

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

УДК 631.147:632.937.3

ВИРОБНИЦТВО ЕНТОМОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ ТРИХОГРАМИ

***В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, доктори технічних наук
О.А. Марус, кандидат технічних наук***

Біотехнологічний процес виробництва ентомологічного препарату трихограми складається з операцій, що стосуються господаря трихограми: підготовка і зараження зерна; його зволоження та перемішування; завантаження в бокс; отримання метеликів і яєць зернової молі; очистка та зберігання яєць зернової молі; утилізація відходів виробництва та операцій, які виконують при розведенні самої трихограми: накатування яєць зернової молі; зараження їх трихограмою; збирання та очищення паразитованих яєць; визначення якісних показників препарату та його зберігання. Використання сучасних методів та методик визначення оптимальних конструкторсько-технологічних параметрів калібратора дозволить підвищити якісні показники ентомологічного препарату трихограми.

Біотехнологічний процес, ентомологічний препарат трихограми, яйця зернової молі, пневматичний калібратор.

Постановка проблеми. Використання хімічних препаратів проти шкідників сільськогосподарських культур призводить до негативних наслідків для навколишнього середовища, а відповідно і для людини.

Використання ентомологічних препаратів у захисті рослин, в тому числі трихограми, призведе до зменшення використання хімічних препаратів, що в свою чергу позитивно впливає на якість самої продукції та навколишнього середовища. Але якість та ефективність трихограми залежить від вчасного проведення оновлення культури, від застосування операції гетерозису, від необхідності введення культури в діапаузу, а також і від якості яєць зернової молі, а саме їх чистоти, кількості деформованих, а головне від їх крупності.

Розведення трихограми на крупних яйцях зернової молі дозволяє підтримати її якісні показники, а тому операція калібрування має бути невід'ємною частиною біотехнологічного

процесу виробництва препарату. Ця операція дозволяє також зменшити кількість пасажування трихограми на яйцях природних ентомофагів, яка є більш трудомісткою операцією.

Однією з причин часткової відмови від застосування препарату було те, що в біотехнологічному процесі виробництва трихограми недостатньо уваги приділялось процесу виробництва яєць зернової молі, якісні показники яких впливають на ентомологічний препарат.

Аналіз останніх досліджень. Одним з перших хто запропонував ідею використовувати паразитичні організми в боротьбі зі шкідливими комахами у 1879 р. був великий науковець Радянського Союзу І.І. Мечніков [1].

Масове застосування трихограми в боротьбі зі шкідниками с.-г. культур у бувшому Радянському союзу розпочали з 1933 р. [2, 3], а до цих років до біологічного захисту рослин відносились з недовірою. Трихограма – це дрібні комахи завдовжки 0,4-0,9 мм, бурого, жовтого, або чорного кольору, з червоними очима, однаковою будовою тіла у різних видів, являється комахою паразитом, оскільки живе за рахунок яєць господаря. Але природної популяції трихограми не вистачає для боротьби зі шкідниками, так як фази її розвитку не співпадають із масовим льотом шкідника [4, 5, 6], яйцеїд з'являється весною за місяць до яйцекладки основних господарів [7], і тому трихограма, що відродилась раніше не знаходячи яйця шкідника гине так і не використавши свій природній потенціал продовження та розмноження популяції, або знаходять яйця додаткові, зазвичай мало поширеного господаря.

У 70-х роках минулого сторіччя біологічний захист на основі розведення трихограми набуває значних масштабів, ставляться задачі, щодо підвищення об'ємів виробництва трихограми. Так, у 1972 р. трихограми було випущено на 4 млн. га сільськогосподарських площ України [8].

Також проводились дослідження по визначенню впливу хімічних препаратів до стійкості ентомофагів [9, 10, 11] з метою їх поєднання в захисних діях проти шкідників, при цьому вивчались різні фази розвитку ентомофага при яких він найбільш стійкий до хімічних уражень [12, 13, 14], а також вивчали вплив хімічних препаратів на тривалість життя та плідність самиць. Проводили вивчення динаміки росту чисельності ентомофагів з урахуванням зменшення кількості хімічних обробок та об'ємів їх використання [15, 16].

