



Механізація, електрифікація

УДК 632.08

© 2017

В.М. Бельченко,

*кандидат
технічних наук*

І.С. Чернова

*Інженерно-технологічний
інститут «Біотехніка»
НААН*

В.С. Таргоня,

*доктор сільсько-
господарських наук*

*Державна наукова
установа «УкрНДІПВТ
ім. Л. Погорілого»*

МЕТОДИ РОЗРОБЛЕННЯ БІОІНЖЕНЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ВИРОБНИЦТВА ЕНТОМОКУЛЬТУР

Мета. Розроблення методів конструювання біоінженерних комплексів виробництва ентомокультури. **Методи.** Аналітичний, систематизованого пошуку, структурно-параметричний та інтелектуальний. **Результати.** Визначено структуру біоінженерного комплексу виробництва ентомокультури. Розроблено структурно-параметричний комплекс оцінки якості трихограми. На основі теорії нечітких множин підготовлено експертну систему оцінки якості зернової молі (*Sitotroga cerealella* Oliv), комахи-хазяїна ентомофага *Trichogramma*. **Висновки.** Розроблено структурний та інтелектуальний методи конструювання біоінженерних комплексів виробництва ентомокультури, які можуть бути корисними в підсистемі ухвалення рішень під час створення керування виробництвом ентомофагів за критерієм якості. Застосування теорії нечітких множин дає змогу простежити вплив параметрів на показники якості ентомокультури в умовах обмеженої кількості вхідних даних, заощадити час для ухвалення необхідних рішень.

Ключові слова: біоінженерний комплекс, ентомокультура, якість, нечіткі множини.

Удосконалення методів розроблення біоінженерних комплексів виробництва ентомокультури зумовлене потребою в отриманні в умовах техноценозу ентомологічної продукції гарантованої якості з метою її подальшого застосування в агроценозах. Це дає змогу значно скоротити кількість хімічних засобів захисту рослин.

У нинішній час дослідження біоінженерних комплексів виробництва ентомокультури стосуються: обґрунтування і розрахунку об'ємів

проживання комах у біотехнологічних системах виробництва ентомологічних препаратів [1]; розробки кліматичних комплексів для дослідів з біологічними об'єктами [2]; застосування штучних дієт, підживлення дорослих стадій ентомофагів, збереження культур комах у лабораторних умовах [3–5]; використання математичних, інформаційних методів аналізу і моделювання багатоланцюгових технологічних процесів [6]; створення комплексних систем масового напрацювання ентомокультури [7];

розробки технологічного обладнання для промислового розведення ентомокультур [8].

Мета досліджень — розроблення методів конструювання біоінженерних комплексів виробництва ентомокультур.

Матеріали та методи досліджень. Об'єкт досліджень — виробництво ентомофага *Trichogramma*, яку використовують для регуляції чисельності шкідливих лускокрилих (різні види совок, біланів, вогнівок, листовійок та плодожерок, п'ядунів, коконопрядів тощо) на зернових, зернобобових, технічних та овочевих культурах, багаторічних травах, садах тощо [9]. Матеріалами для роботи були результати експериментальних досліджень, проведених науковцями Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН під час виконання науково-дослідної роботи № 43.03/015 «Створити універсальні інформаційно-вимірвальні системи для керування технологічними процесами розведення ентомофагів, акарифагів і фітофагів». Методи досліджень — аналітичний, систематизованого пошуку, структурно-параметричний та інтелектуальний.

Результати досліджень. Біоінженерний комплекс виробництва ентомокультур (рис. 1) являє собою біотехнічну систему, якій властиві: зв'язаність, цілісність, інтегративність (емерджентність), організованість, наявність циклу існування [10].

