



УДК 595.792:631.544:634

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ КУЛЬТУР ВИДІВ РОДУ *Trichogramma* (*hymenoptera: parasitica*) (стан питання)

М.О.Кочерга, кандидат сільськогосподарських наук
В.Ф. Дрозда, доктор сільськогосподарських наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Пропонується огляд сучасного стану використання одного з основних засобів біологічного захисту рослин – паразита яєць трихограми. Наводиться порівняльна характеристика країн за тестовими критеріями, що формують господарську ефективність використання трихограми за різних умов забезпеченості інтелектуальним науково-технічним потенціалом.

Прийняття Україною світових стандартів якості життя в значній мірі залежить від відповідальної політики забезпечення населення харчовими продуктами високої якості. Перш за все зміни повинні відбутися в існуючих аграрних технологіях, які передбачають досить інтенсивне використання в якості засобів захисту рослин великого асортименту хімічних пестицидів – 350 найменувань. Враховуючи те, що галузь захисту рослин у сучасних аграрних технологіях визначає валовий врожай, очевидною є проблема зниження пестицидного пресу шляхом використання альтернативних технологій.

Відомо, що основним засобом біологічного захисту рослин від негативної діяльності лускокрилих фітофагів є паразити яєць – види роду трихограма *Trichogramma*, частка яких у загальному фонді біологічних засобів перевищує 80 %. Дослідження з проблем трихограми протягом багатьох років проводяться, окрім

України, ще у 100 країнах світу. Згідно з останніми дослідженнями рід *Trichogramma* у світовій фауні включає 143 валідних назви [1]. За останні 15 років проведено три світових форуми, де обговорювались проблеми вивчення, вирощування та застосування трихограми. В Україні зареєстровано 11 видів роду *Trichogramma*, представлених виключно паразитами яєць комах [2]. У комплексі з іншими природними популяціями ентомофагів вони, як консументи 2-го рівня, досить ефективно контролюють чисельність багатьох домінуючих фітофагів агроценозів та лісопаркових насаджень.

Практичні результати, отримані в Україні, Франції, Швейцарії, Німеччині, Китаї показали високий рівень ефективності трихограми в технологіях захисту різних сортів кукурудзи від стеблового метелика *Ostrinia nubilalis* Hbn. та бавовникової совки *Helicoverpa armigera* Hb. Фактично єдиним ефективним засобом захисту то-



матів від помідорної совки (карадрина) *Laphygma exigua* Нб., а також соняшнику, цукрових буряків, зернових та плодово-ягідних культур від комплексу листогризучих та підгризаючих совок, лучного метелика *Loxostege sticticalis* L., вогнівок, плодожерок та листокруток є використання трихограми. У багатьох країнах світу створено широку сітку спеціалізованих біолабораторій та біофабрик з вирощування цього паразита у промислових масштабах. Наразі в нашій країні функціонують понад 70 приватних та державних біолабораторій. Україна перебуває у групі країн – світових лідерів не тільки за об'ємами валового виробництва трихограми, а й за часткою використання її в технологіях захисту рослин. Для потреб біометоду в країні на комерційній основі освоєно виробництво таких видів, як *Trichogramma evanescens* Westw., *Trichogramma pintoi* Voegelé., *Trichogramma dendrolimi* Mats. Розселення паразита проводиться як у вигляді окремого технологічного прийому, так і у комплексі з іншими засобами захисту. Крім того, в останні роки спостерігається зростання попиту на лабораторну культуру трихограми в господарствах, що займаються органічним землеробством.

Однак існуючі технології масового промислового вирощування трихограми досить архаїчні, працюють на морально застарілому обладнанні, а наукове забезпечення галузі здійснюється за технологіями, які забезпечують отримання тільки валової продукції. Раніше вважалося, що достатньо отримати необхідну кількість біоматеріалу, витримати вимоги рекомендацій стосовно строків, норм та кратностей розселення і можна розраховувати на зараження яєць лускокрилих шкідників в межах 60–90 % [3,4].