При використанні трихограми разом з хімічними засобами було встановлено, що необхідно вилучати інсектициди широкого спектру дії, з високою токсичністю, надаючи перевагу селективним або з низькою персистентністю з'єднання. Хімічні обробки мають проводитись не раніше 3-4 діб після випуску трихограми. Випуски

трихограми після проведення хімічних обробок менш ефективні. При цьому повинні обов'язково враховувати тривалість токсичної дії пестицидів. Але значна кількість наукових праць звертає увагу саме на пагубну дію отрутохімікатів на ентомологічні препарати, не виключенням є і трихограма [17, 18, 19, 20], при чому спостерігалось збільшення негативного впливу хімічних препаратів протягом знаходження трихограми в стадії лялечки та імаго [21].

Метою досліджень є розробка біотехнологічного процесу виробництва ентомологічного препарату трихограми та методики визначення оптимальних конструкційно-технологічних параметрів калібратора яєць зернової.

Результати досліджень. Процес виробництва трихограми складається з двох етапів: перший етап – виробництво яєць живителя трихограми (комірного шкідника – зернової молі). При маточному біотехнологічному виробництві трихограми використовують яйця природних фітофагів, а саме кукурудзяного стеблового метелика, ряду совок та ін., але проводити збір цих яєць протягом всього періоду культивування трихограми досить складно.

Біотехнологічне виробництво зернової молі складається з таких операцій: підготовка і зараження зерна; отримання метеликів і яєць зернової молі; очистка та калібрування яєць; оцінка якості та зберігання яєць зернової молі; утилізація відходів виробництва.

Для розведення зернової молі використовують високоякісний, очищений сортовий ячмінь, який включає в середньому 20-21 тис. шт. зерен в 1 кг [2].

На даному етапі сучасного виробництва трихограми для обеззараження та зволоження зерна використовують кондиціонер зерна (пропарювач) (рис. 1).

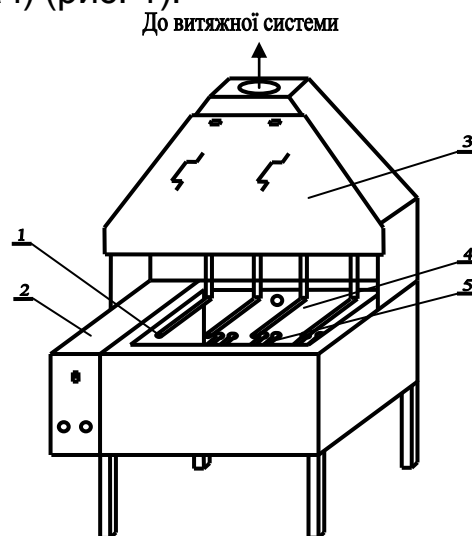


Рис. 1. Кондиціонер зерна: 1 – металеві стержні; 2 – блок керування з системою блокування; 3 – кришка; 4 – ванна; 5 – тени.

Кондиціонер зерна працює в півавтоматичному режимі. Дозволяє регулювати час обробки зерна і синхронізувати початок роботи циклу з встановленою температурою води. Існує система блокування кювети з зерном на занурення її у воду до досягнення заданої температури. Робота кондиціонера починається з заливання води у ванну, тільки після цього вмикають тенти і протягом 60 хв. вода нагрівається до температури 90 °С. Тільки після цього можна починати процес пропарювання: насипають зерно ячменю в кювету і встановлюють її на металеві стержні (для її підтримки), які самостійно опускають на заданий час і піднімають її назад.

Знезаражене зерно розсипають по кюветах шаром не більше 4 см і протягом 1-2 днів доводять до вологості 15-16 %, яку необхідно підтримувати протягом всього періоду розвитку зернової молі. Після знезараження вологість зерна як правило вище оптимальної, тому його періодично перемішують, а в приміщенні забезпечують постійну вентиляцію. Якщо вологість зерна нижче оптимальної, його додатково звожують.

Розсипане зерно по кюветах встановлюють на стелажі, призначені для розміщення касет із зерном, проведення операції зараження зерна зерновою міллю і її розвитку від стадії яйця до стадії предімагового віку.

