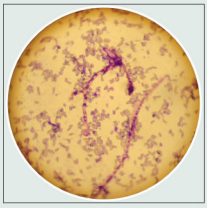


Системи виробництва і ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА







НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»

СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА і ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Монографія

Київ
Аграрна наука
2022

УДК 632.08, 632.9
DOI: 10.31073/ 978-966-540-558-0
С 34

Рекомендовано до друку вченою радою
Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН
31 січня 2022 р. (протокол № 1)

Авторський колектив:
В. М. Бельченко, В. Я. Ходорчук, Ю. О. Лавриненко, Т. Ю. Маркіна, Г. М. Ткаленко, О. М. Нікіпелова, В. С. Таргоня, Ю. Е. Клечковський, Т. Ю. Марченко, І. М. Беспалов, В. П. Ярошевський, І. С. Чернова, Н. О. Піщанська, С. І. Бурикіна, Л. А. Сергєєв, В. І. Крутякова, В. П. Ключко, Н. Т. Могилюк, О. О. Пілярська, О. Д. Молчанова, А. Д. Барабаш, І. В. Алієва, Б. М. Шейкін, Н. В. Пиляк, В. П. Баркар, В. Д. Гурінчик, Т. М. Осипенко, В. В. Білоголовський

Рецензенти:
***В. М. Булгаков* –** доктор технічних наук, професор, академік НААН, завідувач кафедри механіки
(Національний університет біоресурсів і природокористування України);
***В. О. Іваниця* –** доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, проректор з питань науки, технологій та впровадження наукових розробок
(Одеський національний університет імені І. І. Мечникова);
***Л. А. Янсе* –** доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник академіка-секретаря Відділення землеробства, меліорації та механізації НААН
(Національна академія аграрних наук України)

Системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства : монографія. Київ : Аграрна наука, 2022. 406 с. [The Systems of Agriculture Biologization Agents Manufacturing and Using : monograph. Kyiv : Agrarna nauka, 2022. 406 p.]

С 34

ISBN 978-966-540-558-0

У монографії представлено результати наукових досліджень за 2016–2020 рр., проведених у рамках виконання ПНД НААН 10 «Біотехніка». У роботі висвітлено питання наукового, технічного і технологічного забезпечення систем виробництва мікробіологічних та ентомологічних препаратів для захисту рослин від шкідників і хвороб, а також теоретичним та практичним основам створення цих біологічних препаратів. Наведено досвід практичного застосування засобів біологізації землеробства та біотрансформації відходів з використанням живих організмів.

Розраховано на спеціалістів із захисту рослин, керівників, інженерів і технологів ентомологічних та мікробіологічних виробництв, працівників біолабораторій, наукових співробітників, викладачів і студентів навчальних закладів вищої освіти аграрного, біологічного та технічного профілю.

The monograph contains research results obtained during 2016–2020 in the NAAS Research Programm 10 (PND 10) «Biotekhnika». The work is devoted to the problems of scientific, engineering and technological support of the microbial and entomological preparations manufacturing systems for crop protection from pests and diseases, as well as theoretical and practical foundations of such preparations creation. The experience of biologization agents using in agriculture and waste products biotransformation by living organisms are shown.

The monograph is intended for crop protection specialists, managers, engineers and technologists of microbial and entomological factories, biolaboratories' men, researchers, professors and students of agrarian, biological and engineering universities and colleges.

УДК 632.08, 632.9
DOI: 10.31073/ 978-966-540-558-0

© ІТІ «Біотехніка» НААН, 2022
© Державне видавництво «Аграрна наука» НААН, 2022

ISBN 978-966-540-558-0

Зміст

ВСТУП.....5

Розділ 1. Наукові основи технічного і технологічного забезпечення систем виробництва засобів біологізації землеробства.....7

1.1. Основи функціонування промислового ентомологічного виробництва (*Барабаш А. Д., Алієва І. В.*) 7

1.2. Закономірності функціонування системи якості на промисловому ентомологічному виробництві (*Барабаш А. Д., Алієва І. В.*) 19

1.3. Метод проєктування і критерії оцінювання адаптивних технологій вирощування ентомокультур (*Бельченко В. М., Піщанська Н. О.*)..... 30

1.4. Інформаційно-технічне забезпечення виробництва ентомофагів (*Чернова І. С.*) 50

1.5. Методика системного проєктування технологічних комплексів промислового виробництва ентомофагів (*Ходорчук В. Я., Беспалов І. М.*)..... 68

1.6. Обладнання для безкасетного розведення зернової молі (*Бельченко В. М., Піщанська Н. О.*)..... 77

1.7. Мультиплікатор для виробництва трихограми (*Бельченко В. М., Піщанська Н. О.*) 91

1.8. Економічна ферментаційна установка для виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин (*Беспалов І. М., Ярошевський В. П.*)..... 100

1.9. Нетермічна стерилізація води при промисловому виробництві мікробіологічних препаратів для захисту рослин (*Ярошевський В. П., Беспалов І. М., Осипенко Т. М., Білоголовський В. В.*)..... 122

1.10. Автономний біореактор для малотоннажного виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин (*Ярошевський В. П., Осипенко Т. М., Пиляк Н. В.*) 138

Розділ 2. Теоретичні та практичні основи створення засобів біологізації землеробства..... 149

2.1. Центр маточних культур – основа успішної реалізації цільових програм промислової ентомології (*Крутякова В. І., Маркіна Т. Ю., Шейкін Б. М., Молчанова О. Д.*)..... 149

2.2. Створення маточної культури ентомофага *Trichogramma Dendrolimi* Matsu. для промислового виробництва ентомологічного засобу захисту плодових культур від листовійок (*Молчанова О. Д., Баркар В. П.*)..... 174

2.3. Біологічні основи введення в культуру та розведення хижих клопів для захисту рослин (*Молчанова О. Д., Маркіна Т. Ю., Баркар В. П.*) . 188
2.4. Біологічні основи розведення перспективного ентомофага родини *Coccinellidae* для боротьби зі шкідниками сільгоспкультур (*Баркар В. П., Молчанова О. Д.*) 214
2.5. До питання ефективності використання *Perillus bioculatus* у біологічному методі захисту рослин України (*Баркар В. П., Маркіна Т. Ю.*) 239
2.6. Наукові основи створення природних регуляторів росту з фунгіцидними властивостями (*Крутякова В. І., Пиляк Н. В., Нікіпелова О. М.*) 250
2.7. Методи створення комплексних мікробіологічних препаратів на основі мікробних угруповань із деструктивними та антагоністичними функціями (*Крутякова В. І., Пиляк Н.В., Нікіпелова О. М.*) 266
2.8. Дослідження властивостей колекційного штаму *Lecanicillium longisporum* та створення на його основі біоінсектициду (*Крутякова В. І., Пиляк Н. В., Нікіпелова О. М.*) 276

Розділ 3. Системи застосування засобів біологізації землеробства.... 284

3.1. Агроекологічні основи зональної адаптації органічних технологій землеробства (*Крутякова В. І., Бельченко В. М., Таргоня В. С., Нікіпелова О. М.*) 284
3.2. Технологія використання біологічних та комбінованих препаратів за вирощування пшениці озимої в умовах Південного Степу України (*Бурикіна С. І., Сергєєв Л. А.*). 303
3.3. Біологічний захист томатів від шкідливих організмів (*Клечковський Ю. Е., Могилюк Н. Т., Ключко В. П.*) 323
3.4. Технологія захисту персика від хвороб із використанням біопрепаратів (*Ткаленко Г. М., Ходорчук В. Я.*)..... 341
3.5. Технологія захисту яблуні від хвороб із використанням біопрепаратів (*Ткаленко Г. М., Ходорчук В. Я.*)..... 349
3.6. Вплив біопрепаратів на продуктивність інноваційних гібридів кукурудзи інтенсивного типу та їх батьківських форм в умовах краплинного зрошення (*Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Бельченко В. М.*) 358
3.7. Методи компостування осадів стічних вод із застосуванням мікроорганізмів для використання у виробництві органічних добрив (*Крутякова В. І., Пиляк Н. В., Нікіпелова О. М.*)..... 369
3.8. Розведення мухи чорна львинка у штучних умовах для переробки харчових відходів (*Молчанова О. Д., Гурінчик В. Д.*) 391

ВСТУП

Біологічний метод захисту рослин є комплексом заходів, спрямованих на використання живих організмів проти збудників хвороб сільськогосподарських культур, шкідників та бур'янів. Спільно це забезпечує підвищення урожайності шляхом зниження природних втрат.

Наявний стан ґрунтів в більшості країн, що виробляють сільгосппродукцію, потребує зниження концентрації шкідливих хімічних речовин, що є наслідком впровадження засобів хімізації у агровиробничий процес, який мав місце у другій половині минулого століття. В більшості розвинених аграрних країн світу (США, ЄС) біологічний метод вважається перспективним шляхом вирішення цієї проблеми. Адже його застосування дозволяє отримувати сільськогосподарську продукцію вищої екологічної якості без використання хімічних пестицидів і мінеральних добрив промислового походження. Тому в світі біологічний метод захисту рослин набуває все більшого розповсюдження.

