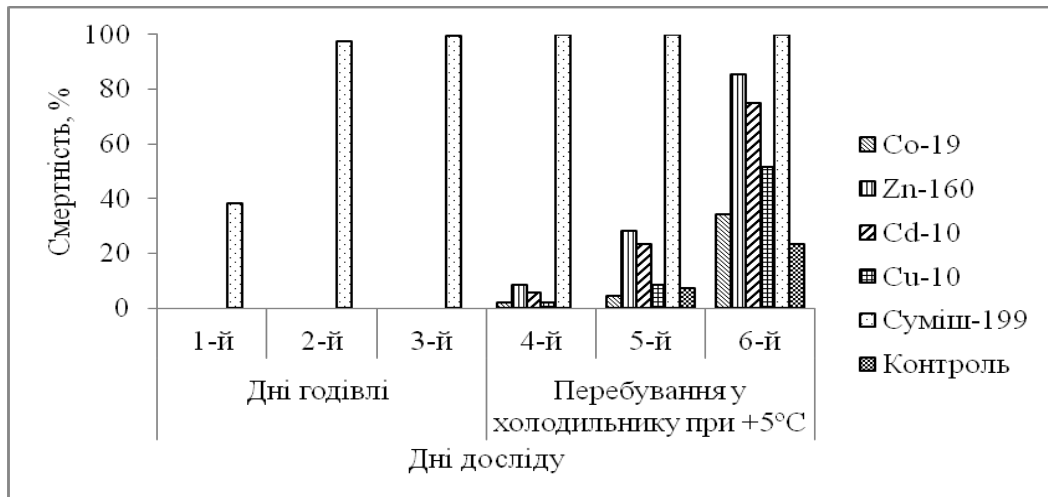


Рис. 21. Вплив СВМ у воді на динаміку загибелі гусениць-мурашів

У контролі незначну смертність гусениць реєстрували лише на 5-ту добу. Годування гусениць листям однолітніх саджанців шовковиці, заздалегідь вирощених у ґрунті, забрудненому СВМ, виявило аналогічні результати. Відпад реєстрували з першого дня, тоді як у контролі перші загибелі гусениці знайдені на 3-й день. У варіантах, де вміст СВМ у 2–4 рази перевищував фонові значення, уже на 4-й день загинуло 100 % особин, а в контролі – лише 20,6 % (рис. 22).

В умовах сильного забруднення середовища (стічні води заводів) відпад гусениць зареєстровано вже з другого дня, а на третій день він значимо ($p < 0,001$) перевищував варіанти з помірним вмістом СВМ.

Таким чином, запропоновані способи доступні, технологічно прості й дають змогу отримати результати тестування протягом 24–72 годин у будь-яку пору року в необхідному обсязі без коштовного обладнання. Чутливість біоіндикатора до забруднювачів висока, тому з використанням різних концентрацій забруднювача методом пробіт-аналізу можна визначити його вміст у середовищі за рівнем відпаду гусениць. Загибель 30–50 % особин тест-

об'єкта відповідає субнормальному рівню забруднення біоценозу, а загибель 70 % особин свідчить про значний ступінь забруднення довкілля. Загибель всіх особин є ознакою вкрай несприятливого рівня забруднення.

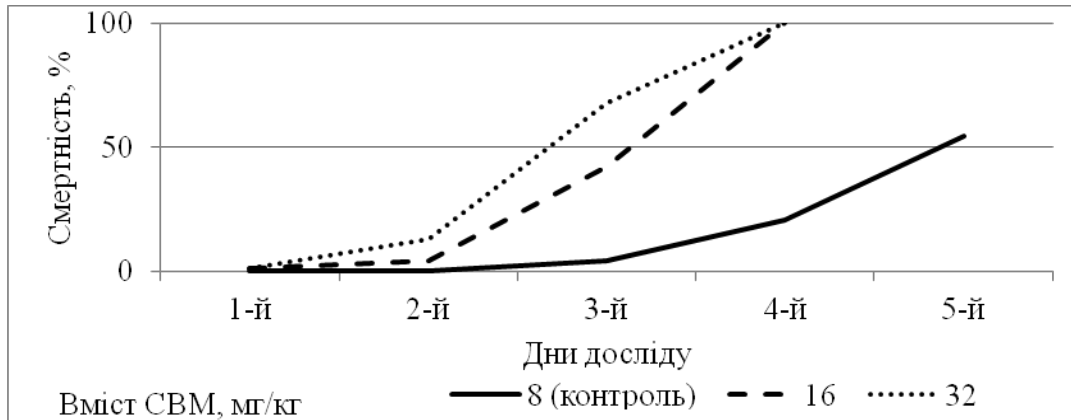


Рис. 22. Вплив вмісту солей важких металів у ґрунті на динаміку загибелі гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда

Встановлено порогові чутливості комах-біоіндикаторів до дії стресорів (на прикладі фосфаміду) за різних температурних умов. Під час утримання гусениць за температури $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ їхня смертність, при різних концентраціях токсиканта була мінімальною, а при $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ – максимальною (рис. 23). Отримані результати підтверджені даними пробіт-аналізу. Нижньою пороговою концентрацією інсектициду для гусениць-мурашів при температурі $+20$, $+25$ і $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ є $0,004$; $0,003$ і $0,002\text{ мг/л}$, а верхньою – $0,087$; $0,080$ і $0,056\text{ мг/л}$ відповідно.

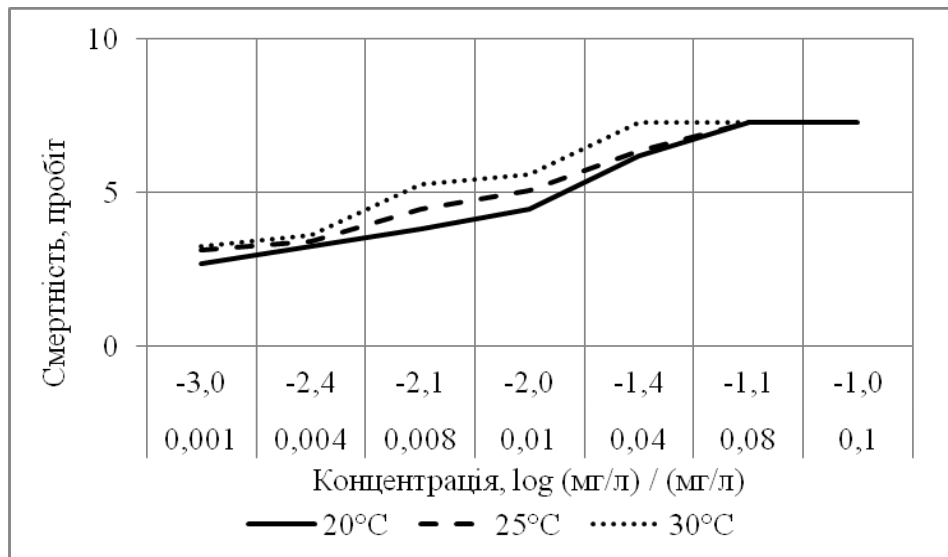


Рис. 23. Залежність смертності гусениць-мурашів (у пробітах) на 3-й день за різних концентрацій фосфаміду та температури