Після 4-5 діб з початку зараження зерно ретельно перемішують, визначають його вологість і при необхідності доводять до заданої. Для контролю за розвитком ситотроги проводять аналіз зерна через кожних два тижні після проникнення в нього гусені. З цією метою відбирають три проби по 200 зернин, розрізають їх і підраховують кількість цілих зерен, а також з гусеницями і лялечками. Ступінь заселення визначають відношенням кількості зерен з гусеницями і лялечками ситотроги до загальної кількості зернин у кожній партії.

На початку льоту зернової молі зерно загрузають у бокс (рис. 2), який призначений для відтворення і збору імаго зернової молі. У боксі розміщені касети з зерном, закриті кришками на період виходу з зерна імаго зернової молі. Встановлені в боксі направляючі ролики полегшують загрузку і вигризку касет. Кут нахилу бокових поверхонь конфузора забезпечує гарному сходу метеликів у приймач. Пружинний пристрій в основі приймача забезпечує щільність прилягання приймаючої касети до вихідного отвору конфузора, а також полегшує встановлення і видалення касети. Зернову міль збирають один раз на добу. Для утримання і відкладання яєць зернову міль розміщують в спеціальні садки, де метеликів тримають протягом 5 діб, також для утримання використовують спеціальні садки, які мають вигляд сита.

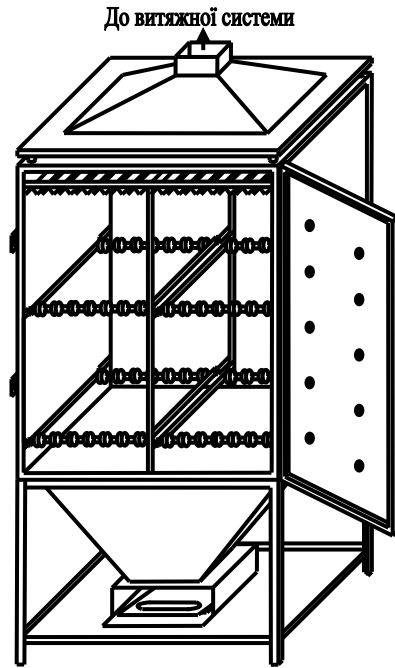


Рис. 2. Бокс ситотрожний.

Зібранні яйця очищають від різних домішок. Очищені яйця добового збору важать і розфасовують в паперові пакети, на яких обов'язково необхідно вказувати дату їх збору, щоб знати термін їх використання.

Для розділення навісок на фракції, а також для видалення домішок (пилу, крилець та ін.) з маси яєць зернової молі, що очищається використовують очисник яєць (рис. 3).

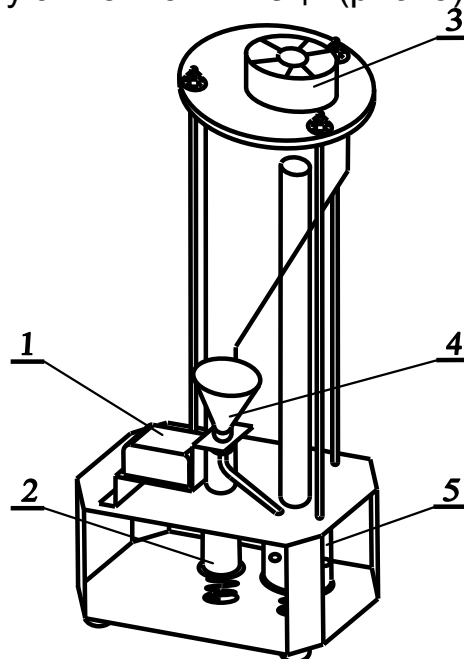


Рис. 3. Очисник яєць: 1 – вібраційний пристрій; 2 – контейнер збору домішок; 3 – вентилятор; 4 – бункер; 5 – контейнер збору яєць.

Отримані яйця зернової молі використовують для подальшого виробництва молі і розведення трихограми. В першому випадку використовують свіжевідкладені яйця зернової молі або яйця, що зберігались не більше від 3 до 4 діб при температурі від 1 до 3 °С і відносною вологістю повітря від 85 до 90 %. Зберігання проводять в холодильниках.