Незважаючи на значний потенціал агропромислового сектору, в Україні має місце стійка негативна тенденція домінування хімічних методів захисту рослин над біологічними. У загальному обсязі захисту сільськогосподарських культур біологічний метод складає лише 4-5%. Така ситуація обумовлена рядом чинників, серед яких, і недосконаліть нормативно-правового забезпечення, і недостатній рівень популяризації біологічного методу серед аграріїв. Проте одним з ключових факторів, на нашу думку, є фактична неможливість забезпечення потреб сільського господарства у мікробіологічних та ентомологічних препаратах для захисту рослин. Так кількість діючих на терені України біофабрик та біолабораторій, що випускають подібну продукцію, за даними Міністерства аграрної політики і продовольства України, складає лише 25. З урахуванням виробництва підприємств приватного сектору, за нашими оцінками, це значення можна збільшити вдвічі, однак все одно воно залишається занизьким.

Одним з напрямів вирішення проблеми підвищення рівня екологізації землеробства наразі є відновлення регіональних мереж біофабрик і біолабораторій, що поступово зазнавали занепаду з 90-х років минулого століття. Заміна хімічних засобів біологічними дасть можливість знизити забруднення ґрунтів залишками синтетичних пестицидів, призупинити зростання резистентності шкідників до засобів захисту рослин, відновити і підвищити якість ґрунтів, збільшити обсяги виробництва сільськогосподарської продукції і підвищити якість її зберігання.

Відновлення регіональних мереж біовиробництв передбачає їх обов'язкове технічне переоснащення, яке, в свою чергу, потребує створення сучасної технологічної та інженерно-технічної основи, пристосованої до українських реалій. Саме розробленню такої основи була присвячена програма наукових досліджень (ПНД) 10 «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України (НААН), для виконання якої були скоординовані зусилля науковців і фахівців біологічного, технічного, аграрного профілю.

Монографію присвячено висвітленню результатів науково-дослідної роботи, проведеної в 2016–2020 рр. в рамках виконання ПНД 10 в наукових установах НААН: Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка», Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства, Дослідній станції карантину винограду і плодових культур Інституту захисту рослин, Одеській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту водних проблем і меліорації.

В роботі наводяться результати досліджень зі створення технічних засобів і технологій промислового виробництва мікробіологічних та ентомологічних засобів захисту рослин. Висвітлюються питання розроблення науково-технологічної бази культивування ентомоакарифагів, у тому числі нових агентів біозахисту, і мікробіологічних препаратів комплексної дії. Представлено результати використання біологічних препаратів при вирощуванні різних культур рослин (пшениці, томатів, кукурудзи, персика, яблуні), а також основи біотрансформації відходів з використанням живих організмів.

РОЗДІЛ 1

Наукові основи технічного і технологічного забезпечення систем виробництва засобів біологізації землеробства

1.1. Основи функціонування промислового ентомологічного виробництва

Барабаш А. Д., Алієва І. В.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

У світі зареєстровано і виведено на ринок біологічних засобів захисту рослин (БЗЗР) 40 видів членистоногих для контролювання шкідників – комах і кліщів, в Україні реєстрація не проводиться. У західних країнах розробкою і виробництвом біологічних засобів захисту рослин займаються спеціалізовані фірми, такі як «Koppert», «Biobest», «Biotus», «BioProduction» та ін. Ці самі фірми, які мають висококваліфікований персонал і широкий асортимент біозасобів, забезпечують переведення сільськогосподарських виробників до інтегрованого захисту рослин у системі органічного землеробства.

В Україні поки не створено підприємств, які можуть напрацьовувати великий спектр ентомоакарифагів для широкої реалізації і повсюдного застосування біометоду. Ці засоби або закуповують в іноземних компаніях, або виробляють у незначних обсягах у біолабораторіях тепличних комбінатів для власних потреб (тобто продукція не надходить у вільний продаж). Отже, фактично немає промислового виробництва вітчизняних біологічних контролювальних агентів. Невелика кількість біоагентів, а це здебільшого трихограма, габробракон та золотоочка, виготовляється невеликими

лабораторіями або цехами без належного контролю за їх якістю, біологічною ефективністю та безпекою.

В Україні для забезпечування сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств безпечними, ефективними і недорогими засобами біологічного захисту необхідно створювати вітчизняні промислові ентомологічні виробництва. Промислове розведення корисних комах у штучних умовах – завдання непросте, бо у потрібні строки отримувати велику кількість комах можна лише на спеціалізованих гнучких та мобільних виробничих підприємствах. Гнучкість підприємства зосереджено на трьох взаємопов'язаних аспектах: гнучкість ресурсів, гнучкість процесу і стратегічні варіанти. Функціонування такого підприємства може забезпечуватися завдяки створенню технологічних систем, здатних адекватно реагувати на зміну зовнішніх умов через їх структурну реорганізацію (раціональну побудову структур технологічного процесу), повнішому використанню технологічних можливостей устаткування та формуванню технологічного процесу залежно від виробничої ситуації.

Виробнича структура

Організація промислового ентомологічного виробництва спирається на ті самі закономірності, принципи, форми й методи раціональної побудови та здійснення ефективної діяльності, як і підприємства інших галузей.

Виробничий процес, який є сукупністю різних технологічних процесів, складається із взаємопов'язаних основних, допоміжних і обслуговувальних процесів, спрямованих на перетворення природних речовин на продукти застосування. З огляду на це, а також ураховуючи характер робіт, що виконуються, будемо розрізняти ентомологічне підприємство на основне, допоміжне, обслуговувальне, побічне та підсобне виробництва, на базі яких створюються відповідні дільниці, цехи та господарства (рис. 1.1.1).

Цехи основного виробництва спеціалізуються на виготовленні профільної продукції підприємства, яку призначено для задоволення потреб зовнішніх споживачів [1]. На ентомологічному підприємстві – це комплекс виробничих приміщень та технологічного

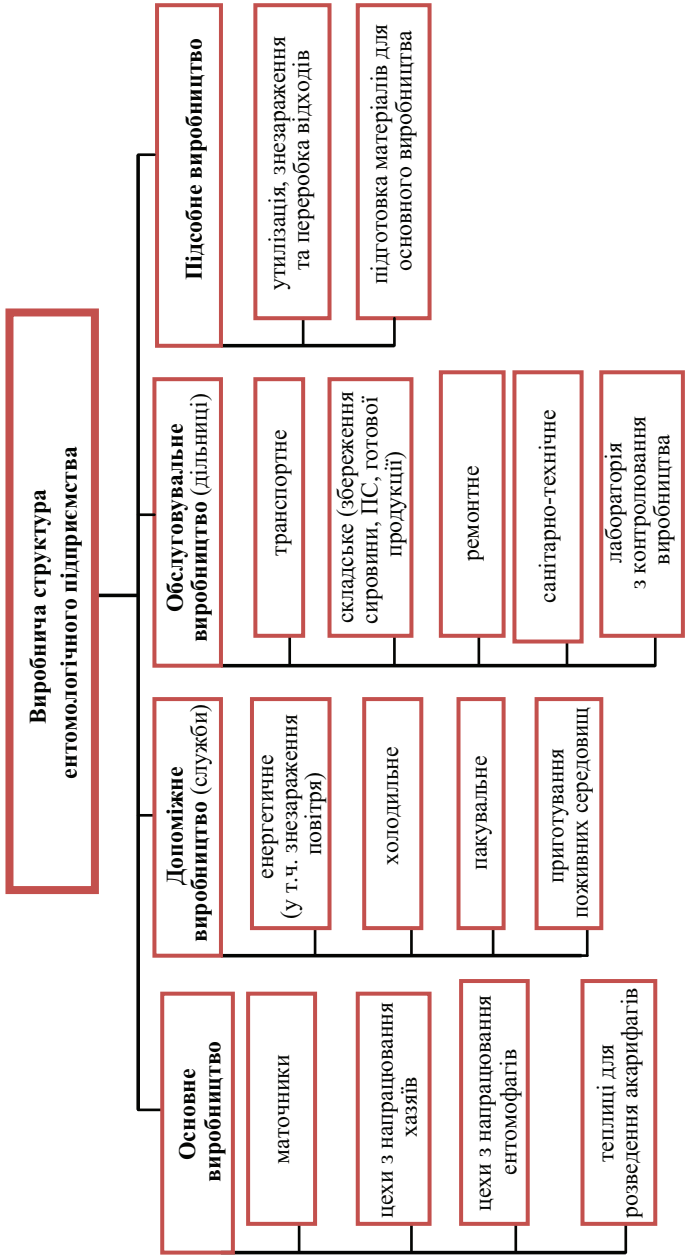


Рис. 1.1.1. **Загальна виробнича структура ентомологічного промислового підприємства**

обладнання, який забезпечує відтворення ентомокультури, що виробляється, і перетворюється на товар на потрібній для споживача стадії. Допоміжні цехи (дільниці) сприяють випуску основної продукції. На біологічній фабриці – це комплекс допоміжних приміщень, заходів та обладнання, який забезпечує стабільне функціонування основного виробництва, тобто утворюються системи, які забезпечують гарантоване додержання умов розвитку членистоногих, такі як енергетична, створення та підтримання мікроклімату, забезпечення очищення повітря від патогенів, знезараження середовища та обладнання тощо.