Розроблене екологічне обґрунтування порогів чутливості гусениць до дії токсикантів дозволило запропонувати спосіб визначення меж чутливості тест-об'єкта до стресора. При цьому необхідно враховувати особливості дії токсиканта, вплив абіотичних факторів і фізіологічний стан тест-об'єкта, а

основною вимогою до тестування за допомогою запропонованого методу є забезпечення оптимальних для тест-об'єкта температурних умов.

Експериментально доведено існування зворотної залежності між ступенем забруднення біоценозів і життєздатністю комах. При цьому відзначено значиме зниження інтенсивності секс-таксиса (на прикладі самців шовковичного і непарного шовкопрядів) у міру забруднення біоценозів. Крім того, визначено зміни інтенсивності трофотаксису у потомства особин, яких вигодовують рослинами з територій, що характеризуються різним рівнем забруднення (рис. 24). Так, життєздатність гусениць шовковичного та непарного шовкопрядів, годуваних листям із ділянки із субнормальним рівнем забруднення, поступалася контролю на 24 і 31,6 % відповідно.

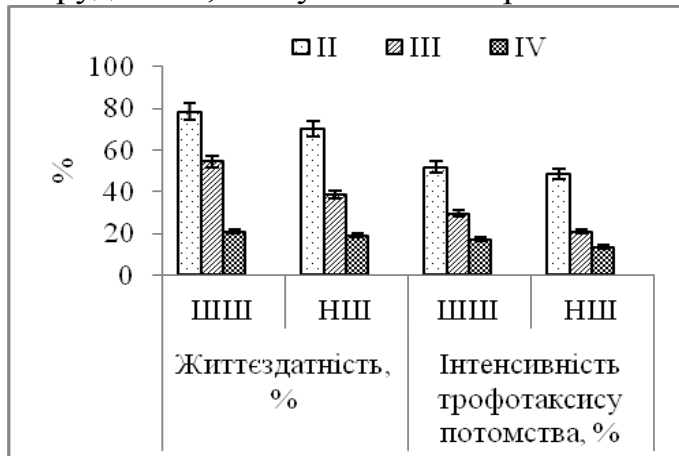


Рис. 24. Вплив техногенного забруднення на життєздатність шовковичного (ШШ) і непарного (НШ) шовкопрядів і інтенсивність трофотаксису потомства

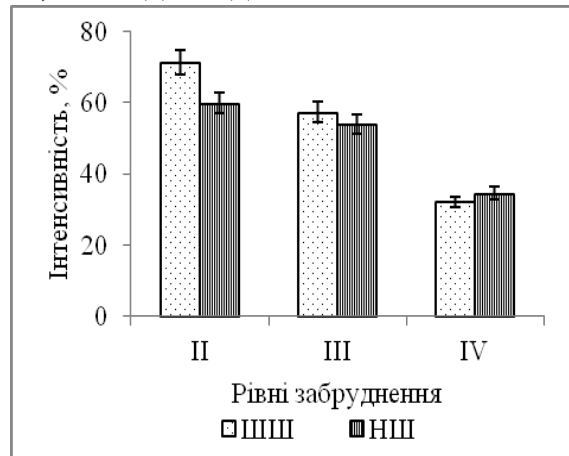


Рис. 25. Вплив техногенного забруднення біоценозів на інтенсивність прояву секс-таксису самцями шовковичного (ШШ) та непарного (НШ) шовкопрядів

Примітка: Рівні техногенного забруднення: II – нормальний (контроль), III – субнормальний, IV – несприятливий.

Під час годування листям з ділянки з несприятливим рівнем забруднення життєздатність гусениць знизилася на 57,6 і 51 % порівняно з контролем. У варіанті з високим рівнем забруднення гинули всі гусениці.

Інтенсивність трофотаксису у шовковичного і непарного шовкопрядів у варіанті із субнормальним рівнем забруднення середовища знизилася на 22,6 і 27,5 %, що відповідало інтервалу від 30 до 50 % за показником життєздатності. У варіанті з несприятливим рівнем забруднення інтенсивність трофотаксису зменшилася до 34,6 і 35,1 % (рис. 25), що становило близько 70 % особин обох тест-об'єктів. Подібну тенденцію визначено стосовно інтенсивності секс-таксису досліджених видів комах, яка значимо знижувалася у міру підвищення рівня забруднення (див. рис. 25).

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВЕДЕННЯ РІДКІСНИХ І ЗНИКАЮЧИХ ВИДІВ КОМАХ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

На основі власних досліджень запропоновано методику успішного культивування рідкісних і занесених до Червоної книги України видів комах.

Для розведення таких видів (на прикладі поліксени і грушевої сатурнії), комплексно оцінено цільову ефективність методу та вивчено біологічні характеристики отриманого з природи матеріалу, встановлено оптимальний гідротермічний режим утримання. Досліджено вплив змінних температур, переваги кормових рослин і щільності утримання на терміни розвитку і життєздатність гусениць обох видів. Виявлено, що у випадку вирощування гусениць при змінних температурах значимо ($p < 0,05$) збільшується життєздатність (для поліксени на 4,6 %, для грушевої сатурнії – на 11,3 % порівняно з контролем). Лабораторне культивування поліксени лімітовано наявністю корму, що зумовлює її уразливість і в природних умовах перебування. У випадку переведення потомства грушевої сатурнії в культурі на інший кормовий субстрат порівняно з батьківським поколінням життєздатність особин знижується на 18 %. За підвищення щільності утримання життєздатність культури поліксени зменшується на 22 %, тоді як лабораторна культура грушевої сатурнії при достатній кількості корму мало чутлива до щільності утримання.

Отримані дані дали змогу удосконалити методики лабораторного розведення цих видів комах із подальшим їх заселенням у місця природного перебування, що не заперечує пріоритет збереження рідкісних і зникаючих видів у природних умовах.