В біотехнологічний процес виробництва ентомологічного препарату трихограми був впроваджений калібратор яєць (рис. 4), який призначений для розподілу яєць зернової молі за розміром на три фракції та доочищення їх від пилу для підвищення якості напрацювання маточної та промислової культури трихограми.

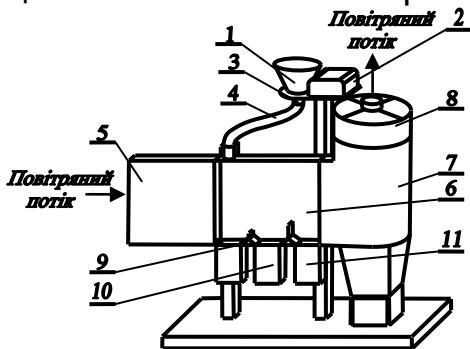


Рис. 4. Калібратор яєць зернової молі: 1 – бункер; 2 – вібраційний пристрій; 3 – дозатор; 4 – стабілізуючий патрубок; 5 – повітряний колектор; 6 – камера розділення; 7 – циклонний сепаратор; 8 – вентилятор витяжного типу; 9, 10, 11 – контейнери.

Другим етапом біотехнологічного виробництва трихограми є розведення самого препарату, який включає наступні операції: накатування яєць зернової молі; зараження їх трихограмою; збирання та очищення паразитованих яєць; визначення якісних показників препарату та його зберігання.

Для отримання паразитованих трихограмою яєць зернової молі з метою підвищення продуктивності праці за рахунок створення належних умов для паразитації яєць та здійснення технологічного процесу виробництва трихограми в біолабораторіях та біофабриках використовують віварій для трихограми (рис. 5).

Через 5-6 діб яйця зернової молі, що були паразитовані трихограмою, які змінили колір, зчищають зі стінок банок або віварію, пакують її у паперові пакети та відкладають на зберігання (до 30 діб) або використовують для біологічного захисту.

Внесення трихограми проводять різними способами: ручний, який є самим ефективним для невеликих ділянок, так як при цьому методі трихограма вноситься відродженою і вона одразу починає працювати, але цей спосіб втрачає свою актуальність при використанні на великих площах; механізований метод полягає у

застосуванні обпилювачів, які встановлюють на трактор, що прямує вздовж ділянки.

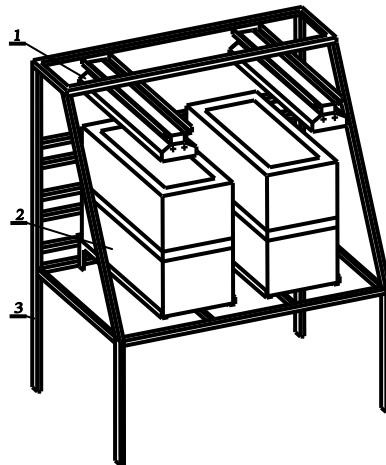


Рис. 5. Віварій: 1 – освітлювач; 2 – контейнер; 3 – рама.

На сьогодні цей метод майже не використовують, оскільки призводить до пошкодження ентомологічного матеріалу. Також до цього методу відноситься розселення трихограми в капсулах, за допомогою сільськогосподарської техніки але потребує додатних затрат на виробництво капсул та їх заправку препаратом. Найбільш розповсюджений в наш час є авіаційний спосіб внесення. На початку використовували літаки АН-2, а на даному етапі розвитку технологій біологічного захисту використовують безпілотні літальні апарати, електронна бортова система яких забезпечує керування літаком в автоматичному й радіокерованому режимах польоту. Для експлуатації безпілотних літальних апаратів не потрібно обладнаної злітно-посадкової смуги і місця для стоянки, що дає можливість використовувати його значно оперативніше й ефективніше, ніж інші засоби. Використання авіаційного внесення трихограми дозволяє в стислі строки обробляти великі площі, що дуже важливо при боротьбі зі шкідниками с/г культур.

При вдосконаленні біотехнологічного процесу виробництва ентомологічного препарату трихограми була вибрана операція калібрування яєць зернової молі, так як крупність яєць впливає на якісні показники трихограми.