Побічні цехи знешкоджують або переробляють відходи основного та допоміжного виробництв для відновлення їх для потреб виробництва. Наприклад, виготовляють корм для золотоочки з відходів трихограмного виробництва. Підсобні цехи здійснюють підготовку матеріалів для основних цехів, а також виготовляють тару для упакування продукції. В ентомологічному виробництві це може бути дільниця.

Обслуговувальні господарства виробничого призначення забезпечують нормальну роботу основних та допоміжних цехів завдяки транспортуванню і збереженню сировини, готової продукції, проведенню необхідних санітарно-технічних заходів, підтриманню благоустрою їх приміщень та території тощо. До категорії обслуговувальних господарств належать: складське господарство, транспортне господарство, ремонтна майстерня, транспортні та вантажнорозвантажувальні засоби; санітарно-технічне господарство, що об'єднує водопровідні, каналізаційні, вентиляційні та опалювальні пристрої; лабораторія з контролювання виробництва.

Організаційне формування виробничої структури підприємства (організація виробничого процесу в просторі) ґрунтується на взаємозв'язках та відносинах певного складу основних, допоміжних цехів та обслуговувальних господарств виробничого призначення, що зумовлено технологією виготовлення продукції [2].

Отже, виробничу структуру ентомологічного підприємства можна типізувати як біологічну фабрику з повним технологічним циклом.

Технологічна система ентомологічного виробництва

У процесі промислового виробництва ентомологічної продукції вихідна сировина (корм, вода, некормові матеріали) піддаються впливам з боку людини, комах, обладнання і знарядь, але і сама ентомокультура є сировиною і одночасно предметом праці. Сукупність методів впливу на предмет праці, спрямованих на зміну його стану в процесі виробництва продукції, називається технологією [3]. Сучасні промислові технології в ентомологічному виробництві – це комплексні системи, розроблені з урахуванням технічних, біологічних, організаційно-економічних, соціальних та багатьох інших чинників.

Якщо ми розглядаємо повномасштабне біотехнологічне виробництво, то починатись воно має зі створення маточних культур, що здійснюється в окремому технологічному комплексі [4]. Розведення ентомоакарифагів досить складне, оскільки воно передбачає розведення комах-хазяїв (жертв), яке, своєю чергою, при виробництві акарифагів засновано ще й на наявності рослин-хазяїв. Тому будь-яке розведення ентомоакарифагів має починатися знизу, тобто з підготовки середовищ для вирощування комах-хазяїв [5].

Визначення якості ентомокультури проводиться на кожній стадії розвитку [6]. Причому оцінювання якості культур комах проводиться за різними критеріями для культур маточних і промислових. Якщо при оцінюванні якості маточних культур використовуються переважно загальні показники, однакові для всіх культур: виживаність, тривалість розвитку, плодючість, біометричні показники, співвідношення статей, то критерії оцінювання якості промислових культур залежать від їх призначення, і для них важливіші цільові показники. Для хижих та паразитичних видів такими показниками є пошукова та міграційна активність, крім того, для перших – хижацька активність, для других – ступінь зараженості хазяїна.

З погляду системного підходу технологічна система ентомологічного виробництва складається з двох взаємопов'язаних функціональних підсистем: підсистема забезпечення життєвих функцій комах у зоні їх знаходження (біологічна підсистема) і підсистема технологічного обладнання (технічна підсистема) [7]. Як відомо, системи, які являють собою сукупність біологічного і технічного

елементів, що пов'язані між собою в єдиному контурі управління і об'єднані загальною сукупністю цільових функцій, називають **біотехнічною системою** (БТС) [3]. Вихід з ладу хоча б однієї з підсистем спричиняє негайне припинення функціонування технологічної системи загалом.

Оскільки біологічну і технічну підсистеми в ентомологічному виробництві об'єднано прямими та зворотними зв'язками, а також загальними алгоритмами управління, можна стверджувати, що це є БТС. Спрощену функціональну схему її представлено на рис. 1.1.2.

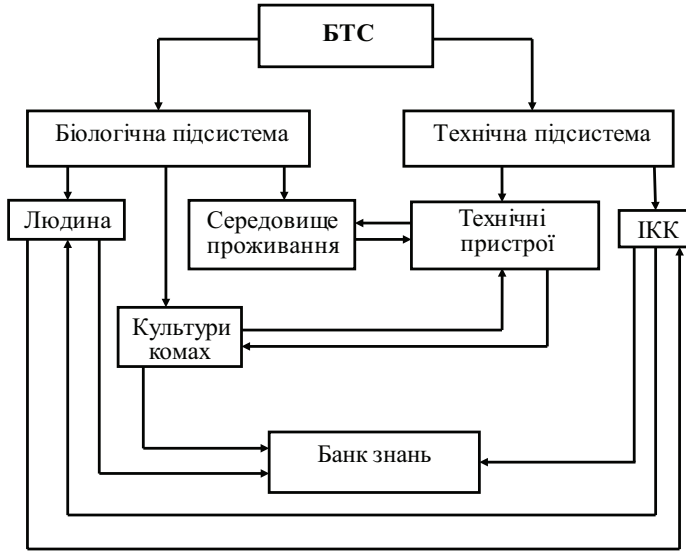


Рис. 1.1.2. **Функціональна схема біотехнічної системи ентомологічного виробництва:**
ІКК – інформаційно-керувальний комплекс

Кожній з виокремлених підсистем властива своя специфіка і свої особливості. Притому конструктивне вирішення технічних елементів має бути таким, щоб воно максимально сприяло взаємодії з біологічними елементами.

Першим кроком, з якого починається масове розведення, є вибір або створення виробничої одиниці (ємності) для розведення паразита або хижака. Елементарною одиницею виробничого

устаткування для утримання комах у виробничих умовах є камера, контейнер або інший пристрій тієї чи іншої конструкції, яку ми будемо називати «сажок» [8]. Будова сажка є ключовим чинником, що визначає рівень продуктивності виду, який розводять у штучних умовах біологічної фабрики. Як одиниця розведення, сажок повинен мати чітко виражені межі фізичні або умовні, що дають змогу виділити його серед інших подібних одиниць [9]. У внутрішньому просторі сажка створюються умови, сприятливі для розвитку ентомокультури на певній стадії онтогенезу.

Найважливішою властивістю біологічної підсистеми є гомеостаз популяційний – стан динамічної рівноваги популяції як цілісної біологічної системи із середовищем проживання, за якого забезпечується стабільна підтримка життєздатності і відтворення в окремих групах особин через функціонування складних адаптивних систем, що діють за принципом зворотного зв'язку.

Створення нової техніки і технологій для ентомологічного виробництва потребує формування обґрунтованих критеріїв побудови технологічного процесу, що забезпечують його ефективне функціонування [10]. Визначення вимог до вибору параметрів і характеристик технологічного процесу пов'язано з вивченням процесів, що відбуваються за взаємодії працівника, технічних засобів, ентомокультури і середовища проживання.

Структурно-технологічну систему ентомологічного виробництва (ТС) будемо розглядати як «людина – обладнання – ентомокультура – середовище проживання». Середовище проживання – це сукупність конкретних абіотичних і біотичних умов в об'ємі життєвого простору цієї штучної популяції, в якому реалізується технологічний цикл розведення, що закінчується збиранням продукції (готової чи проміжної) [11]. Стан ТС, а також кожного елемента, що належить до неї, характеризується деякою кількістю незалежних змінних величин, які можуть приймати будь-які значення. У досить загальному випадку досліджувану технологічну систему кількісно можна охарактеризувати векторами $x \in R^m$, $\sigma \in R^p$, $y \in R^n$ і $\xi \in R^k$ вхідних, внутрішніх, вихідних і невизначених змінних (параметрів збурення) відповідно (рис. 1.1.3).