За результатами теоретичних і багаторічних експериментальних досліджень,

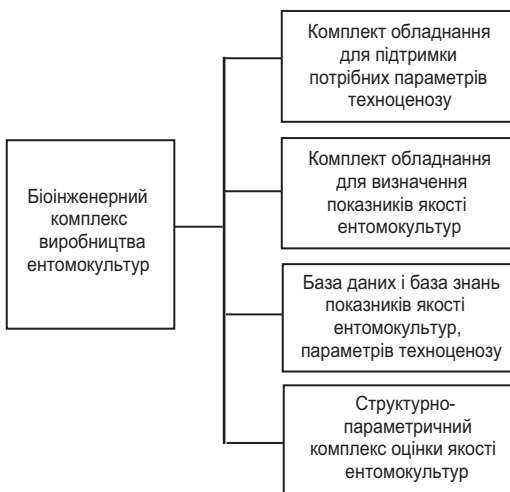


Рис. 1. Структура біоінженерного комплексу виробництва ентомокультур

проведених в ІТІ «Біотехніка» НААН, розроблено структурно-параметричний комплекс оцінки якості трихограми (рис. 2), в якому відображено залежності біологічних показників якості паразитоїда від великої кількості факторів (абіотичних, біотичних, технологічних). При цьому формалізації залежностей найчастіше немає. З розробленням систем оптимального керування якістю ентомологічної продукції виникає питання щодо використання цих результатів, які можуть бути представленими у вигляді баз даних і баз знань. Для апроксимації залежності показників якості ентомокультур від сукупності факторів можливе використання одного з методів штучного інтелекту — теорії нечітких множин — через особливості промислового виробництва ентомокультур. Йому властива стохастичність (неоднозначна поведінка біологічної складової за дією факторів впливу) та дія збурювальних факторів (різка зміна температури та відносної

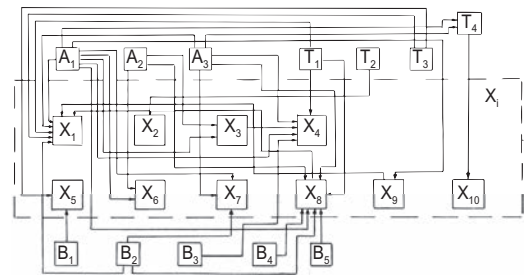


Рис. 2. Структурно-параметричний комплекс оцінки якості трихограми: X_1 ($X_1 - X_{10}$) — біологічні показники якості трихограми: X_1 — паразитування; X_2 — відродження; X_3 — тривалість життя самок; X_4 — плодючість; X_5 — статевий індекс; X_6 — рухова активність; X_7 — тривалість розвитку трихограми; X_8 — пошукова здатність; X_9 — швидкість зараження яєць комах-хазяїв; X_{10} — життєздатність; $T_1 - T_4$ — технологічні фактори: T_1 — тривалість розведення на одному хазяїні; T_2 — термін зберігання трихограми; T_3 — термін зберігання яєць комах-хазяїв; T_4 — введення в діпаузу та виведення з неї; $B_1 - B_5$ — біотичні фактори: B_1 — вік яєць комах-хазяїв; B_2 — вид комах-хазяїна; B_3 — розмір яєць комах-хазяїна; B_4 — густина кладки яєць комах-хазяїв; B_5 — ступінь наявності в рослині атрактантів; $A_1 - A_3$ — абіотичні фактори: A_1 — температура повітря; A_2 — відносна вологість повітря; A_3 — фотоперіод (освітленість)

1. Дані для створення бази знань експертної системи

Вхідні та вихідні параметри	Вхідні параметри та діапазон вихідних параметрів	Термо-множини	Лінгвістична оцінка параметрів	Тип і параметри функції належності
X_1 , °C	22–28	AX_1	Нижня межа температури	Gaussmf [1,019; 22]
		BX_1	Середня » »	Gaussmf [1,019; 25]
		CX_1	Верхня » »	Gaussmf [1,019; 28]
X_2 , %	83–88	AX_2	Нижня межа вологості	Gaussmf [0,8495; 83]
		CX_2	Верхня » »	Gaussmf [0,8495; 88]
Y_1 , %	85–89	AY_1	Стандартна зараженість	Gaussmf [0,6795; 85]
Y_2 , діб	28–36	CY_1	Висока » »	Gaussmf [0,6795; 89]
		AY_2	Коротка тривалість	Gaussmf [1,665; 28]
Y_3 , г/кг зерна ячменю	7–10	CY_2	Довга » »	Gaussmf [1,665; 36]
		AY_3	Низька маса яєць	Gaussmf [0,43; 7]
		CY_3	Стандартна » »	Gaussmf [0,43; 10]