Для визначення оптимальних конструкційних параметрів та режимів пневматичного калібрування яєць зернової молі використовували метод планування багатофакторних експериментів, з використанням трьохрівневої матриці оптимального плану Бокса-Бенкіна. Однорідність дисперсій отриманих результатів перевірялась за критерієм Кохрена при 95 % рівні довірчої ймовірності. Адекватність отриманої математичної моделі перевіряли за критерієм Фішера. Під час досліджень враховувались

найбільш суттєві фактори, які впливають на процес розділення, а саме швидкість повітряного потоку u (м/с), висота пластини-заслінки H_z (мм) та висота камери розділення H_k (мм).

Критерієм оптимізації параметрів калібратора використано якість добору крупних яєць у другому контейнері, яка виражалась через інтегральну ймовірність I_m (%) (рис. 6) того, що розмір яєць зернової молі знаходиться в діапазоні, що перевищує мінімальний граничний об'єм для крупних яєць – $0,0247 \text{ мм}^3$ але менший за об'єм конгломератів – $0,04717 \text{ мм}^3$.

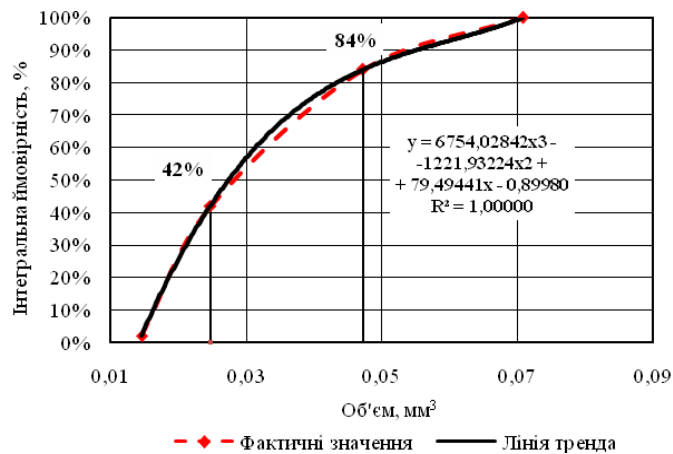


Рис. 6. Інтегральна ймовірність розподілу фракцій яєць зернової молі.

Дослідження проводились у трьохкратній повторності, при цьому вимірювали розміри випадкових 50-ти яєць. За допомогою мікроскопа стереоскопічного МБС-10 типу АЦ 3.850.005 РЄ (рис. 7) проводили вимірювання довжини та ширини яєць (рис. 8) та підраховували кількість конгломератів в кожному контейнері, при кожній повторності, щоб визначити склад фракції.



Рис. 7. Мікроскоп МБС-10.

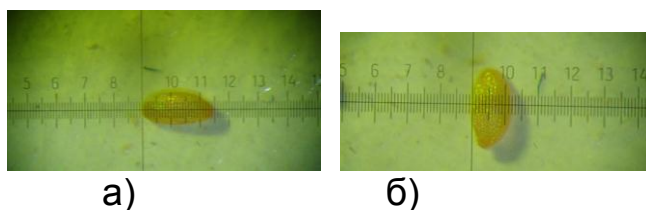


Рис. 8. Вимірювання розмірів: а – довжина; б – ширина.

Для визначення швидкості повітряного потоку в повітряній системі калібратора яєць зернової молі використовували сучасний анемометр моделі УК-2001 ТМ (рис. 9), який призначений для вимірювання високих та низьких швидкостей повітряного потоку та вимірювання температури.



Рис. 9. Анемометр УК-2001 ТМ.

Після вдосконалення калібратора яєць зернової молі проводили дослідження по визначенню впливу операції калібрування на якісні показники ентомологічного препарату трихограми. Які визначали за допомогою методик, що наведені в методичних рекомендаціях до застосування трихограми проти шкідників сільськогосподарських культур “Показники якості трихограми”, а також ДСТУ 5016:2008 “Ентомологічні препарати трихограми. Загальні технічні умови”.