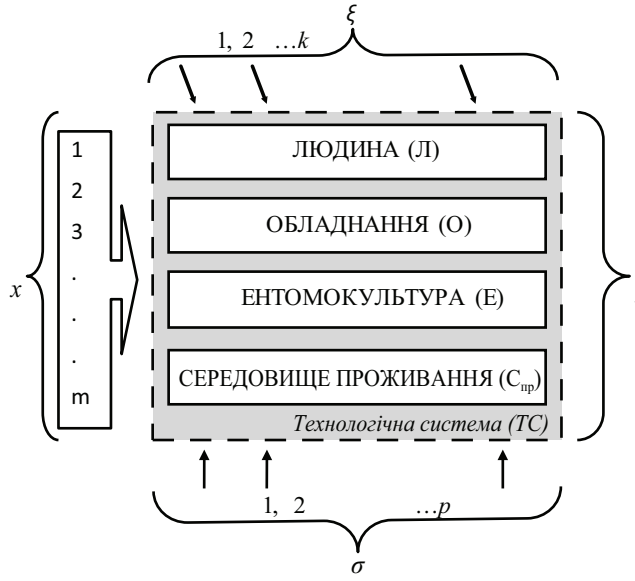


Рис. 1.1.3. **Структурна схема технологічної системи ентомологічного виробництва**

Компонентами векторів *x* для біотехнічних об'єктів можуть бути різні фізичні, біологічні або механічні чинники: виробничі ресурси, витрати і склад сировини й матеріалів, стан ентомокультури, абіотичні чинники, фізична робота, ймовірність, ризик тощо. До складу вихідних змінних *y* можуть входити техніко-економічні показники досліджуваної ТС, якісні показники готової продукції, показники екологічної безпеки, інформація, відходи виробництва тощо. Компонентами вектора σ є коефіцієнти і параметри, що характеризують біотехнологічні показники комах, фізичні процеси в системі (коефіцієнти тепло- і масообміну, показники циркуляції повітря, газообміну у життєвому просторі комах, освітленості тощо), властивості сировини та матеріалів, а також геометричні розміри і конструктивні особливості технологічного обладнання. Змінюючи вхідні параметри, ми забезпечуємо вплив того чи іншого втручання у виробничий процес.

Технологічна структура виробничої системи

Для створення раціональної структури підприємства необхідне забезпечення технологічної послідовності й територіального об'єднання взаємопов'язаного технологічного обладнання. Проте загальна ефективність виробництва залежить не лише від прийнятої технології і вибору системи машин та агрегатів, а й від ефективного використання членистоногих як головних елементів виробничої системи.

Щоб виробничий процес був ефективним, слід проаналізувати виробничу структуру у функціональному аспекті, тобто визначити її технологічну структуру. Технологічна структура виробничої системи ентомологічного виробництва має забезпечувати, з одного боку, підтримку культур комах, які придатні для тих чи інших цілей, а з другого – бути вигідною економічно. Визначальним за її побудови є технологічні показники оцінки ентомокультур, які характеризують культуру в процесі її експлуатації в межах промислового виробництва, передусім репродукція [12].

На рис. 1.1.4 показано загальну технологічну структуру виробничої системи ентомологічного виробництва.

Повний виробничий цикл (ПВЦ) – визначено порядок технологічних операцій, які забезпечують виробництво кінцевої продукції із заданою продуктивністю.

Репродуктивний цикл (РЦ) – визначено порядок технологічних операцій, які забезпечують виробництво робочої групи ентомокультури.

Товарний цикл (ТЦ) – визначено порядок технологічних операцій виробництва товарної продукції.

З ентомокультурою, яка перебуває в межах ПВЦ, відбувається ряд якісних і кількісних змін, пов'язаних з особливостями її морфогенезу. На різних ділянках ПВЦ ентомокультури представлено у вигляді відносно відокремленої групи особин:

- стартова група – група особин ентомокультури, яка перебуває зазвичай в онтогенетичній стадії яйця, яких залучено в РЦ;
- генеративна група – група особин, що є початковим біоматеріалом для робочої культури;

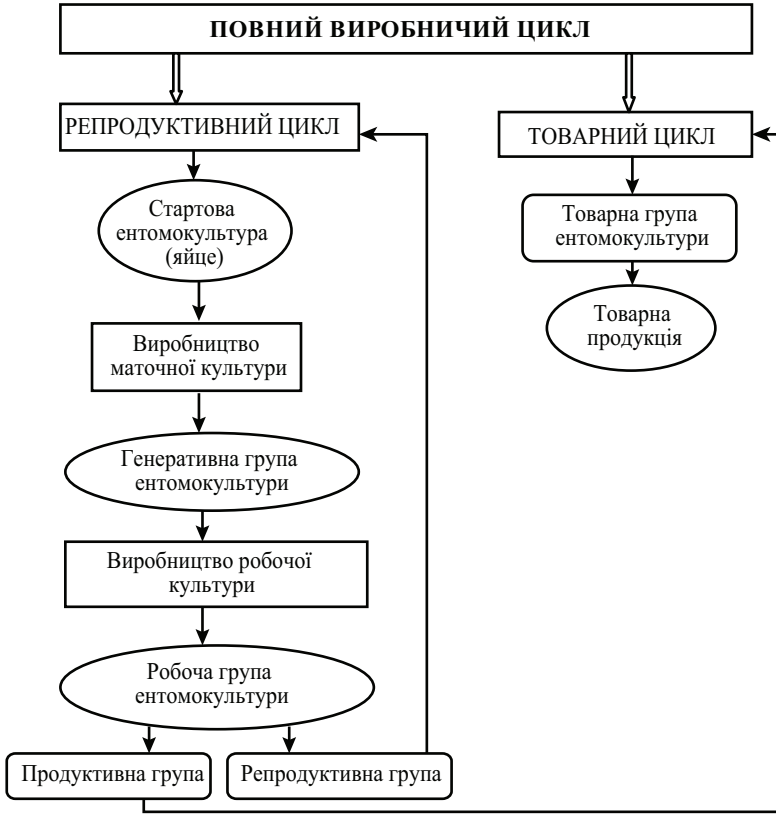


Рис. 1.1.4. **Технологічна структура виробничої системи ентомологічного виробництва**

- робоча група – група особин ентомокультури, яка є наступним поколінням ентомокультури;
- репродуктивна група – група особин ентомокультури, яка є частиною робочої групи, чисельно дорівнює стартовій групі і залучена в наступний РЦ;
- продуктивна група – група особин ентомокультури, яка є частиною робочої групи, яку залучено в ТЦ;
- товарна група – група особин ентомокультури, яка є початковим біоматеріалом для кінцевого продукту виробництва – ентомологічного препарату.

Перенесення понять істотності виробництва та виробничих систем, особливості виробничих та технологічних процесів, організаційних типів виробництва на ентомологічне виробництво будуть корисними за розроблення методичних основ створення гнучкого промислового ентомологічного виробництва.

Висновок

Визначено виробничу та технологічну структуру ентомологічного виробництва. Організаційне формування виробничої структури підприємства (організація виробничого процесу в просторі) ґрунтується на взаємозв'язках та відносинах певного складу основних, допоміжних цехів та обслуговувальних господарств виробничого призначення, що зумовлено технологією виготовлення продукції. Визначальним за побудови технологічної структури є технологічні показники оцінки ентомокультур, які характеризують культуру в процесі її експлуатації в межах промислового виробництва, передусім репродукція.

Розкрито закономірності формування, функціонування і розвитку технологічної системи ентомологічного виробництва. Структурно технологічна система являє собою біотехнічну систему «людина – обладнання – ентомокультура – середовище проживання».

Проведені в роботі теоретичні дослідження показують, що сучасні промислові технології в ентомологічному виробництві – це комплексні системи, розроблені з урахуванням технічних, біологічних, організаційно-економічних, соціальних та багатьох інших чинників. Тобто це змішані біотехнічні системи, в яких технічні ланки (обладнання, пристрої) в процесі виробництва вступають у взаємодію з біологічними (людина, культури комах), мають конкретні цільові функції і в них забезпечуються цілеспрямовані взаємодії.

Загальна характеристика і основні поняття ентомологічного виробництва як біотехнічної системи можуть бути використані для створення математичних моделей певних технологічних процесів з метою їх оптимізації.