2. База знань експертної системи

№	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3
1	AX_1	AX_2	CY_1	CY_2	CY_3
2	BX_1	AX_2	AY_1	CY_2	CY_3
3	CX_1	AX_2	CY_1	AY_2	AY_3
4	BX_1	CX_2	CY_1	CY_2	CY_3
5	CX_1	AX_2	CY_1	AY_2	AY_3

вологості зовнішнього середовища, припинення електропостачання).

За допомогою програми MATLAB і алгоритму нечіткого висновку типу Мамдані підготовлено експертну систему оцінки якості зернової молі (*Sitotroga cerealella Oliv.*), комахи-хазяїна ентомофага *Trichogramma*. Вхідними параметрами розробленої системи є (табл. 1): X_1 — температура повітря, °C та X_2 — відносна

вологість повітря у зоні розвитку комах, %; вихідними: Y_1 — зараженість зерна зерновою мілью, %; Y_2 — тривалість розвитку зернової молі, діб; Y_3 — маса яєць зернової молі, г/кг зерна ячменю. Особливість нечіткої системи полягає в тому, що є можливість організувати управління біотехнологічними процесами у формі діалогу з експертом, оскільки лінгвістичні правила нечіткої бази знань записуються у вигляді виразів «якщо — то». У табл. 2 наведено базу знань експертної системи оцінки якості зернової молі; кожний рядок табл. 2 відповідає одному правилу: якщо X_1 = «нижня межа температури» і X_2 = «нижня межа вологості», то Y_1 = «висока зараженість» і Y_2 = «довга тривалість» і Y_3 = «стандартна маса яєць».

На рис. 3 наведено поверхні нечіткого висновку. Аналіз наведеного дає змогу зробити

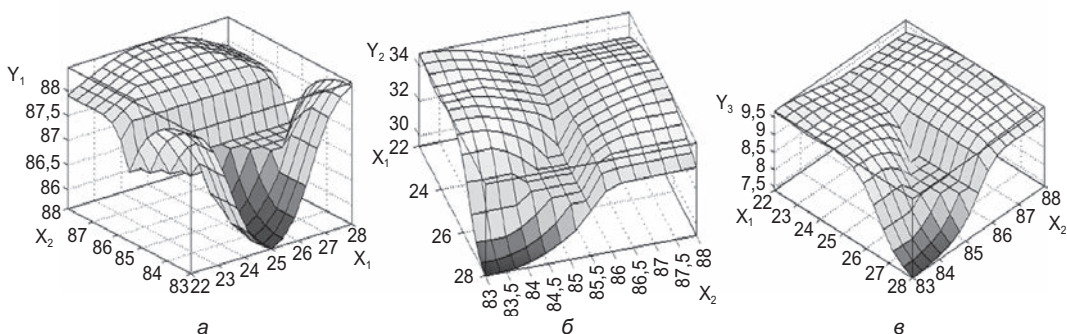


Рис. 3. Поверхні нечіткого висновку: а — залежність зараженості зерна зерновою мілью від температури і відносної вологості повітря; б — залежність тривалості розвитку зернової молі від температури і відносної вологості повітря; в — залежність маси яєць зернової молі від температури і відносної вологості повітря

такі висновки: стандартна зараженість зерна 85,6–85,7% буде за температури повітря 25°C і відносної вологості повітря 83–84%; висока зараженість зерна 87,9–88,5% — за температури повітря 22–28°C і відносної вологості повітря 87–88%; довга тривалість розвитку зернової молі 34,3–34,7 доби — за температури повітря 22–25,5°C і відносної вологості повітря 83%; коротка тривалість розвитку зернової молі 29,4 доби — за температури повітря 28°C і відносної вологості повітря 83%; стандартна маса яєць зернової молі 9,09–9,67 г/кг зерна ячменю — за температури повітря

22–26°C і відносної вологості повітря 83%; низька маса яєць зернової молі 7,4–7,91 г/кг зерна ячменю — за температури повітря 27–28°C і відносної вологості повітря 83%.