Подальші дослідження вітчизняних [5–8] та закордонних фахівців [9–11] показали всю складність проблеми, пов'язаної, перш за все, з наслідками

тривалого розведення паразита в штучних умовах, які нівелювали її природний конкурентний потенціал. Таким чином, спостерігалась своєрідна наукова та виробнича криза ефективності використання лабораторних культур трихограми для біологічного захисту рослин.

У зв'язку з цим було запропоновано ряд оригінальних технологічних прийомів, спрямованих на підвищення загального рівня життєздатності, а отже, ефективності та конкурентоспроможності лабораторних культур паразита серед природних популяцій в агроценозах. Це були прийоми так званого оздоровлення культури шляхом періодичного пасажу трихограми в лабораторних умовах через яйця совок та вдосконалення вуглеводневого підживлення імаго, що лише частково вирішувало проблему ефективності паразита.

Критичний аналіз використання трихограми в нових умовах господарювання, коли одним з визначальних факторів є економічна доцільність її застосування, змусило провести глибокий аналіз життєвої стратегії трихограми, дослідити її визначальні фізіологічні характеристики, а відтак і генетичну структуру, норму реакції та природні адаптивні функції. Обґрунтування оригінальної концепції комплексної фізіологічної та господарської оцінки ефективності культури в цілому ґрунтується на дослідженнях таких фізіологічних функцій, як репродуктивна стратегія самиць, характер та специфіка проовігенного овогенезу, мотиваційна поведінка самиць, характер та склад вуглеводневої та білкової дієти для імаго, рівень життєздатності та репродуктивну активність самців [12–13]. Сполучення таких факторів у єдиному технологічному процесі є вирішальною умовою для отримання високожиттєздатних лабораторних культур з визначальними господарськими харак-



теристиками, які, в свою чергу, залежать від тривалості життя самиць, тривалості періоду овогенезу, його функціонування в циклічному режимі впродовж практично всього терміну життя. Тільки на такій основі, на наш погляд, вирішується проблема доцільності подальших наукових та практичних робіт з масового вирощування та використання трихограми.

Проведені авторами дослідження дозволили визначити життєву стратегію трихограми згідно оригінальної класифікації на вісі n К-континууму [14,15]. Такі характеристики необхідні для визначення характеру освоєння трихограмою екологічних ніш, трофічної та репродуктивної стратегії паразита, що опосередковано свідчить про їх конкурентоспроможність в конкретних агроценозах або екосистемах. Проведений нами аналіз на основі оцінки 8–10 предикторами, однозначно кваліфікує трихограму, як типового r -стратега з усіма біологічними та господарськими характеристиками для виду. Це означає, що самицям трихограми не властивий спрямований пошук яєць комах за низькою руховою активністю імаго, незначної (4–6 діб) тривалості життя і короткого періоду продуктивності овогенезу, який в агроценозі обмежується 1–3 днями. Отже, як консумент 2-го рівня, трихограма виконує тільки модифікуючу роль у популяціях переважно лускокрилих фітофагів. Це означає, що дія трихограми, як одного з механізмів негативного зворотного зв'язку, зводиться майже до нуля.

Найбільш вираженою характеристикою трихограми або своєрідним її паспортом, як агента біологічного контролю, є будова і функція гонад. У даному випадку — це типовий представник проовігенної репродуктивної стратегії, а, отже, додаткове живлення імаго майже не впливає на загальний фонд реальної плодючості самиць. Останні відроджуються з повністю

сформованими статевими структурами гермарія, вітеллярія, оваріол і додаткове вуглеводневе живлення лише сприяє формуванню незначної кількості яєць у вітеллярії, тобто овогенез є лінійним.