Список використаних джерел до підрозділу 1.1

1. *Васильков В. Г.* Організація виробництва: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2003. 524 с.
2. *Дегтяревич И. И., Карпов В. А.* Организация переработки сельскохозяйственной продукции и агросервисного обслуживания: курс лекций: учеб.-метод. пособ. Гродно: ГГАУ, 2010. 296 с.
3. *Чміль А. І.* Енергетична ефективність і екологічна безпека замкнутих еколого-біотехнічних систем в тваринництві: монографія. Київ: Компринт, 2015. 163 с.
4. *Шацкий В. В.* Концепция и методология совершенствования биотехнической системы животноводства. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні системи і технології тваринництва*. Харків, 2016. Вип.157. С. 111–118.
5. *Стефановська Т. Р., Кава Л. П., Підліснюк В. В., Томчак А*. Технологія вирощування і використання організмів у біологічному захисті рослин: навч. посіб. Київ: Агроосвіта, 2014. 254 с.
6. *Білоусов Ю. В.* Виробництво біологічних засобів захисту рослин. *Захист і карантин рослин*. 2010. № 54. С. 6–8.
7. *Мустецов Т. М., Нечипоренко А. С.* Теорія біотехнічних систем: навч. посіб. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 188 с.
8. *Білоусов Ю. В.* Сажок і проблеми якості при виробництві корисних членистоногих. *Вісник аграрної науки Південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки.* Одеса, 2007. Вип. 8. С. 137–142.
9. *Беспалов І. М., Барабаш А. Д., Шейкін Б. М.* Технологічне устаткування для реалізації циклів ентомологічних виробництв. *Вісник аграрної науки Південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки.* Одеса, 2007. Вип. 8. С. 151–153.
10. *Бельченко В. М., Лешишак А. В., Наголович Е. П.* Технологическое обеспечение проведения экспериментальных исследований трихограммы в лабораторных условиях. *Защита растений*: сб. науч. тр. Несвиж: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Институт защиты растений. 2015. Вып. 39. С. 131–137.
11. *Ужик В. Ф., Ужик О. В., Ужик Я. В.* Теория технологий и технических средств в животноводстве: монография. Белгород: Изд-во БелГСХА, 2009. 198 с.
12. *Старчевський І. П., Бельченко В. М., Станкевич І. А., Шейкин Б. М.* Проєктні критерії створення технологічного обладнання ентомологічних виробництв. *Матеріали Республ. ентомологічної конф., присвяч. 50-річчю заснування Українського ентомологічного товариства*. Ніжин, 2000.

1.2. Закономірності функціонування системи якості на промисловому ентомологічному виробництві

Барабаш А. Д., Алієва І. В.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Сучасні технології захисту рослин потребують використання високоякісної ентомологічної продукції, яка здатна конкурувати із синтетичними хімічними аналогами. Для підвищення ефективності виробництва ентомоакарифагів відбувається пошук нових підходів до формування стратегій керування цим процесом.

Система контролювання якості ентомологічної продукції має бути невід'ємною істотною складовою частиною в організації її виробництва. Така система передбачає постійне регламентоване контролювання показників якості комах-фітофагів і ентомофагів та параметрів технологічного процесу, тобто здійснення моніторингу процесу.

Визначальною умовою отримання товарної продукції високої якості є можливість своєчасно коригувати хід технологічного процесу виробництва. За порушення технології виробництва ентомологічних препаратів не можна отримати продукцію високої якості, навіть якщо використано якісну сировину. Так, недостатньо ретельно змелена кормова суміш при годуванні імаго золотоочки може призвести до втрати частини особин [1]. Правильна упаковка захищає від технічного пошкодження, забруднення, шкідливої дії зовнішнього середовища. Упаковка для ентомологічної продукції має створюватись як мікротехнобіоценоз для тимчасового існування членистоногих. Правильне транспортування і зберігання запобігає забрудненню та загибелі під час перевезення ентомологічної продукції. Вимоги до пакування, маркування, транспортування і зберігання має відповідати ДСТУ 8450, який розроблено в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) [2].

Забезпечення якості продукції передбачає регулювання якості сировини та матеріалів, приміщень, обладнання та пристроїв, менеджменту, перевірки на брак на всіх стадіях технологічного процесу. Тобто ми маємо не лише здійснювати контроль за якістю, а й управляти якістю за масового розведення комах на промисловій

біологічній фабриці. Контроль не змінить якості готової продукції, а управління якістю зачіпає весь її життєвий цикл і має системний підхід до нього.

Під системою управління якістю продукції розуміють постійний, планомірний, цілеспрямований процес впливу на всіх рівнях на фактори та умови, що забезпечують створення продукції оптимальної якості й повноцінне її використання.

Для ентомологічних підприємств забезпечення простежуваності є нормативною вимогою. Потрібно розробити процедуру забезпечення простежуваності за всіма етапами виробничого процесу, здійснювати контролювання продукції впродовж всього життєвого циклу.

Результатом забезпечення якості як постійного процесу є поліпшення якості.

В основу створення системи менеджменту якості (СМЯ) на ентомологічному виробництві ми взяли вимоги міжнародних стандартів ISO серії 9000, з урахуванням особливостей забезпечення якості живих біологічних об'єктів.

Ґрунтуючись на принципах стандарту ISO 9000, можна виокремити такі основні принципи управління якістю: орієнтація на замовника; залучення кваліфікованого персоналу; процесний підхід; поліпшення; прийняття рішень на підставі фактичних даних; керування взаємовідносинами.

Елементами системного підходу до побудови СМЯ згідно з вимогами ISO 9001 є процесний підхід та ризик-орієнтоване мислення [3].

Сучасні промислові технології в ентомологічному виробництві – це комплексні біотехнічні системи (БТС), розроблені з урахуванням технічних, біологічних, організаційно-економічних, соціальних та багатьох інших чинників [4]. З погляду системного підходу спрощено технологічну систему ентомологічного виробництва, яка складається з двох взаємопов'язаних функціональних підсистем: підсистема забезпечення життєвих функцій комах у зоні їх перебування (біологічна підсистема) і підсистема технологічного обладнання (технічна підсистема), що пов'язано між собою в єдиному контурі загальними алгоритмами управління і об'єднано

загальною сукупністю цільових функцій, прямими та зворотними зв'язками. Вихід з ладу хоча б однієї з підсистем спричиняє негайне припинення функціонування технологічної системи загалом [5].

Щоб гарантувати функціонування БТС, потрібно визначати й управляти низкою взаємодіючих процесів. Вихідні дані одного процесу становлять вхідні дані до наступного процесу. Систематична ідентифікація таких процесів, розуміння їх послідовності й взаємодії, і керування ними є процесним підходом до менеджменту якості.

На застосуванні системного підходу до розгляду ризиків ґрунтується ризик-орієнтований підхід замість того, щоб вводити запобігання як окремий компонент СМЯ.

Запобіжні дії зазначаються через використання ризик-орієнтованого мислення у формулюванні вимог до системи управління якістю. У створенні менеджменту якості на ентомологічному виробництві будемо використовувати принципи *HACCP* (*Hazard analysis and critical control points* – Аналіз ризиків і критичні контрольні точки), викладені в директиві Ради Європейського Співтовариства 93/43:

- перелік кроків виробничого процесу, де можуть виникнути проблеми, та опис заходів контролю;
- визначення критичних контрольних точок (Ккт) або етапів, на яких можливий контроль для запобігання та усунення проблем;
- установлення критичних меж, в яких необхідно управляти відхиленнями в Ккт для запобігання, усунення та зменшення недоліків;
- установлення процедур моніторингу для оцінювання перебування Ккт під контролем;
- установлення коригувальних дій при відхиленні за критичні межі;
- установлення процедур документування.

Найпростіший алгоритм дій керівника щодо управління процесом і досягнення його цілей є цикл *«Plan-Do-Check-Act»* (*PDCA*) (Плануй-Виконуй-Перевіряй-Дій) [6]. Цикл *PDCA* забезпечує впевненість у тому, що виробничі процеси адекватно забезпечені

ресурсами та керовані, і що можливості для поліпшування визначаються та реалізуються.

Управління якістю циклічно проходить конкретні етапи, які називаються циклом Демінга (*PDCA*), що передбачає планування, здійснення, контроль і управління впливом, тобто безперервний процес удосконалення діяльності представлено у вигляді циклічної послідовності чотирьох етапів. На рис. 1.2.1 представлено модель управління якістю на рівні процесу за циклом *PDCA*. Кожний етап складається із взаємозалежних видів діяльності, що впливають на якість на різних стадіях: від визначення потреб до оцінювання їх задоволення [7].

Концептуальна модель життєвого циклу продукції являє собою «петлю якості» і є найважливішим елементом системи якості. Під петлею якості відповідно до міжнародних стандартів ISO розуміють замкнутий у вигляді кільця життєвий цикл продукції, що передбачає такі основні етапи: маркетинг; розробку продукції; матеріально-технічне постачання; підготовку виробництва і розробку технології та виробничих процесів; виробництво; контроль; упаковку й зберігання; реалізацію продукції; утилізацію відходів; застосування.

Варто мати на увазі, що в практичній діяльності з метою планування, контролю, аналізу тощо ці етапи розділяють на складові. Найважливішим тут є забезпечення цілісності процесів управління якістю на всіх етапах життєвого циклу продукції.

Використовуючи цикл *PDCA* в ентомологічному виробництві, покажемо петлю якості для ентомологічного виробництва на прикладі галиці афідімізи (*Aphidoletes aphidimyza)*, яка і буде моделлю безперервного поліпшення процесу виробництва (рис. 1.2.2).

Входом процесу виробництва є сировина і матеріали, виходом – ентомологічний препарат.

Завдання першого етапу *PLAN* (планування)

1. Установити мету – розробити модель управління якістю продукції і поліпшення виробничих процесів при промисловому розведенні афідофага.

2. Забезпечити виробництво кваліфікованим персоналом.