Середня похибка апроксимації між експериментальними даними та нечітким висновком становить за Y_1 — 1,39%, Y_2 — 6,71%, Y_3 — 6,86% (не перевищує 8–10%) [11].

Для підвищення точності нечіткої модель навчають, тобто ітераційно змінюють її параметри для мінімізації відхилення результатів логічного висновку від експериментальних даних [12].

Висновки

Розроблено структурний та інтелектуальний методи конструювання біоінженерних комплексів виробництва ентомокультур, які можуть бути корисними в підсистемі ухвалення рішень під час створення систем керування виробництвом

ентомофагіє за критерієм якості.

Застосування теорії нечітких множин дає змогу простежити вплив параметрів на показники якості ентомокультур в умовах обмеженої кількості вхідних даних, заощадити час для відпрацьовування потрібних рішень.

Бібліографія

1. *К вопросу определения объемов обитания энтомокультур в промышленных биотехнологических системах/В.М. Бельченко, Б.М. Шейкин, А.В. Лешишак, Т.В. Бородавкина//Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию: сб. науч. труд. — Несвиж, 2013. — Вып. 37. — С. 161–167.*

2. *Беспалов І.М. Лабораторні кліматичні комплекси для дослідів з біологічними об'єктами/І.М. Беспалов//Методика, механізація, автоматизація та комп'ютеризація досліджень у землеробстві, рослинництві, садівництві та овочівництві: зб. наук. праць Ін-ту цукр. буряків УААН». — К., 2007. — Вип. 9. — С. 300–301.*

3. *Thompson S.N. Nutrition and culture of entomophagous insects/S.N. Thompson//Annual Review of Entomology. — 1999. — V. 44. — P. 561–592.*

4. *Cohen A.C. Mass rearing of entomophagous insects and predaceous mites: are the bottlenecks biological, engineering, economic, or cultural?/A.C. Cohen, A.D. Nordlund, A.R. Smith//Biocontrol News and Information. — 1999. — V. 20. — № 3. — P. 85–90.*

5. *Mangan R. Responses of adult *Hydrellia lagsiphon* to a revised diet: implications for life cycle studies and laboratory culturing techniques/R. Mangan, T. Dirilgen, J.-R. Vaars//Entomologia Experimentalis et Applicata. — 2015. — V. 157. — Iss. 2. — P. 164–169.*

6. *Чернова І.С. Застосування інформаційних технологій у виробництві ентомологічної*

продукції/І.С. Чернова, А.Д. Барабаш//Тез. докл. междунар. конф. «Современное состояние и перспективы инновационного биометода в сельском хозяйстве». — Одесса, 2013. — Бюл. МОББ ВПРС 45. — С. 124–125.

7. *Молчанова Е.Д. Комплексная система массовой наработки бракона/Е.Д. Молчанова, Т.А. Билецкая//Матер. міжнар. наук.-практ. конф. — Інформ. бюл. СПРС МОББ. — № 49. — Одеса, 2016. — С. 172–177.*

8. *Лешишак О.В. Удосконалення технології промислового розведення трихограми/О.В. Лешишак//Карантин і захист рослин. — 2014. — № 7. — С. 8–10.*

9. *Технологічний тимчасовий регламент на виробництво товарної трихограми ТТР-46.00495929-002-2005//ІТІ «Біотехніка» УААН. — Одеса, 2005. — 19 с.*

10. *Моделирование систем: учебник/С.И. Дворецкий, Ю.Л. Муромцев, В.А. Погонин, А.Г. Скиртладзе. — М.: Академия, 2009. — 320 с.*

11. *Шалабанов А.К. Эконометрика: уч.-метод. пособ./А.К. Шалабанов, Д.А. Роганов. — Казань: Акад. управл. «ТИСБИ», 2008. — 203 с.*

12. *Штовба С.Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным/С.Д. Штовба//Проблемы управления и информатики. — 2007. — № 4. — С. 1–13.*

Надійшла 12.05.2017.