Враховуючи викладене, впродовж останніх років авторами проводились спрямовані дослідження з пошуку різноманітних біотехнологічних прийомів індукції процесу овогенезу в паразита і можливості його часткового переведу в циклічний режим. Для цього імаго пропонували оригінальну дієту в складі специфічних морфологічно-активних речовин на основі нативних та модифікованих РНК і ДНК, виділених з молок лосося [16]. Крім того, у складі композицій була білкова компонента у вигляді пилку різноманітних медоносних рослин, гемолімфи гусениць старших віків совок та дубового шовкопряда *Antheraea pernyi* G.-M. Також, в якості комах-господаря використовували грену дубового та тутового шовкопряда *Bombyx mori* L. та яйця стандартної лабораторної культури воскової вогнівки *Galleria melonella* L. з високим вмістом лізоциму — фактора специфічного імунітету. Серія лабораторних експериментів показала, що комплексна, спрямована дія на лабораторні культури трихограми, формувала умови, котрі визначаються як мотиваційний фактор самиць трихограми. Отже, після відродження самиці споживають специфічну дієту, спаровуються, знову харчуються і тільки після цього набувають виражених ознак рухової активності та пошукової здатності. Встановлено, що тривалість життя таких самиць становить 7–11 днів, до того ж репродуктивна функція та здатність до зараження яєць господарів зберігалась майже весь термін їх життя.

Автори [17] вперше обґрунтували біологічну залежність темпів паразитування яєць фітофагів та їх загальної ефективності від такого біологічного показника, як функціональна активність са-



миць трихограми відносно чисельності яєць фітофагів та запропонували оригінальне технічне рішення, що передбачає індукцію функціональної реакції трихограми на комаху-господаря.

Для оцінки рівня життєздатності лабораторних культур трихограми, її конкурентоспроможності в агроценозах, інтенсивності освоєння екологічних ніш, здатності конкурувати за статевих партнерів з природними популяціями, їх руховою активністю та пошуковою здатністю, використовували як стандартні показники якості, так і оригінальні біофізіологічні та технологічні характеристики. Зокрема, вперше в якості визначального критерію оцінки життєздатності трихограми враховували: морфологічні та функціональні характеристики гонад самиць трихограми; лінійні розміри та інтенсивність утворення оогоніїв і ооцитів; продукцію гермарію і вітеллярію; лінійні розміри трофамніону і ооцитів [18,19]. Такі оціночні предиктори є основою експрес-методу мотиваційної активності самиць трихограми, що є важливим показником для прогнозу її ефективності в агроценозах. У підсумку це дозволяє корегувати як норму розселення, так і кратність.

Заслугове увагу й спрямована селекція на основі відбору дочірніх поколінь з високою руховою активністю, вираженим репродуктивним потенціалом і конкурентоспроможністю. Такі популяції трихограми перспективні для контролю чисельності фітофагів плодово-ягідних культур – листокруток карпофагів (плодожерки) і філлофагів та смородинової, малинової і яблуневої склівок.

Вирішення проблеми контролю чисельності цієї групи фітофагів, особливо склівок ще тривають. В той же час встановлено визначальні критерії використання трихограми в технологіях захисту зерняткових садів для контролю карпофагів за помірної їх чисельності.

Експертну оцінку існуючих технологій масового вирощування трихограми у країнах-лідерах з біологічного захисту рослин проведено авторами на основі оцінки першоджерел та власних оригінальних досліджень, оформлених авторськими свідоцтвами СРСР, патентів Росії та України (№22641, №22899, № 22644, №23973, №25137, №40756, №40758, №40803, №40371). Вона дозволила сформулювати своєрідні тестові характеристики технологій з врахуванням новітніх досягнень щодо масового вирощування комах, технічного лабораторного оснащення, санітарно-профілактичних заходів, елементів, спрямованих на отримання високожиттєздатних популяцій.

Оцінювались промислові технології розведення лабораторних культур трихограми у 5 країнах світу, де культура трихограми має багаторічні традиції, а її використання супроводжується високим біологічним та господарським ефектом (таблиця).

У ряді країн тривають дослідження з розведення трихограми, де в якості альтернативних господарів використовуються млинова та воскова вогнівки. В Україні вперше показано можливість розведення трихограми в яйцях вітчизняної моновольтинної породи дубового шовкопряда Поліській тассар (автор породи – М.М. Синицький). Яйця дубового шовкопряда використовуються для підтримки маточної культури, оздоровлення трихограми і як один із суттєвих елементів її спрямованої селекції (автор ідеї – В.Ф. Дрозда). Технологія вирощування трихограми в яйцях дубового шовкопряда широко використовується також у Китаї.