ВИСНОВКИ

У результаті багаторічних комплексних досліджень уперше теоретично обґрунтовано й експериментально встановлено можливість використання гомеостатичних властивостей штучних популяцій комах для управління їхніми структурними параметрами з метою оптимізації життєздатності та продуктивності біоматеріалу.

1. Штучні популяції комах, незважаючи на апріорі знижену гетерогенність, зберігають структурну організацію, здатні до саморегуляції та функціонують за принципом зворотного зв'язку завдяки існуванню різноякісних груп особин у складі просторової, статевої, вікової, екологічної та генетичної структур.

2. Механізми підтримання гомеостазу штучних популяцій комах – при порушенні та відновленні просторової структури – мають свої видоспецифічні відмінності і відбуваються:

– у адаптованого до умов техноценозу шовковичного шовкопряда (повна доместикація) – за рахунок зміни статевої структури у бік збільшення самок, що призводить до збільшення чисельності;

– у непарного шовкопряда та зернової молі (не доместифіковані види) – за рахунок збільшення індивідуальної плодючості самок.

У всіх варіантах зареєстровано зростання гетерогенності у наступному поколінні, що сприяє відновленню оптимальних структурних параметрів культур комах.

3. Експериментально встановлено екологічну різноякісність культури шовковичного шовкопряда по відношенню до корму. До 30% особин у популяції реагують на нетиповий для виду корм та мають низьку життєздатність. Забезпечення стабільної чисельності такої групи здійснюється за рахунок їх вищої ніж у групі, що реагує на типовий корм плодючості.

4. Установлено, що чутливість особин до дії стрес-факторів диференційована за статтю, що сприяє збереженню статеві структури і забезпечує оптимальну чисельність популяції. Співвідношення статей культури шовковичного шовкопряда значимо змінюється на різних етапах онтогенезу: первинне – на користь самців, вторинне співвідношення – тенденція до збільшення самок, третинне – значиме збільшення частки самок. Диференційовану реакцію самців і самок на способи оптимізації структурних параметрів необхідно брати до уваги для успішної реалізації програм розведення комах.

5. Тривала оптимізація (відбір) культур комах за життєздатністю «вмикає» механізми саморегуляції та знижує ефективність програми розведення. У випадку відбору високожиттєздатних особин – уже на ранніх етапах селекції (в 4-му поколінні) – зростання життєздатності припиняється, знижуються плодючість самок і частка високожиттєздатних особин у популяції. Реакція на відбір на знижену життєздатність реєструється протягом 2-х поколінь, після чого збільшується загальна чисельність популяції та частка самок, що запобігає настанню кризової ситуації. Після припинення відбору параметри популяції відновлюються до контрольного рівня.

6. Рівень життєздатності штучних популяцій комах (за утримання в песимальних та оптимальних умовах) є інтегральним показником, що відображає рівень адаптованості культур. Зниження життєздатності при культивуванні стимулює прояв механізмів підтримання гомеостазу.

7. Установлено й експериментально підтверджено загальнобіологічне правило прямої залежності інтенсивності таксисів комах від рівня життєздатності популяції ($r = 0,976$; $p > 0,99$): особини з вищою інтенсивністю прояву таксисів більш життєздатні і забезпечують виживання популяції у мінливих умовах.

8. Інтенсивність прояву таксисів, як критерій рівня життєздатності популяції доцільно використовувати для контролю якості культур комах, прогнозування динаміки її чисельності, життєздатності, ступеня гетерозиготності, добору вихідного матеріалу для закладання лабораторної культури різних видів, а також для відбору найбільш перспективних порід шовковичного шовкопряда для промислового виробництва.

9. Запропоновано підхід, що включає 6 основних напрямів оптимізації структурних параметрів штучних популяцій комах з урахуванням механізмів підтримання популяційного гомеостазу і 13-ть експериментально апробованих способів оптимізації залежно від мети розведення. Упровадження цих способів дає змогу підвищити біологічні та господарськоцінні показники культур комах (життєздатність на 2,8–25%%, продуктивність – на 8–27%%).

10. Життєздатність гусениць шовковичного та непарного шовкопрядів, а також інтенсивність їх секс- і трофотаксисів значимо знижуються у міру техногенного забруднення довкілля. Установлена залежність дозволяє використовувати гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда як універсальний й доступний тест-об'єкт біоіндикації для визначення наявності інсектицидів, а також солей важких металів у ґрунті й воді.

11. Експериментально доведено можливість успішного культивування рідкісних і зникаючих видів комах на прикладі *Zerynthia polyxena* та *Saturnia pyri*. Розроблено способи оптимізації умов їх розведення з використанням змінних температур, що значимо ($p < 0,05$) підвищує життєздатність (для поліксени на 4,6 %, для грушевої сатурнії – на 11,3 %) популяцій порівняно з контролем і дає змогу отримувати максимальну кількість біоматеріалу для вирішення природоохоронних завдань.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Під час реалізації програм технічної ентомології рекомендується:

- враховувати зміни структурних параметрів і прояв гомеостатичних властивостей, притаманних штучним популяціям комах, для підвищення ефективності оптимізації культур за життєздатністю та продуктивністю;

- здійснювати добір личинок за інтенсивністю хемотаксису на традиційний кормовий подразник з подальшою вигодівлею на оптимальній площі для виведення біоматеріалу зі стрес-ситуації, викликаній збільшенням щільності утримання;

- застосовувати відбір личинок за інтенсивністю хемотаксису для одержання вихідного матеріалу під час закладання культур комах.

2. Для програм масового розведення шовковичного шовкопряда доцільно:

- застосовувати добір метеликів-самок із максимальною тривалістю життя з метою підвищення господарськоцінних показників порід;

- відбраковувати гусениць-мурашів за реакцією надання переваги нетрадиційному кормовому подразнику під час виробництва племінного матеріалу.

3. Для підвищення ефективності програм біометоду захисту рослин з метою підтримання племінних ліній доцільно відбирати:

- особин непарного шовкопряда, що заляльковуються у верхній частині інсектарію, з метою підвищення життєздатності потомства;

- особин зернової молі, які розвиваються у нижніх шарах зерна, для підвищення конкурентоспроможності та життєздатності культури під час розведення.

4. Під час реалізації програм природоохоронного спрямування:

- використовувати гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда як тест-об'єкт біоіндикації для оцінювання рівня забруднення довкілля інсектицидами та солями важких металів.