Після проведення багатофакторного експерименту була встановлена залежність у вигляді рівняння регресії, яке має вигляд:

$$I_M = -2428,9 + 1124,439v_n - 5,7362H_3 + 4,1715H_K - 166,1294v_n^2 - 0,0665H_3^2 - 0,0138H_K^2 + 2,6882v_nH_3 + 0,3750v_nH_K - 0,0050H_3H_K,$$

де I_M – ймовірність добору крупних яєць зернової молі, %; H_3 – висота пластини-заслінки, мм; H_K – висота камери розділення, мм; v_n – швидкість повітряного потоку, м/с.

На основі використання методики планування експериментальних досліджень встановлено оптимальні значення

конструкційно-технологічних параметрів та режимів удосконаленого пневматичного калібратора, а саме швидкість повітряного потоку 3,8 м/с, висота камери розділення від 198 до 199 мм та висота пластини-заслінки від 26 до 27 мм. Ймовірність добору крупних яєць у другому контейнері калібратора, при цьому становила 58 %, що на 31 % більше в порівнянні з базовою конструкцією.

Висновок. Використання сучасних методів та методик дозволило встановити оптимальні конструкційно-технологічні параметри калібратора яєць зернової молі та підвищення на 31 % ймовірності добору крупних яєць у другому контейнері, що в свою чергу позитивно вплинуло на якісні показники ентомологічного препарату трихограми.

Список літератури

1. Шумаков Е.М. Насекомые защищают растения / Е.М. Шумаков, В.А. Щепетильникова. – М.: Знание, 1970. – 46 с.
2. Теленга Н.А. Руководство по размножению и применению трихограммы для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур / Н.А. Теленга, В.А. Щепетильникова. – К.: Издательство Академии наук Украинской ССР, 1949. – 99 с.
3. Мейер Н.Ф. Биологический метод борьбы с вредными насекомыми / Н.Ф. Мейер // Биологический метод борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. – М.: Издательство Всесоюзной академии с/х наук им. В.И. Ленина, 1937. – С. 3–12.
4. Дядечко М.П. Основы биологического метода захисту рослин / М.П. Дядечко. – К.: Урожай, 1973. – 352 с.
5. Мейер Н.Ф. Биологический метод борьбы с вредными насекомыми / Н.Ф. Мейер. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной и колхозно-кооперативной литературы, 1931. – 120 с.
6. Щепетильникова В.А. Применение трихограммы в СССР / В.А. Щепетильникова // Биологические средства защиты растений. – М.: Колос, 1974. – С. 138–158.
7. Тряпицын В.А. Паразиты и хищники вредителей сельскохозяйственных культур / Тряпицын В.А., Шапиро В.А., Щепетильникова В.А. – Л.: Колос, 1982. – 254 с.
8. Цыбульская Г.Н. Применение трихограммы в борьбе с вредителями полевых культур на Украине / Г.Н. Цыбульская // Биологические средства защиты растений. – М.: Колос, 1974. – С. 172–181.
9. Гринберг Ш.М. Трихограмма не эффективна? Давайте искать причину / Гринберг Ш.М., Пынзарь Б.В., Бобэтрын И.Н. // Защита растений. – М., 1992. № 12. – С. 4–8.
10. Кот Я. Биология и экология *Trichogramma* spp. / Я. Кот, Т. Плевка // Биологические средства защиты растений. – М.: Колос, 1974. – С. 159–171.
11. Новожилов К.В. Пути сохранения энтомофагов при химических обработках / К.В. Новожилов, В.А. Шапиро // Биологические средства защиты растений. – М.: Колос, 1974. – С. 21–34.
12. Васильев А.Л. Оценка действия демелина на трихограмму *Trichogramma jaxarticum* Sor. (Hymenoptera, Trichogrammatidae) / А.Л. Васильев //

Биологические средства защиты растений, технологии их применения и изготовления. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 192–196.

13. *Сазонова И.Н.* Проблемы селективной токсичности и механизма действия инсектицидов и акарицидов на членистоногих / *И.Н. Сазонова* // Проблемы избирательного действия инсектицидов и акарицидов : сб. тр. – Л.: ВИЗР, 1986. – С. 23–32.