Вперше механізовану лінію з розведення трихограми було запропоновано у Всесоюзному інституті захисту рослин (Росія) і вона стала загальносвітовим зразком для масового вирощування паразита.

Новітні технології, розроблені у

Таблиця. Рейтингова оцінка країн щодо використання трихограми в технологіях захисту кукурудзи. Експертний аналіз вітчизняних та кращих закордонних аналогів*

Тестові критерії	Альтернативні технології				Молдова
	Оригінальний інтелект-продукт, НУБІПУ	Росія	Китай	Франція	
Елементи високих технологій	Спрямована дія на організм комах. Дієта для їматю на основі РНК, ДНК та нативні білкові компоненти	Традиційний пасаж через яйця совок, вирощування за змінних температур	Науковий пошук і апробація прийомів підвищення життєздатності комах	Апробовані елементи розведення на ШЖС** Загальноприйнятні методи оздоровлення культури	Традиційні технології з пасажем через яйця совок, вуглеводне підживлення
Технологічність розселення в агроценозах	Висока, безпілотний літальний апарат R-100, наповнювачі для розселення біоматеріалу	Спрійнятлива, авіаційне та механічне розселення	Спрійнятлива, авіаційне та механічне розселення	Спрійнятлива, авіаційне розселення, безпілотні літальні апарати	Низька, механічні пристосування, ручне розселення
Маркетингове забезпечення	Інтенсивне освоєння ринку, активна реклама, продаж технологій та біоматеріалу	Інтенсивне освоєння ринку, активна реклама, продаж технологій та біоматеріалу	Частково розроблено з характерною специфікою для країни	Спрійнятливі рішення забезпечення	У стадії розробки
Оціночна вартість технологій***USD / га	31,6	38,7	27,5	49,4	25,8
Ступінь інтелектуального захисту	Висока, згідно європейських стандартів. Масив (понад 40 А.С. СРСР, патентів України та Росії)	Достатньо висока, з акцентом на використання трихограм в агроценозах	Незначна, технології висвітлюються у відкритих публікаціях	Елементи НОУ-ХАУ мають відповідний захист	Незначна, технології висвітлюються у відкритих публікаціях
Рівень екологічної безпеки	Високий. Паразитовано яєць фітофагів: технічні культури 75-85%, зернові 65-80%, соняшник та кукурудза 75-85%	Забезпечується. Частково пов'язано з ризиком. Паразитовано яєць фітофагів: кукурудза 55-85%	Частково забезпечується. Пов'язано з ризиком. Паразитовано яєць фітофагів: кукурудза 60-80%	Високий. Паразитовано яєць фітофагів: кукурудза 75-90%, інші культури - 55-75%	Частково забезпечується. Пов'язано з ризиком. Паразитовано яєць фітофагів: виноград 65-75%, кукурудза 70-80%
Господарська ефективність	Отримано програмований урожай з довготривалим біоенотичним результованням	Отримується програмований урожай з використанням біологічних технологій захисту	Забезпечується захист урожаю з значною часткою ручної праці	Отримується урожай згідно європейських стандартів до якості продукції	Технології забезпечують гарантований захист культур від лускокрилих фітофагів на рівні хімічних технологій

Примітки: *автори – Дрозда В.Ф., Кочерга М.О.,

** ШЖС – штучне живильне середовище;

*** при розрахунку оціночної вартості технології враховуються вартість процесу розведення і розселення та вартість біоматеріалу.



Франції (INRA) показали принципову можливість вирощування трихограми з використанням штучного живильного середовища (ШЖС). Проте через надмірну вартість вони поки що не знайшли широкого розповсюдження.

Багаторічними зусиллями радянських фахівців, зокрема дослідженнями у Всесоюзному інституті біологічних засобів рослин (Молдова) було створено визначальні критерії лабораторного вирощування трихограми і запропоновано узагальнений критерій якості біоматеріалу [5]. Ці дослідження були основою використання паразита на площі понад 30 млн га щорічно. Значний внесок у вирішення проблеми видової ідентифікації трихограми внесли О.П. Сорокіна та Є.С. Сугоняєв [1]. В Україні такі дослідження проводились в Інституті зоології НАН України В.М. Фурсовим та М.Д. Зервою [2,3].