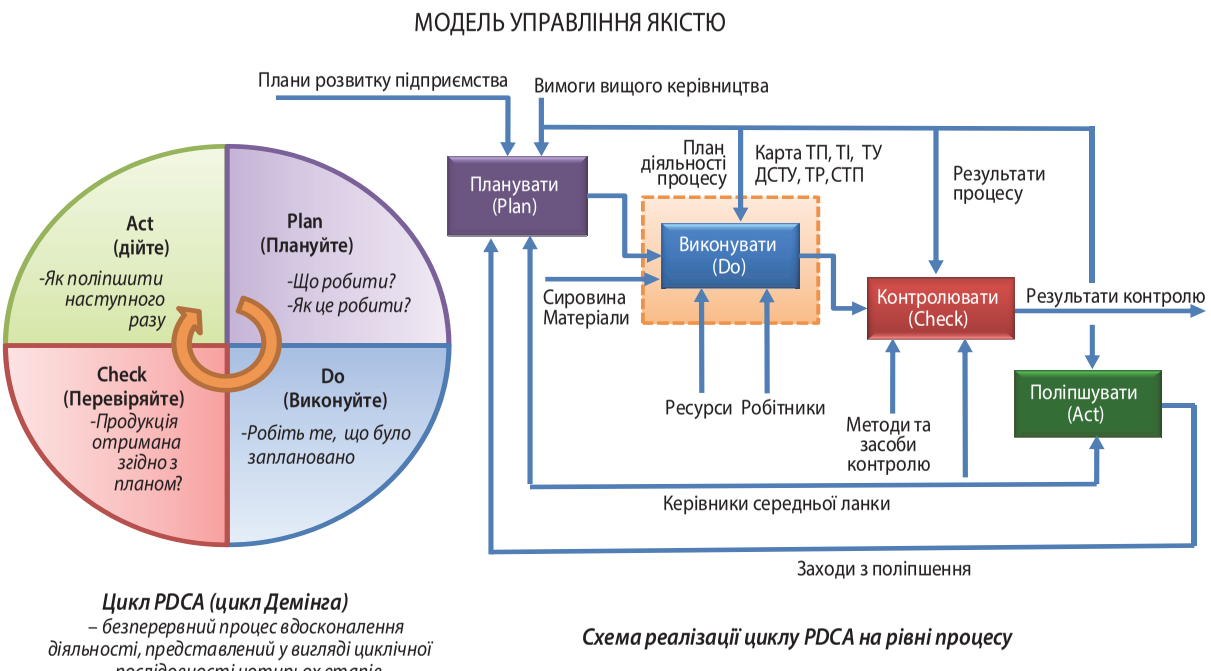


Рис. 1.2.1. **Модель управління якістю на основі принципу *PDCA***

3. Визначити показники якості ентомологічного препарату та регламентувати їх у нормативних документах – технічних регламентах (ТР), державних стандартах України (ДСТУ) або – в технічних умовах на продукцію (ТУ).

4. Скласти план:

1) визначити хазяїна або жертву (в нашому випадку жертва – злакова попелиця є одночасно поживним середовищем для ентомофага);

2) визначити склад та кількість середовища для вирощування хазяїна або жертви (зерно пшениці, ґрунт для пророщування);

3) визначити сировину і матеріали, розробити технологічну схему виробництва;

4) розробити апаратурну схему виробництва і специфікації обладнання;

5) зробити докладний опис усіх стадій робіт;

6) розробити технологічну карту виробництва, розробити та затвердити регламент.

Завдання другого етапу *DO* згідно з регламентом (виконання)

1. Підготовка виробництва: приміщень, пристроїв, сажків.

2. Основні технологічні процеси й операції:

1) розведення попелиць: підготовка і посів насіння, заселення сходів попелицями, культивування попелиць, збирання попелиць;

2) у процесі виробництва розглянути ризики, визначені згідно з технологічною картою виробництва та технічним регламентом;

3) визначити критичні контрольні точки (Ккт) – етап, на якому можна здійснити захід щодо керування з метою запобігання, усунення або зниження відхилення від нормативних показників;

4) розведення хижої галиці афідімізи: утримання імаго галиці та одержання яєць, вигодовування та вирощування личинок галиці, збирання коконів.

3. Знешкодження відходів.

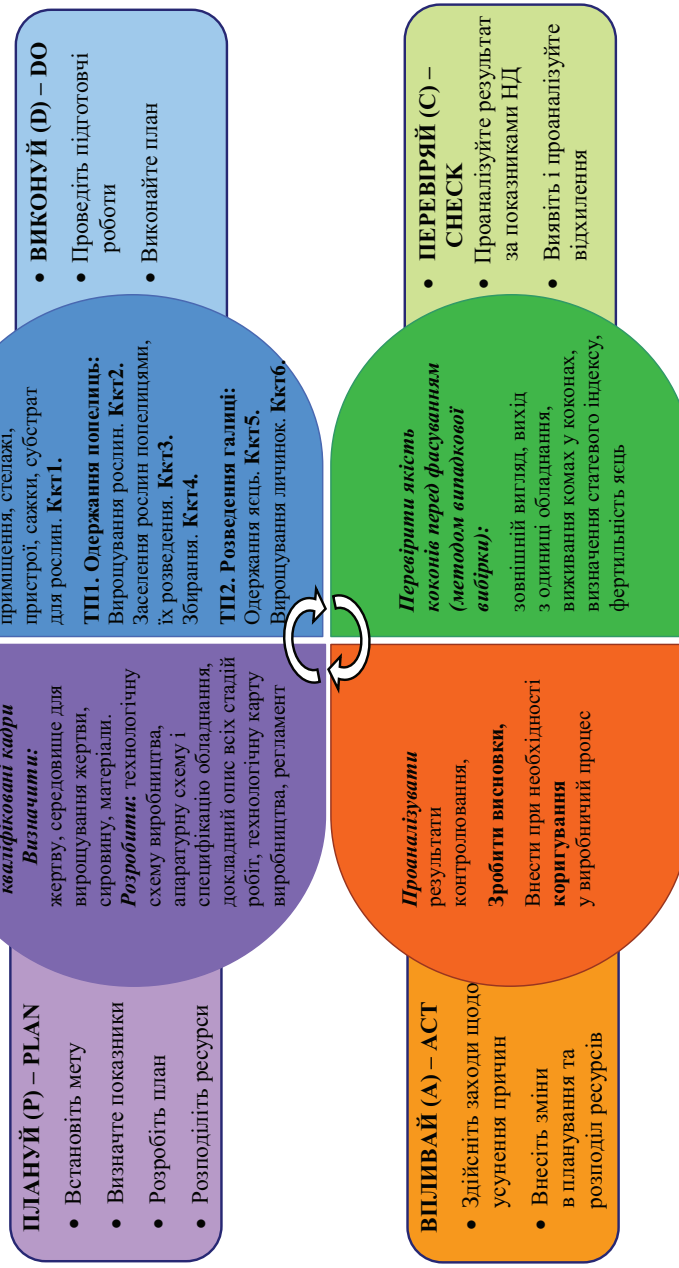


Рис. 1.2.2. **Модель безперервного поліпшення процесу виробництва афідофага**

Завдання третього етапу *CHECK* (перевірка)

Для перевірки якості галиці афідімізи з кожної партії перед фасуванням відбирають проби рослин з коконами та відсіяні з піску кокони для аналізу.

Згідно з регламентом визначають:

- зовнішній вигляд афідофага;
- вихід галиці афідімізи з одиниці обладнання;
- виживання комах у коконах.

Після визначення якості коконів галиці приступають до пакування, маркування та відвантаження готової продукції.

Завдання четвертого етапу *ACT* (коригування)

Аналізують результати контролювання, роблять висновки, за необхідності вносять коригування у виробничий процес. Постає питання: використовувати план чи змінювати? Якщо отримано продукцію, що запланово, то варто застосовувати нові напрацювання, зробити процес стабільнішим та спробувати поліпшити ще. Якщо ні, то повернутися до першого пункту і повторити все спочатку, але вже з роботою над помилками.

Простежити виконання другого, третього і четвертого етапів можна на прикладі досліджень, проведених у відділі промислової ентомології ІТІ «Біотехніка» НААН. Перелік важливих контрольних місць та граничні значення параметрів, що контролюються, були визначені для виробництва *Aphidoletes aphidimyza* (*табл. 1.2.1*).