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз

1. Злотін О. З. Правило залежності інтенсивності прояву таксисів від життєздатності популяцій, на прикладі комах / О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна // Доповіді Національної академії наук України. – 2009. – № 1. – С. 137 – 139. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
2. Злотін О. З. Новий спосіб прогнозування життєздатності популяцій комах, на прикладі *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). / О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна, Н. В. Ісіченко // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХНПУ, 2013. – Вип. 15. – С. 23 – 29. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
3. Маркіна Т. Ю. Особливості розведення рідкісних та зникаючих видів комах в лабораторних умовах / Т. Ю. Маркіна // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХНПУ, 2014. – Вип. 16. – С. 37 – 46.
4. Маркіна Т. Ю. Механізми підтримання гомеостаза в лабораторних популяціях комах / Т. Ю. Маркіна, Г. В. Беньковська // Екологія. – 2015. – № 4. – С. 294 – 299. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).

Статті у фахових виданнях

5. Кривда Л. С. Вплив змін в структурі популяцій комах на їх життєздатність на прикладі лускокрилих / Л. С. Кривда, Т. Ю. Маркіна // Біологія та валеологія : Зб. наук. праць. – Харків : ХДПУ, 2001. – Вип. 4. – С. 87 – 96. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
6. Бачинская Я. А. Оптимизация пространственной структуры популяции тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. / Я. А. Бачинская, Т. Ю. Маркіна // Изв. Харьк. энтомол. об-ва. – 2002. – Т. X, вып. 1–2. – С. 190 – 192. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
7. Бачинская Я. А. Оптимизация пространственной структуры культур непарного шелкопряда, *Limantria dispar* L. (Lepidoptera: Lemntriidae) и зерновой моли, *Sitotroga cerealella* Oliv. (Lepidoptera: Gelechiidae) / Я. А. Бачинская, А. З. Злотин, Т. Ю. Маркіна // Изв. Харьк. энтомол. об-ва. – 2003. (2004). – Т. XI, вып. 1-2. – С. 197 – 202. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
8. Маркіна Т. Ю. Теоретичне обґрунтування оптимізації структури штучних популяцій комах в умовах розведення / Т. Ю. Маркіна // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХДПУ, 2004. – Вип. 6. – С. 20 – 24.
9. Маркіна Т. Ю. Оптимізація генетичної структури популяцій на прикладі лускокрилих комах / Т. Ю. Маркіна, Я. О. Бачинська // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХДПУ, 2005. – Вип. 7. – С. 83 – 93.

- (Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті).*
10. Маркіна Т. Ю. Методи регулювання статевої структури культури шовковичного шовкопряда / Т. Ю. Маркіна, О. О. Пальчик // Біологія та валеологія : збірник наукових праць. – Харків : ХДПУ, 2006. – Вип. 8. – С. 50 – 61. *(Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті).*
 11. Новые возможности повышения жизнеспособности и продуктивности дубового шелкопряда (*Antherea pernyi* E.) / [Литвин В. М., Шаламова О. А., Маркіна Т. Ю. та ін.] // Изв. Харьк. энтомол. об-ва. – 2000. – Т. VIII, вып. 1. – С. 162 – 165. *(Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті).*
 12. Гайдук К. В. Особливості харчової спеціалізації комах-фітофагів та їх використання при культивуванні / К. В. Гайдук, Т. Ю. Маркіна, О. З. Злотін // Изв. Харьков. энтомол. об-ва.–2005. (2006). – Т. XIII, вып. 1–2. – С. 195 – 199. *(Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті).*
 13. Маркіна Т. Ю. Половая структура популяции тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) под действием стресс-факторов / Т. Ю. Маркіна, О. А. Пальчик // Изв. Харьков. энтомол. об-ва. – 2006. (2007). – Т. XIV, вып. 1 – 2. – С. 162 – 170. *(Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті).*
 14. Розробка способів біоіндикації екологічного стану Донбасу : [Беспалова С. В. Злотін А. З., Маркіна Т. Ю. та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону : міжвідом. зб. наук. праць. – Донецьк : ДонНУ, 2007. – Вип. 7. – С. 17 – 24. *(Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті).*
 15. Маркіна Т. Ю. Вплив спрямованого добору на зміни структурних параметрів штучних популяцій комах / Т. Ю. Маркіна // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХНПУ, 2007. – Вип. 9. – С. 35 – 42.
 16. Маркіна Т. Ю. Механизмы саморегуляции структурных параметров популяций тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.) при нарушении пространственной структуры / Т. Ю. Маркіна // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2008, вип. 1 (13). – С. 77 – 83.
 17. Маркіна Т. Ю. Життєздатність непарного шовкопряда на різних фазах спалахів масових розмножень та методи її прогнозування / Т. Ю. Маркіна // Лісівництво і агролісомеліорація. : Зб. наук. праць. – 2008. – Вип. 113. – С. 260 – 264.
 18. Маркіна Т. Ю. Вивчення механізмів повернення до вихідного рівня життєздатності штучних популяцій шовковичного шовкопряда / Т. Ю. Маркіна // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХНПУ, 2008. – Вип. 10. – С. 66 – 73.

19. Апробування способів біоіндикації екологічного стану Донбасу / [Беспалова С.В., Горецкий О.С., Маркіна Т.Ю. та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону : міжвідом. зб. наук. праць. – Донецьк : ДонНУ, 2008. – Вып. 8. – С. 24–34. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
20. Маркіна Т. Ю. Структурированность искусственных популяций насекомых как основа их функциональной устойчивости / Т. Ю. Маркіна // Изв. Харьков. энтомол. об-ва.–2007. (2008). – Т. XV, вып. 1–2. – С. 197 – 200.
21. Пальчик О. О. Вплив добору за тривалістю життя на господарські показники та структурні параметри штучних популяцій шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) / О. О. Пальчик, Т. Ю. Маркіна // Зб. наук. праць Полтавського державного педагогічного університету імені В. Г. Короленка. Серія «Екологія. Біологічні науки». – Полтава, 2008. – Випуск 5 (63). – С. 82 – 89. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
22. Маркіна Т. Ю. Динамика структурных параметров при оптимизации пространственной структуры искусственных популяций насекомых / Т. Ю. Маркіна // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону : міжвідом. зб. наук. праць. – Донецьк : ДонНУ, 2008. – Вип. 8. – С. 110 – 118.
23. Маркіна Т. Ю. Изменения структурных параметров популяций тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) при оптимизации культивирования / Т. Ю. Маркіна // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2009, вип. 1(16). – С. 99 – 105.
24. Розробка технології комплексної біоіндикаційної оцінки довкілля техногенного регіону [Беспалова С.В., Горецький О.С., Маркіна Т.Ю. та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону : міжвідом. зб. наук. праць. – Донецьк : ДонНУ, 2009. – №1(9). – С. 12 – 24. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
25. Маркіна Т. Ю. Динаміка життєздатності популяцій (*Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) за дії добору / Т. Ю. Маркіна // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2009, вип. 2(17). – С. 102 – 108.
26. Маркіна Т. Ю. Нові методи оцінки якості культури шовковичного шовкопряда / Т. Ю. Маркіна // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХНПУ, 2009. – Вип. 11. – С. 67 – 71.
27. Новий підхід до біоіндикації токсикантів у довкіллі [Горецький О. С., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Дехтярьова О. О.] // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХНПУ, 2010. – Вип. 12. – С. 125–134. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
28. Визначення порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно

- несприятливих факторів середовища [Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю. та ін.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межведом. сб. науч. работ. – Донецк : ДонНУ, 2010.– №1 (10). – С. 9 – 26. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
29. Маркіна Т. Ю. Интенсивность проявления таксисов и жизнеспособность насекомых: общебиологические закономерности / Т. Ю. Маркіна, А. З. Злотин // Изв. Харьк. энтомол. об-ва. – 2010. – Т. XVIII, вып. 2. – С. 66 – 71. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
30. Критерії оцінки екологічного стану середовища за порогоми чутливості біоіндикаторів / [Беспалова С.В., Горецький О.С., Маркіна Т. Ю. та ін.] // Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону : міжвідом. зб. наук. праць. Донецьк. Дон.НУ– 2011. – №1 (11). – С. 25 – 44. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
31. Личинки *Gydrotea aenescens* (Wiedemann,1830) (Diptera: Muscidae) – биологические агенты, ограничивающие численность комнатной мухи на свинофермах и птице фабриках / [Маркіна Т. Ю., Леженина И. П., Мищенко А. А. , Сумакова О. В.]// Изв. Харьк. энтомол. об-ва. – 2011. – Т. XIX, вып. 2. – С. 67 – 70. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
32. Визначення меж чутливості біоіндикаторів до дії стресору за різних температурних умов / [Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Єгорова О. А. та ін.] // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. ХНПУ. – 2011. – Вип. 13. – С. 128 – 140. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
33. Біоіндикація харчової безпеки плодів шовковиці білої (*Morus alba*) за допомогою шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L.) / [Маркіна Т. Ю., Суханова І. П., Бровді А. А., Суханов С. В.] // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. ХНПУ. 2011. – Вип. 13.– С. 141 – 147. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
34. Визначення нормованих параметрів біоіндикаторів для екологічного моніторингу / [Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю. та ін.] // Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону : міжвідом. зб. наук. праць. Донецьк. Дон.НУ, 2012.– № 1 (12). – С. 41 – 56. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).
35. Маркіна Т. Ю. Визначення гетерозиготності природних та штучних популяцій комах/ Т. Ю. Маркіна, О. З. Злотін // Біологія та валеологія : зб. наук. праць. – Харків : ХНПУ, 2012. – Вип. 14. – С. 56 – 60. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
36. Концептуальні підходи до нормування в системі екологічного

біомоніторингу / [Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю. та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону : міжвідом. зб. наук. праць. – Донецьк : ДонНУ, 2013.– № 1 (13). – С. 8 – 15. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, аналіз результатів, написання тексту статті*).

37. Злотін О. З. Експрес-метод добору вихідного біоматеріалу для створення культур комах / О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна // Український ентомологічний журнал. – 2013. – № 2 (7). – С. 69 – 72. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
 38. Злотін О. З. Новые подходы к мониторингу состояния популяций насекомых в экосистемах / О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна, Н. В. Ісиченко // Український ентомологічний журнал. – 2014. – №1(8). – С. 63 – 68. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
 39. Маркіна Т. Ю. Жизнеспособность популяций насекомых как показатель уровня загрязнения окружающей среды при биоиндикационных исследованиях экосистем / Т. Ю. Маркіна, А. З. Злотин // Изв. Харьк. энтомол. о-ва, 2014. – Т. XXII, вып. 1–2. – С. 37 – 43. (*Особистий внесок – планування та постановка експерименту, інтерпретація результатів, написання тексту статті*).
- Статті в інших виданнях:*
40. Гайдук К. В. Диференціація гусениць шовковичного шовкопряда першого віку за реакцією переваги на певний кормовий подразник / К. В. Гайдук, О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна // Науково-технічний бюлетень. – Харків : Інститут тваринництва УААН, 2003. – № 84. – С. 43 – 46.
 41. Калініна О. О. Вплив диференційного добору гусениць під час першої ліньки на тривалість вигодівлі та основні біологічні показники шовковичного шовкопряда / О. О. Калініна, Т. Ю. Маркіна, О. З. Злотін // Шовківництво. – 2003. – Вип. 24. – С. 99 – 105.
 42. Калініна О. О. Вплив диференційного добору гусениць під час першої ліньки на тривалість вигодовування та основні біологічні показники шовковичного шовкопряда / О. О. Калініна, О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Ентомологія та фітопатологія». – 2004. – № 5. – С. 28 – 31.
 43. Бачинская Я. А. Разработка приемов оптимизации пространственной структуры культур насекомых / Бачинская Я. А., Злотин А. З., Маркіна Т. Ю. // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2004. – № 4. – С. 29 – 34.
 44. Коваленко-Рудай Н. М. Динамика показателей жизнеспособности и средней массы кокона культуры тутового шелкопряда при уплотненном способе выкормки / Н. М. Коваленко-Рудай, А. З. Злотин, Т. Ю. Маркіна // Шовківництво. – 2007. – Вип. 26. – С. 59 – 68.
 45. Злотін О. З. Сучасний стан і проблеми розвитку технічної ентомології в Україні / Злотін О. З., Маркіна Т. Ю. // Захист і карантин рослин. – 2007. –

Вип. 53. – С. 327 – 334.