Дослідженнями вирішено таку важливу складову використання трихограми, як розселення висококонкурентних лабораторних культур в агроценози кукурудзи за допомогою вітчизняного мобільного, безпілотного літального апарату "R-100" [20], який забезпечує оптимальний рівень покриття рослин біоматеріалом, у т. ч. з урахуванням осередків масового поширення фітофагів. Використання такого літака практично виключає різноманітні стресові ситуації і не потребує дозволу міністерств на польоти. Упродовж останніх 10 років компанія Ю-Авіа сумісно з УЛЯБП проводить захист технічних, зернових культур, соянишнику та кукурудзи на сотнях тисяч га (Київська, Черкаська, Полтавська, Він-

ницька області) з відповідним науковим супроводом, феромоніторингом домінуючих фітофагів та зі значним економічним ефектом. Авіаційне розселення трихограми проводиться в яйцях її лабораторного господаря – зернової молі. В Україні тривають також дослідження щодо вдосконалення апаратури із розселення інших лабораторних культур ентомофагів у т. ч. хижаків.

Необхідно констатувати, що на загальному фоні високого рівня технології, слабкою ланкою є інженерне забезпечення біолабораторій засобами механізації та автоматизації, оскільки досі використовуються морально та фізично застарілі інженерні конструкції, які не відповідають сучасним вимогам і ускладнюють процес отримання високожиттєздатних популяцій зі значною їх кількістю.

Висновки

1. Враховуючи те, що із усього фонду засобів біологічного захисту в Україні понад 80% припадає на долю трихограми, наукові зусилля, спрямовані на вдосконалення існуючих технологій, цілком виправдані як з економічної, так і екологічної точок зору.

2. Україна є європейським лідером і за об'ємами використання трихограми, і за технологічними новаціями, у т. ч. тих, що відносяться до прецизійних технологій.

3. Україна може стати суб'єктом міжнародних ринкових відносин з продажу технологій використання трихограми в агроценозах, що забезпечить процес екологізації аграрної галузі в країні і є основною ланкою в реалізації програм органічного землеробства.

Література

1. Сорокіна А.П. Определитель видов рода *Trichogramma* Westw. (*Hymenoptera Trichogrammatidae*) мировой фауны. – М.: Колос. – 1993. – 75 с.
2. Зерова М.Д., Фурсов В.Н. Каталог видов рода *Trichogramma* (*Hymenoptera, Trichogrammatidae*) мировой фауны. – К.: ЗИН., 1989. – 52 с.