Таблиця 1.2.1. **Перелік важливих контрольних точок (Ккт) у процесі виробництва галиці афідімізи**

Критичні контрольні точки	Стадії ТП	Об'єкти контролювання	Контрольні параметри	Допустимі величини параметрів
1	2	3	4	5
Ккт 1	Підготовка стелажів, садків та пристроїв	Пристрої	Справність	Згідно з НД
		Стелажі, садки	Чистота	Згідно з ТР

Закінчення табл. 1.2.1

1	2	3	4	5
Ккт 2	Вирощування рослин	Повітря	Температура	22–28 °С
			Відносна вологість	75–85 %
		Освітлення	Довжина дня	Не менше ніж 16 год
			Освітленість	Не менше ніж 500 лк
		Субстрат	Вологість	Не менше ніж 60 %
Ккт 3	Заселення рослин попелицями та їх розведення	Кількість попелиць для заселення рослин	Маса попелиць	3–4 г/кювету
		Повітря	Температура	22–28 °С
			Відносна вологість	75–85 %
		Освітлення	Довжина дня	Не менше ніж 16 год
			Освітленість	Не менше ніж 500 лк
		Субстрат	Вологість	Не менше ніж 60 %
Ккт 4	Збирання попелиць	Кількість попелиць	Маса	12–14 г/кювету
Ккт 5	Утримання імаго галиці та одержання яєць	Повітря	Температура	22–28 °С
			Відносна вологість	75–85 %
		Освітлення	Довжина дня	Не менше ніж 16 год
			Освітленість	Не менше ніж 1000 лк
Ккт 6	Вигодовування личинок галиці	Повітря	Температура	22–28 °С
			Відносна вологість	75–85 %
		Освітлення	Довжина дня	Не менше ніж 16 год
			Освітленість	Не менше ніж 1000 лк
		Субстрат	Вологість	Не менше ніж 60 %
Ккт 7	Збирання коконів	Повітря	Температура	22–28 °С
			Відносна вологість	75–85 %
		Освітлення	Довжина дня	Не менше ніж 16 год
			Освітленість	Не менше ніж 1000 лк
		Кількість коконів	Маса	8–10 г/кювету

Якщо під час моніторингу технологічного процесу виявлені недоліки вдалося своєчасно усунути, ми отримуємо заплановані показники продуктивності штучної популяції, основний з яких – вихід галиці афідімізи з одиниці обладнання, який визначається за формулою:

$$N_г = \frac{2n_1 \cdot M_1 + 2n_2 \cdot M_2}{S \cdot D}, \quad (1.2.1)$$

де $N_г$ – вихід галиці афідімізи з одиниці обладнання, особин/(садків·діб); n_1 – кількість імаго, що вилетіли з коконів на рослинах з проби 0,5 г, особин/г; n_2 – кількість коконів, висіяних з піску у пробі 0,5 г, шт./г; M_1 – загальна маса зрізаних рослин, г; M_2 – загальна маса висіяних із піску коконів, г; S – кількість садків, з яких збирали яйця галиці впродовж D діб.

Однак не слід забувати, що в процесі створення штучної популяції комах, крім продуктивності, потрібно приділяти увагу життєздатності отриманого біоматеріалу. Так, виживання комах у коконах визначали за формулою:

$$P = \frac{N_в}{N} \cdot 100\ \%, \quad (1.2.2)$$

де P – виживання комах у коконах, %; $N_в$ – загальна кількість комах, які вилетіли, особин; N – загальна кількість комах у коконах, особин.

Упродовж 20-ти технологічних циклів з масової популяції методом рандомізації відбирали 11 проб по 100 коконів галиці. Кожну вибірку вміщали в окрему чашку Петрі. Після вильоту всіх імаго та їхньої загибелі підраховували кількість самців та самок. Визначили показники, які теж характеризують продуктивність штучної популяції в технологічному циклі виробництва ентомологічного препарату «хижа галиця афідіміза»: частину личинок, що залялькувалися у піску, лінійні розміри зібраних пупаріїв, середню масу пупаріїв.

Упродовж усього періоду моніторингу показники продуктивності штучної популяції галиці залишалися на стабільному рівні. Щоденне збирання коконів становило 5000–7000 особин/кювету (15–19 г), понад 75 % личинок у піску, який використовували як субстрат для збору пупаріїв. Маса пупарію, який відсіяно від субстрату, була в межах 0,31–0,35 мг.

Отримані результати показали, що за організованим таким чином моніторингом виробничого процесу з використанням принципів

HACCP не спостерігалося значних відхилень біологічних показників від зазначених у нормативних і технологічних документах. Пропонуємо використовувати розроблений раніше план і зосередити дослідження на стабілізації процесу виробництва галиці афідімізи.

Висновок

Проведені дослідження свідчать про те, що впровадження менеджменту якості на ентомологічному виробництві сприятиме створенню промислового виробництва ентомологічних засобів захисту рослин з оптимальним виконанням технологічних процесів, що передбачено відповідною нормативною документацією, яка, у свою чергу, має забезпечити доступ на ринок ентомологічних препаратів тільки гарантованої якості.

Список використаних джерел до підрозділу 1.2

1. *Сапожникова М. М.* Обґрунтування масового розведення золотоочки звичайної (*Chrysopa carnea* Steph.) для захисту овочевих культур в закритому ґрунті: автореф. дис. … канд. с.-г. наук: 16.00.10. Київ, 2014. 20 с.
2. *ДСТУ 8450:2015.* Продукція ентомологічна для сільського господарства. Пакування, маркування, транспортування і зберігання. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. 11 с.
3. *ISO 9001:2016.* «Quality management system – Requirements» [Електронний ресурс]. URL: http://www.iso.org
4. *Шацкий В. В.* Концепция и методология совершенствования биотехнической системы животноводства. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. *Технічні системи і технології тваринництва*. 2016. № 157. С. 111–118.
5. *Krutyakova V. I., Belchenko V. M., Barabash A. D.* Entomological production as the process of biotechnical system functioning. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: заг. держ. зб. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2020. Вип. 11 (110). С. 235–241.
6. *Барвинок В. А., Яницкая Т. С., Родина Т. Н., Клочков Ю. С.* Методика формализованного описания процессов разработки системы качества. *Проблемы машиностроения и автоматизации*. 2005. № 3. С. 29–33.
7. *Козловська Т. Ф., Новохатько О. В., Никифорова О. О.* Нормативне забезпечення біотехнологічних виробництв: управління якістю та безпека біотехнологічної продукції: навч. посіб. Кременчук: Вид-во КрНУ, 2017. 146 с.

1.3. Метод проєктування і критерії оцінювання адаптивних технологій вирощування ентомокультур

Бельченко В. М., Піщанська Н. О.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Адаптивні технології вирощування ентомокультур передбачають використання природоподібних технологій і комплексу обладнання з метою культивування ентомокультур, адаптованих до певних природно-кліматичних умов їх використання, що має забезпечити підвищення ефективності товарних форм ентомологічних засобів захисту рослин в агроценозі.

Актуальність роботи визначається необхідністю розробки і впровадження нових ефективних технологій вирощування ентомологічних культур, що забезпечують можливість сукупного зростання продуктивності та якості продукції з дотриманням принципів ресурсозбереження й вимог екологічної безпеки виробництва. Технічні вимоги до технологічних ліній виробництва конкретних біологічних засобів захисту характеризуються значною варіабельністю, що зумовлює доцільність проєктного підходу до створення технологічних ліній вирощування ентомокультур. Критерії оцінювання адаптивних технологій і технічних засобів забезпечують їх оптимізацію, яка здійснюється за одним або кількома показниками одночасно. Один з показників є головним критерієм оцінювання (цільова функція), а всі інші як обмеження. Завдання аналізу за одним критерієм зазвичай виникає при оперативному управлінні процесом вирощування ентомокультур та обмеженнях за ресурсами або вихідною сировиною. Критеріями оцінювання є показники якості, величини енерговитрат, витрат праці, втрати ентомокультури, екологічні показники тощо. Для оцінювання технологій загалом використано узагальнений критерій, який характеризує мінімум витрат енергії або максимум прибутку. Для аналізу всієї технології з урахуванням кількох критеріїв, показники кожної операції підсумовують і представляють як у натуральному вираженні, так і у вартісному.

Досліджено систему вирощування ентомокультур і визначено загальні закономірності їх зміни під впливом технологічних режимів і комплексу технічних засобів для її виконання. Сформовано вихідні вимоги до критеріїв оцінювання адаптивних технологій ентомологічного виробництва, що дають змогу оцінювати якість функціонування технологій і обладнання за основними показниками – оцінювання якості комах, економічна ефективність, енергоефективність, екологічність тощо [1].

Якість ентомофагів (хижаків) за масового виробництва визначається трьома основними цільовими показниками – пошукова активність, міграційна активність, хижацька активність. Дослідження авторів, зокрема, Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН, довели вплив складових адаптивних технологій (заданий температурний і вологісний режими, імітація день-ніч, рух повітря та ін.) на якість комах.

$$\beta = \frac{\sum N_i^{\text{пар}}}{\sum N},\ \delta = \frac{\sum N_i^{\text{приш}}}{\sum N},\ \varepsilon = \frac{\sum N_i^{\text{пар}}}{\sum N_i^{\text{приш}}}, \qquad (1.3.1)$$

де β, δ, ε – пошукова, міграційна та хижацька активність відповідно; $\sum N$ – загальна кількість ентомокультур; $N_i^{\text{пар}}$ – кількість паразитованих комах; $N_i^{\text{приш}}$ – кількість комах, що прийшли до цілі.