46. Егорова О. А. Новый подход к оценке жизнеспособности гибридов и пород тутового шелкопряда / Егорова О. А., Злотин А. З., Маркина Т. Ю. // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Ентомологія та фітопатологія». – 2008. – № 8. – С. 55 – 59.
47. Коваленко-Рудай Н. М. Порівняльна оцінка альтернативного добору за життєздатністю у культурі шовковичного шовкопряда / Н. М. Коваленко-Рудай, О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна // Науково-технічний бюлетень. – Харків: Інститут тваринництва УААН, 2008.– № 97. – С. 240 – 246.
48. Егорова О. А. Визначення впливу низьких температур на життєздатність шовковичного шовкопряда / О. А. Егорова, О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна // Науково-технічний бюлетень. – Харків : Інститут тваринництва УААН, 2008.– № 97. – С. 228 – 232.
49. Коваленко-Рудай Н. М. Динаміка біологічних показників гетерогенної суміші двох порід шовковичного шовкопряда в ряду поколінь / Н. М. Коваленко-Рудай, Т. Ю. Маркіна, О. З. Злотін // Захист і карантин рослин. – 2008. – Вип. 54. – С. 251 – 257.

Основні матеріали конференцій та з'їздів:

50. Маркина Т. Ю. Биологические основы оптимизации структуры искусственных популяций насекомых для реализации программ разведения / Т. Ю. Маркина, А. З. Злотин // Материалы VII междунар. науч.-практ. экологической конференции «Приспособление организмов к действию экстремальных экологических факторов» (Белгород, 5-6 нояб. 2002 г.). – Белгород : изд-во БелГУ, 2002. – С. 47 – 49.
51. Маркина Т. Ю. К вопросу изучения механизмов устойчивости искусственных популяций насекомых / Т. Ю. Маркина, А. З. Злотин // Актуальные проблемы сохранения устойчивости живых систем : материалы VIII междунар. науч. экологической конф. (Белгород, 27-29 сентяб. 2004 г.). – Белгород : изд-во БелГУ, 2004. – С. 124 – 125.
52. Маркина Т. Ю. Культура «краснокнижных» видов насекомых : состояние и перспективы / Т. Ю. Маркина, А. З. Злотин // Рідкісні та зникаючі види комах і концепції Червоної книги України : зб. наук. праць. – Київ, 2005. – С. 72 – 75.
53. Маркіна Т. Ю. Механізми підтримання гомеостазу штучних популяцій комах / Т. Ю. Маркіна // Загальна і прикладна ентомологія в Україні : тези доповідей наукової ентомологічної конференції, присвяченій пам'яті члена-кореспондента НАН України, доктора біологічних наук, професора В. Г. Доліна (Львів, 15-19 серп. 2005 р.). – Львів, 2005. – С. 135 – 136.
54. Маркина Т. Ю. Оптимизация генетической структуры культур чешуекрылых насекомых / Т. Ю. Маркина, Я. А. Бачинская // Биоразнообразие и роль зооценозов в естественных и антропогенных экосистемах : материалы 3-ей Междунар. науч. конф. – Днепропетровск: изд-во ДНУ, 2005. – С. 237 – 239.
55. Маркина Т. Ю. Лабораторное разведение насекомых для оценки состояния

- природных популяций / Т. Ю. Маркина, А. З. Злотин // «Фитосанитарное оздоровление экосистем» : матер. II Всерос. съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 5-10 декабря, 2005 г.), – 2005. – Т. 1. – С. 269 – 271.
56. Маркина Т. Ю. Механизмы адаптаций искусственных популяций насекомых к меняющимся условиям техноценоза / Т. Ю. Маркина // «Современные проблемы популяционной экологии» : материалы IX междунар. науч.-практ. конф. (Белгород, 2-5 октяб. 2006). – Белгород : Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2006. – С. 119 – 120.
57. Маркина Т. Ю. Оптимизация структурных параметров искусственных популяций насекомых и их гомеостаз / Маркина Т. Ю. // «Екологія: наука, освіта, природоохоронна діяльність : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. – К. : Наук. світ, 2007. – С. 45 – 46.
58. Маркина Т. Ю. Структурированность параметров искусственных популяций насекомых как основа их функциональной устойчивости / Т. Ю. Маркина // VII з'їзду УЄТ (Ніжин, 14-18 серп. 2007) : Тези доповідей. – Ніжин, 2007. – С. 83.
59. Маркина Т. Ю. Динамика структурных параметров искусственных популяций насекомых / Т. Ю. Маркина, А. З. Злотин // Проблемы и перспективы общей энтомологии : тезисы докладов XIII съезда Русского энтомологического общества, (Краснодар, 9-15 сентяб. 2007 г.). – Краснодар, 2007. – С. 216 – 217.
60. Маркина Т. Ю. Устойчивость и саморегуляция искусственных популяций насекомых / Т. Ю. Маркина // Живые объекты в условиях антропогенного пресса : материалы X Междунар. науч.-практ. эколог. конф. (Белгород, 15-18 сентяб. 2008 г.). – Белгород : ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2008. – С. 123 – 124.
61. Маркіна Т. Ю. Новий метод прогнозування життєздатності непарного шовкопряда (*Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantridae) // «Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства» : зб. тез міжвуз. наук. конф. (Умань, 23-24 квіт. 2009 р.). – Умань. – 2009. – С. 14 – 16.
62. Маркина Т. Ю.. Тутовый шелкопряд как тест-объект для биоиндикации состояния окружающей среды / Т. Ю. Маркина О. З. Злотін // «Видовые популяции и сообщества в антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы его диагностики» (Белгород, 20-25 сентяб. 2010 г.) : мат-лы XI Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород : ИПЦ ПОЛИТЕРРА, 2010. – С. 7 – 8.
63. Маркина Т. Ю. Интенсивность таксисов как критерий жизнеспособности насекомых при культивировании / Маркина Т. Ю., Злотин А. З. // Материалы XIV съезда Русского энтомолог. общества, (Санкт-Петербург, 27 авгус. – 1 сентяб. 2012 г.). – С.-Пб., 2012. – С. 272.
64. Маркина Т. Ю. О существовании зависимости между уровнем загрязнения экосистем и жизнеспособностью популяций насекомых / Т. Ю. Маркина, А. З. Злотин // VIII з'їзд ГО «Українське ентомологічне товариство», (26-30 серп., 2013 р.) : зб. тез. – Київ. – 2013. – С. 94.
65. Маркина Т. Ю. Прогнозирование жизнеспособности популяций насекомых на примере тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L. (Lepidoptera:

Bombycidae)) / Т. Ю. Маркіна, А. З. Злотин // Досягнення і перспективи ентомологічних досліджень : м-ли міжнар наук.-практ. конф., присвяченої 70-річчю з дня заснування кафедри ентомології ім. проф. М. П. Дядечка (20-23 трав. 2014 р.). – К.: НУБіП України, 2014. – С. 79 – 80.