3. Теленга Н.А. Исследование *T. evanescens* Westw. и *T. pallida* Meyer (Hymenoptera, Trichogrammatidae) и их применение для борьбы с вредными насекомыми в СССР // Энтомологическое обозрение. — 1956. — **35**, №3. — С. 599–610.
4. Методическое руководство по выявлению, определению и изучению трихограммы / Под ред. В.А.Щепетильниковой. — М.: Изд-во ВАСХНИЛ. — 1979. — 58 с.
5. Гринберг Ш.М. Научные основы биотехнологии производства и применения трихограммы: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Л., 1991. — 56 с.
6. Показники якості трихограми / Шелестова В.С, Мельничук С.Д., Гончаренко О.І., Дрозда В.Ф. — К.: НАУ, 2004. — 59 с.
7. Дрозда В.Ф., Лесовой М.П. Энтомофаги как управляющий и управляемый фактор в агроценозе плодовых насаждений // Ecological problems of plant protection and contemporary agriculture. — The High Tatras, Stara Lesna, Slovakia, Bratislava, 1996. — P. 61–64.
8. Дрозда В.Ф., Шелестова В.С. Сучасний стан, перспективи дослідження та практика використання видів роду Трихограма (Hymenoptera, Trichogrammatidae) в Україні // Науковий вісник НАУ, 2002. — Вип. 58. — С. 54–64.
9. Benoit M. Choix de l'note et comportement trophique des larves de *Trichogramma evanescens* (Hym., Trichogrammatidae) en fonction du developpement embryonnaire de *Ephestia kuehniella* et *Ostrinia nubilalis* (Lep.Pyralidae) / Ibid., — 1979. — **24**, №2. — P. 199–207.
10. Voegele J., Pintureau B. Caracterisation morfologique des groups et especes du genre *Trichogramma* Westwood // Les Collog. L'Inra. — 1982. — №9. — P. 45–75.
11. Май Фу Кви., Заславский В.А. Фотопериодические и температурные реакции *Trichogramma euproctidis* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) // Зоол. Журнал. — 1983. — 62, №11. — С. 1676–1680.
12. Кочерга М.А. Дрозда В.Ф. Пути стабилизации продуктивности лабораторных популяций проовигенных энтомофагов // Мат. междунар. науч.-практ. конф. (Краснодар 23–25 сентября, 2008). — Краснодар, 2008. — С. 252–254.
13. Пат. 50539 Україна. Спосіб вирощування лабораторних культур видів роду *Trichogramma* / Дрозда В.Ф., Кочерга М.О.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України; заяв. 29.12.2009; опубл. 20.06.2010, Бюл. №11. — С. 1–8.
14. Пианка Э. Эволюционная экология. — М.: Мир, 1981. — 356 с.
15. Кочерга М.О., Дрозда В.Ф. Популяційна та фізіологічна характеристика ентомофагів як основа їх ефективності в агроценозах // Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье: Мат. X междунар. симпозиума (Симферополь, 2–9 сентября, 2001). — Симферополь, 2001. — С. 149–151.
16. Дрозда В.Ф. Використання нативних та модифікованих нуклеїнових кислот для підвищення продуктивності *Trichogramma embryophagum* Htg. // Захист і карантин рослин. — 2001. — Вип. 47. — С. 48–54.
17. Пат. №56061 Україна. Спосіб масового лабораторного розведення видів роду трихограма / Дрозда В.Ф. заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування; заяв. 11.06.2010, опубл. 27.12.2010, Бюл №24, С. 1–6.
18. Пат. 50356 Україна. Спосіб визначення якості лабораторних культур паразитичних перетинчастокрилих ентомофагів / Дрозда В.Ф., Кочерга М.О.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України; заяв. 15.10.2009; опубл. 10.06.2010, Бюл. №11. — С. 1–7.
19. Пат. №33722 Україна. Спосіб препарування гонад самиць перетинчастокрилих ентомофагів / Кочерга М.О.; заявник і патентовласник Національний аграрний університет; заяв. 23.07.2008; опубл. 25.12.2008, Бюл №18. — С. 1–6.
20. Дрозда В.Ф., Кочерга М.О., Рябов Ю.А. Оптимізація біологічного захисту кукурудзи від лускокрилих фітофагів // Біоресурси і природокористування. — 2012. — 4, №5–6. — С. 60–66.



АННОТАЦІЯ

Кочерга М.А., Дрозда В.Ф. Биотехнологические особенности выращивания и использования промышленных культур видов рода Trichogramma (Hymenoptera: Parasitica) //Биоресурсы и природопользование. – 2013. – 5, № 1–2. – С. 54–61.

Предлагается обзор современного состояния использования одного из основных методов биологической защиты растений – паразита яиц трихограммы. Приводится сравнительная характеристика стран по тестовым критериям, которые формируют хозяйственную эффективность использования трихограммы в различных условиях обеспечения интеллектуальным научно-техническим потенциалом.

SUMMARY

M. Kocherga, V. Drozda. Biotechnological features of production and use of industrial cultures of types of genus Trichogramma (Hymenoptera: Parasitica) //Biological Resources and Nature Management. – 2013. – 5, № 1–2. – P. 54–61.

One of the main methods of biological plant protection – trichogramma cells parasite has been presented. The comparative description of countries according to test criteria that form economic efficiency of trichogramma use under different conditions of intellectual, scientific and technical support has been given.