14. *Brunner J.F.* Effect of pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hym.: Eulophidae), and *Trichogramma platneri* (Hym.: Trichogrammatidae), parasitoids of leafrollers in Washington / *J.F. Brunner, J.E. Dunley, M.D. Doerr, E.H. Beers* / J. Econ. Entomol. – 2001. – 94 (5). – P. 1075–1084.

15. *Бабидорич М.М.* Влияние антропогенного фактора на численность энтомофагов сада / *М.М. Бабидорич* // Охрана живой природы. – М., 1983. – С. 16–17.

16. *Склярков Н.А.* Рекомендации по сокращению объемов применения пестицидов в яблоневых садах интенсивного типа и методика анализа фитосанитарного состояния насаждений / *Н.А. Склярков* // ВАСХНИЛ. – Кишинёв, 1986. – 40 с.

17. *Капустина О.В.* Действие некоторых пестицидов на трихограмму / *О.В. Капустина* // Труды ВИЗР. – Л., 1975. – 44 с.

18. *Коваленков В.Г.* Повышение биоценотической роли природных энтомофагов, резистентных к пестицидам, применяемым в современных агробиозенотозах Ставрополья / *В.Г. Коваленков* // Биологические средства защиты растений, технологии их применения и изготовления. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 176–186.

19. *Brar K.S.* Effect of insecticides on *Trichogramma chilonis* Ishii (Hym.: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of sugarcane borers and cotton bollworms / *K.S. Brar, G.C. Varma, M.R. Shenhmar* // Entomol. – 16 (1). – 1991. – P. 43–48.

20. *Hagley A.C.* Effect of pesticides on parasitism of artificially distributed eggs of the codling moth, *Cycida pomonella* (Lep.: Tortricidae) by *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae) / *A.C. Hagley, J.E. Laing* // Proceedings of the entomological society of Ontario 120. – 1989. – P. 25–33.

21. *Smith S.M.* Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes and potential of their use / *S.M. Smith* // Annu. Rev. Entomol. – Vol. 41. – Polo Alto (Calif.). – 1996. – P. 375–406.

Биотехнологический процесс производства энтомологического препарата трихограммы состоит из операций, что касаются хозяина трихограммы: подготовка и заражение зерна; его увлажнение та перемешивание; загрузка в бокс; получение мотыльков и яиц зерновой моли; очистка и хранение яиц зерновой моли; утилизация отходов производства та операций, которые используют при разведении самой трихограммы: накатывание яиц зерновой моли; заражение их трихограммой; сбор та очищение паразитованных яиц; определение качественных показателей препарату та его хранение. Использование современных методов та методик определения оптимальных конструкционно-технологических параметров калибратора позволит повысить качественные показатели энтомологического препарата трихограммы.

Биотехнологический процесс, энтомологический препарат трихограмма, яйца зерновой моли, пневматический калибратор.

The biotechnological process of production entomological preparation of Trichogramma consists of operations which touch owner of Trichogramma: preparation and infection of grain; moistening of grain and interfusion; load it in boxing; receipt of butterflies and eggs of corn moth; cleaning and storage of eggs of corn moth; utilization of wastes of production and operations, which execute at breeding of Trichogramma: dropping of eggs of corn moth in bottles; infection it by Trichogramma; collection and cleaning of infected eggs; determination of high-quality indexes of preparation and his storage. Using contemporary methods of determination of optimum construction technological parameters of calibrator will allow to promote the high-quality indexes of preparation of entomologist of Trichogramma.

Biotechnological process, entomological preparation of Trichogramma, egg of corn moth, pneumatic calibrator.

УДК 631.315:629.783:525

ОПТИМІЗАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАКОМУ КЕРУВАННЯ НОРМАМИ ВНЕСЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

**Л.В. Аніскевич, доктор технічних наук
О.В. Ямков, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

**М.О. Свірень, доктор технічних наук
Кіровоградський національний технічний університет**

Проаналізовані можливості формування закону керування дозуючими системами машин для внесення технологічних матеріалів в залежності від величин динамічних параметрів виконавчих органів, а також при непередбачених змінах цих величин в виробничих (польових) умовах шляхом пошуку оптимальних значень коефіцієнтів закону керування методом чисельної апроксимації в просторі динамічних параметрів системи.

Дозуюча система, динамічні параметри, адаптація, інтерполяція.