66. Маркіна Т. Ю. Популяционные подходы к управлению культурами насекомых при разведении в лабораторных условиях / Маркіна Т. Ю. // Современные проблемы энтомологии Восточной Европы : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 8-10 сентяб. 2015 г.). – Минск : «Экоперспектива», 2015. – С. 193 –194.

Патенти України:

1. Деклараційний патент України на винахід № 35829 А. Премікс для шовковичного шовкопряда / Кандиба В. М., Маркіна Т. Ю., Головка В. О., Злотін О. З. ; заявник і патентовласник Інститут тваринництва Української академії аграрних наук. – № 98126425 ; заявл. 04.12.1998 ; опубл. 16.04.2001, Бюл. № 3.
2. Деклараційний патент України на винахід № 41106 А. Спосіб вигодовування дубового шовкопряда / Литвин В.М., Кандиба В.М., Головка В.О., Шаламова О. О., Маркіна Т. Ю. ; заявник і патентовласник Інститут тваринництва Української академії наук. – № 2001020931 ; заявл. 12.02.2001 ; опублік. 15.08.2001, Бюл. № 7.
3. Патент України на корисну модель № 33370 Спосіб підвищення продуктивності шовковичного шовкопряда / Ісіченко Н. В., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю.; заявник і патентовласник Ісіченко Н. В., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю. – № u 2007 14801; заявл. 26.12.2007; опублік. 25.06.2008, Бюл. № 12.
4. Патент України на корисну модель № 32246 Спосіб підвищення життєздатності та продуктивності шовковичного шовкопряда / Маркіна Т. Ю., Ісіченко Н. В., Злотін О.З., Дехтярьова О.О. ; заявник і патентовласник Маркіна Т. Ю., Ісіченко Н. В., Злотін О. З., Дехтярьова О. О. – № u 2007 14789; заявл. 26.12.2007; опублік. 12.05. 2008, Бюл. № 9.
5. Патент України на корисну модель № 31432. Спосіб біоіндикації забруднення середовища інсектицидами / Злотін О. З., Беспалова С. В., Егорова О. А., Маркіна Т. Ю., МаслодUTOва К. М. ; заявник і патентовласник Донецький Національний університет. – № u 2007 13211; заявл. 27.11.2007; опублік. 10.04.2008, Бюл. № 7.
6. Патент України на корисну модель № 31429. Спосіб біологічної оцінки забруднення води солями важких металів / Злотін О.З., Беспалова С.В., Егорова О. А., Маркіна Т. Ю., Пальчик О. О., МаслодUTOва К. М. ; заявник і патентовласник Донецький Національний університет. – № u 2007 13166; заявл. 27.11.2007 ; опублік. 10.04.2008, Бюл. № 7.
7. Патент України на корисну модель № 39129. Спосіб визначення життєздатності комах / Маркіна Т. Ю., Злотін О. З. ; заявник і патентовласник ХНПУ імені Г.С. Сковороди. – № u 2008 09514 ; заявл.

- 21.07.2008 ; опублік. 10.02.2009, Бюл. № 3.
8. Патент України на корисну модель № 42100. Спосіб біологічної оцінки забруднення ґрунтів солями важких металів / Злотін О. З., Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю., Єсіпов Б. А., Маслодудова К. М. ; заявник і патентовласник Донецький національний університет. – № u 2009 00008; заявл. 05.01.2009 ; опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12.
 9. Патент України на корисну модель № 51360. Спосіб біоіндикації стану технічного забруднення середовища / Злотін О. З., Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю., Маслодудова К. М. ; заявник і патентовласник Донецький національний університет. – № u 2010 01183 ; заявл. 05.02.2010 ; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.
 10. Патент України на корисну модель № 60667. Спосіб визначення граничних меж чутливості біоіндикатора до дії стресорів / Злотін О. З., Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю., Ісіченко Н. В., Маслодудова К. М. ; заявник і патентовласник Донецький Національний університет. – № u 201014425 ; заявл. 02.12.2010 ; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
 11. Патент України на корисну модель № 64760. Спосіб визначення гетерозиготності популяцій комах / Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Ісіченко Н. В. ; заявник і патентовласник ХНПУ імені Г. С. Сковороди. – № u 2009 02292 ; заявл. 16.03.2009 ; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 22.
 12. Патент України на корисну модель № 76389. Спосіб визначення граничних меж чутливості біоіндикатора до дії стресорів / Злотін О. З., Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю., Маслодудова К. М. ; заявник і патентовласник Донецький Національний університет. – № u 2012 03271 ; заявл. 20.03.2012 ; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
 13. Патент України на корисну модель № 82864. Спосіб біоіндикації стану техногенного забруднення середовища / Злотін О. З., Маркіна Т. Ю.; заявник і патентовласник ХНПУ імені Г. С. Сковороди. – № a 2012 14017 ; заявл. 10.12.2012 ; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16.
 14. Патент України на корисну модель № 85691. Спосіб добору найбільш чутливих до дії стресорів ліній комах-біоіндикаторів / Злотін О. З., Беспалова С. В., Горецький О. С., Маркіна Т. Ю., Маслодудова К. М. ; заявник і патентовласник Донецький Національний університет. – № u 2013 07313 ; заявл. 10.06.2013 ; опублік. 25.11.2013, Бюл. № 22.
 15. Патент України на корисну модель № 91433. Спосіб прогнозування життєздатності популяції комах / Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Ісіченко Н. В. ; заявник і патентовласник ХНПУ імені Г. С. Сковороди. – № u 2013 13695 ; заявл. 25.11.2013 ; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13.
 16. Патент України на корисну модель № 89211. Нове застосування способу визначення життєздатності комах / Злотін О. З., Маркіна Т. Ю.; заявник і патентовласник ХНПУ імені Г. С. Сковороди. – № u 2013 13689 ; заявл. 25.11.2013 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

АНОТАЦІЯ

Маркіна Т.Ю. Теоретичні основи підтримання гомеостазу штучних популяцій комах і способи управління їх станом. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.16. – екологія. – Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара. – Дніпропетровськ, 2016.

Наведено результати багаторічних комплексних досліджень щодо прояву гомеостатичних властивостей у штучних популяціях комах при тривалому культивуванні на прикладі шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L.), непарного шовкопряда (*Lymantria dispar* L.) та зернової молі (*Sitotroga cerealella* Oliv.). Встановлено, що штучні популяції зберігають різноякісність за основними структурними параметрами і демонструють прояв механізмів самозбереження під тиском відбору та стрес-факторів.

Експериментально обґрунтовано правило прямої залежності інтенсивності прояву таксисів комах від їх життєздатності і запропоновано новий підхід до контролю якості культур комах під час реалізації програм технічної ентомології.

Розроблено методи оптимізації штучних популяцій з урахуванням механізмів підтримання популяційного гомеостазу за рахунок регулювання параметрів просторової, вікової, статевої, екологічної та генетичної структур культур комах, що дозволяють збільшити життєздатність та продуктивність біоматеріалу.

Запропоновано у дослідженнях з біоіндикації довкілля використовувати гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда як універсальний тест-об'єкт для визначення наявності інсектицидів, а також солей важких металів у ґрунті й воді. Розроблено способи оптимізації умов розведення рідкісних і зникаючих видів комах, що дають змогу отримувати максимальну кількість біоматеріалу для вирішення природоохоронних завдань.

Ключові слова: популяційний гомеостаз, штучні популяції комах, структура популяцій, саморегуляція, способи оптимізації, життєздатність, таксиси, управління.

АННОТАЦИЯ

Маркина Т.Ю. Теоретические основы поддержания гомеостаза искусственных популяций насекомых и способы управления их состоянием. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.00.16. – экология. – Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара. – Днепропетровск, 2016.

Приведены результаты многолетних комплексных исследований по изучению гомеостатических свойств искусственных популяций насекомых, проявляющихся при длительном культивировании на примере тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.), непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) и зерновой моли (*Sitotroga cerealella* Oliv.). Установлено, что искусственные популяции сохраняют разнокачественность по основным структурным

параметрам и демонстрируют проявление механизмов самосохранения под давлением отбора и стресс-факторов. Оптимизация пространственной, половой, возрастной и экологической структуры приводят к изменению структурных параметров. Возврат к оптимальным для популяции значениям происходит за счет различий в репродуктивных стратегиях реализации жизненных программ на видовом и внутривидовом уровнях.

Установлена роль хеморецепции в поддержании стабильности пространственно-экологической структуры искусственных популяций насекомых. Показана адаптивная стратегия популяции в сохранении разнокачественности по показателю интенсивности проявления таксисов. Особи, реагирующие на нетипичные кормовые раздражители, имеют низкую жизнеспособность, но высокую плодовитость.

Установлена ведущая роль показателя жизнеспособности популяции в поддержании ее устойчивого функционирования. Впервые экспериментально доказано, что уровень жизнеспособности определяет интенсивность проявления таксисов насекомых. На этом основании предложено правило прямой зависимости интенсивности проявления таксисов насекомых от их жизнеспособности и предложен новый подход к контролю качества культур насекомых при реализации программ технической энтомологии.

Показана возможность использования установленной зависимости при:

- выборе наиболее перспективных пород для промышленного производства тутового шелкопряда;
- отборе исходного биоматериала для закладки культур насекомых;
- определении жизнеспособности непарного шелкопряда для проведения прогноза динамики численности вредителя.

Разработаны методы оптимизации искусственных популяций с учетом механизмов поддержания популяционного гомеостаза, за счет регулирования параметров пространственной, возрастной, половой, экологической и генетической структур культур насекомых, позволяющие увеличить жизнеспособность и продуктивность биоматериала. Проанализировано и экспериментально апробировано 13 способов оптимизации, позволяющих повысить биологические и хозяйственно ценные показатели культур насекомых.

Предложено в исследованиях по биоиндикации окружающей среды, использовать гусениц-мурашек тутового шелкопряда как универсальный тест-объект для определения наличия инсектицидов, а также солей тяжелых металлов в почве и воде. Экспериментально установлена обратная зависимость между уровнем загрязнения биоценозов и жизнеспособностью популяций насекомых. Степень загрязнения среды можно определять по уровню гибели гусениц. Предложено считать, что гибель от 30 до 50 % особей тест-объекта соответствует субнормальному уровню загрязнения биоценоза. Гибель 70 % особей свидетельствует о неблагоприятном уровне загрязнения окружающей среды. Гибель всех особей в младших (I–III) возрастах, указывает на крайне неблагоприятный уровень загрязнения.

Установлено достоверное снижение интенсивности секс-таксиса у самцов

тутового и непарного шелкопряда по мере загрязнения биоценозов. Отмечено изменение интенсивности трофотаксиса у потомства особей, выкармливаемых листом растений, выросших на территориях, характеризующихся разным уровнем загрязнения.

Разработаны способы оптимизации условий при разведении редких и исчезающих видов насекомых, позволяющие получать максимальное количество биоматериала для решения природоохранных задач.

Ключевые слова: популяционный гомеостаз, искусственные популяции насекомых, структура популяций, саморегуляция, способы оптимизации, жизнеспособность, таксисы, управление.

SUMMARY

Markina T. Yu. Theoretical basis of homeostasis maintenance in artificial insect populations and control their condition. – Manuscript. Dissertation for a degree of Doctor of Biological Sciences by speciality 03.00.16. – Ecology. – Oles' Gonchar Dnipropetrovsk National University. – Dnipropetrovsk, 2016.

The results of long-term comprehensive research of homeostatic properties manifestation in artificial insect populations at prolonged cultivation on examples of silkworm (*Bombyx mori* L.), gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) and grain moth (*Sitotroga cerealella* Oliv.) are presented.

It was found, that artificial populations keep the diversity by the main structural parameters and manifest the expression of mechanisms for self-preservation under selection and stress factors pressure.

The Rule of dependence of taxes manifestation on insect populations' viability was experimentally proved and new approach to their quality control at implementation of technical entomology programs was developed.

The methods of optimization of artificial insect populations have been developed based on mechanisms of homeostasis maintenance through regulation of parameters of spatial, age, sexual, ecological and genetic structure of these populations. These methods give the possibility to increase viability and productivity of biomaterial.

The use of neonate caterpillars of silkworm in bioindication was recommended as universal test object to detect insecticides and salts of heavy metals in soil and water. Optimization methods for rearing of rare and endangered insect species have been developed, which gives the possibility to obtain maximal amount of biomaterial for solving environmental problems.

Key words: population homeostasis, artificial insect populations, population structure, self-regulation, optimization methods, viability, taxis, control quality.

Підп. до друку 28.04.2016. Формат 60×84 1/16 Спосіб друку – ризографія.
Умов. друк. арк. 2,79. Тираж 100 прим.
Зам. 1/28 від 28.04.2016р. Ціна договірна.

Віддруковано в типографії ФОП Андреев К.В.
61166, Харків, вул. Серпова, 4
Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія В00 № 966085 від 30.05.2003 р.