Було проведено оцінювання адаптивності трихограми в різних температурних умовах. Як дослідження, було вибрано два цільових показники, що відображають можливість знаходження самкою трихограми яєць природних хазяїв.

Найширший діапазон сприятливих температур, за яких пошукова активність самок змінюється від 0,5 до 0,75, виявляла природна популяція трихограми (рис. 1.3.1). Максимально наближена до природної популяції – трихограма, яку розводили за експериментальною методикою [1]. Щодо методик інших авторів, на високому рівні були результати трихограми у 3-му варіанті.

Трихограма у 2-му варіанті мала таку саму максимальну пошукову активність, проте значно менше діапазон сприятливих температур. Показники робочої культури можна назвати задовільними лише за температури 26 °С. Аналогічними були результати оцінювання міграційної здатності трихограми (рис. 1.3.2).

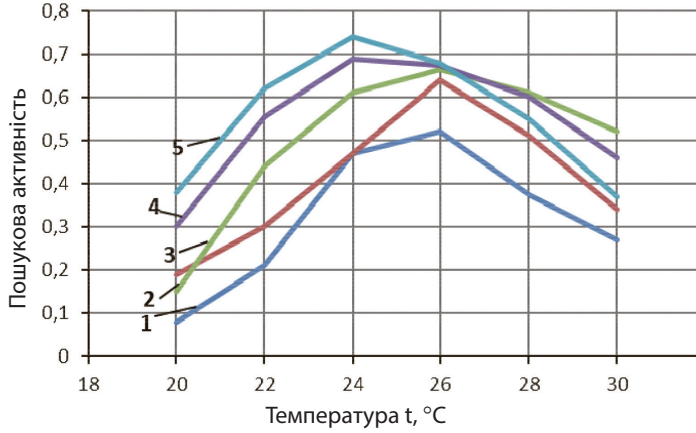


Рис. 1.3.1. **Пошукова активність трихограми за різних температур:** *1* – робоча культура Е1110О; *2* – популяція, яку отримано за методикою Резніка [2]; *3* – популяція, яку отримано за експериментальною методикою [3]; *4* – популяція, яку отримано за експериментальною методикою [4]; *5* – природна популяція

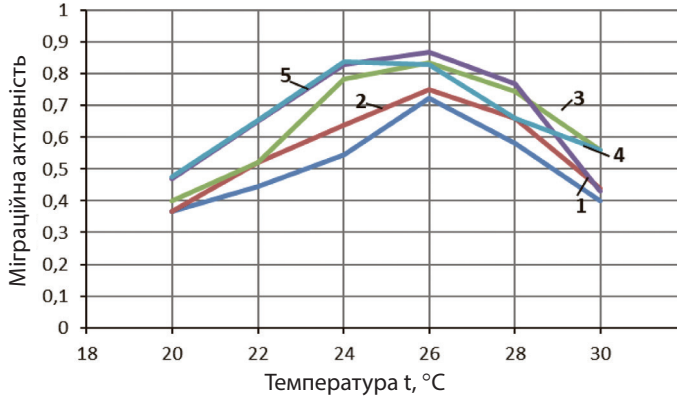


Рис. 1.3.2. **Міграційна активність трихограми за різних температур:** *1* – робоча культура Е1110О; *2* – популяція, яку отримано за методикою Резніка [2]; *3* – популяція, яку отримано за експериментальною методикою [3]; *4* – популяція, яку отримано за експериментальною методикою [4]; *5* – природна популяція

Отже, результати дослідження показали, що особини природної популяції трихограми мають високі показники життєздатності, а також адаптивності до різних температурних умов. Використання експериментальної методики розведення трихограми при змінних температурах дало змогу наблизитися до показників природних популяцій [5]. Методики інших авторів мали значний ефект, проте було видно, що такі режими не є оптимальними для цієї культури, а відповідно методики потребують коректування для кожної локальної популяції окремо.

Показники енергозбереження характеризують діяльність, спрямовану на ефективне використання та економне витрачання теплоенергетичних ресурсів на всіх стадіях їх життєвого циклу за створення та функціонування адаптивних технологій.

Вихідними умовами для формування енергетичного оцінювання ентомологічного виробництва є:

- економічний результат господарської діяльності біофабрики або біолабораторії;
- сумарне споживання енергоресурсів на технологічні цілі для виробництва ентомопродукції за розрахунковий період (електроенергії, теплоенергії, технологічного палива тощо);
- рівень реалізації енергоощадних технологій, економічних теплових схем, енергоощадного обладнання тощо;
- витрата енергії (енергоресурсів і енергоносіїв) на виробництво одиниці продукції;
- кількість продукції, виробленої за розрахунковий період.

Показники, що характеризують енергетичні витрати на виробництво ентомокультур за різними технологічними варіантами, в сукупності узагальнюються критерієм енергетичної ефективності. На ефективність використання енергії у виробничих процесах сільського господарства значно впливає ступінь обліку локального кругообігу енергії. Тому традиційні методи зіставлення витрат і віддачі живої і матеріалізованої праці потрібно вдосконалювати на основі біоенергетичного змісту ресурсів, використаних за виробництва ентомопродукції. Біоенергетичне оцінювання має на меті визначення співвідношення кількості енергії, що акумулюється в урожаї сільськогосподарських культур у процесі використання

біозахисту, і витрат енергії, вкладених у виробництво ентомокультур. Для повного оцінювання цього потоку потрібно знати енергетичні еквіваленти одиниці маси ентомолабораторних будівель і споруд, технологій, приладів, матеріалів, сировини тощо.

Виробничу діяльність у сфері енергозбереження характеризують порівняльними показниками енергоспоживання та енергоємності виробництва продукції, а також абсолютними, питомими і відносними показниками енергоспоживання, втратами енергетичних ресурсів у ході господарської діяльності (рис. 1.3.3).

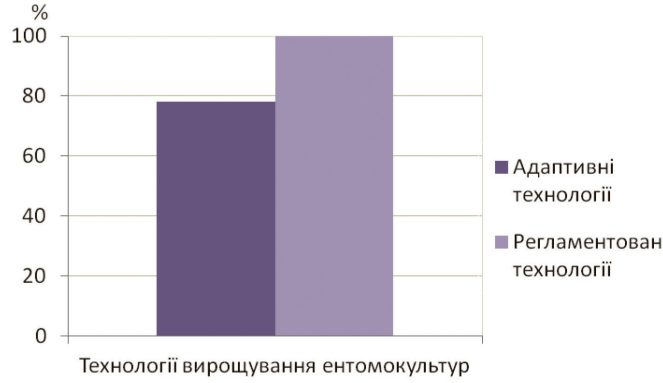


Рис. 1.3.3. **Енергетичний аналіз альтернативних технологій вирощування ентомокультур**

Енергетичний критерій найповніше відображає енергоємність процесу за виробництва продукції рослинництва в сільському господарстві – його слід прийняти за показник енергетичної ефективності технологічного процесу збирання врожаю. Цей показник за біоенергетичного оцінювання визначається відношенням загальних енерговитрат для всієї ентомологічної лабораторії до енерговитрат безпосередньо для процесу виробництва ентомокультури:

$$K_k^{\text{енер}} = \frac{\sum П_k^i}{\sum E} = \frac{\sum П_k^i}{E_{\text{пр}} + E_{\text{нп}} + E_{\text{інв}}}, \qquad (1.3.2)$$

де $K_k^{\text{енер}}$ – енергетичний критерій; $\sum П_k^i$ – загальні енерговитрати ентомологічної лабораторії, МДж; $E_{\text{пр}}$, $E_{\text{нп}}$, $E_{\text{інв}}$ – відповідно прямі, непрямі й інвестиційні витрати енергетичного характеру, МДж.

До прямих витрат енергії за виробництва ентомокультур належать енергоресурси: паливно-мастильні матеріали (ПММ), електроенергія, газ тощо, а так само витрати праці робітників. Непрямі витрати – витрати енергії на матеріали, вироблені раніше і використані в процесі виробництва ентомокультур: матеріали, сировина, обладнання підготовки мікроклімату та ін., повністю витрачаються в процесі одного циклу виробництва. Інвестиційні витрати енергії складаються з витрат енергії на будівництво виробничих і допоміжних об'єктів, виробництво машин та обладнання, що застосовуються в цій технології, зараховано до одного року або циклу їх використання.

Отже, за вибору раціональної технології вирощування ентомокультур критерій економічного характеру має в сумі враховувати вихідні кількісні та якісні параметри ентомопродукції:

$$K_k^{\text{екон}} = C_k^{\text{к}} + C_k^{\text{я}}, \qquad (1.3.3)$$

де $K_k^{\text{екон}}$ – економічний критерій оцінювання технології виробництва ентомологічної культури; $C_k^{\text{к}}$ – кількісний параметр вирощування ентомокультури на підставі безпосередніх експлуатаційних витрат (витрати на оплату праці, витрати на енергоресурси, відрахування на реновацію технічних засобів тощо), пов'язаних з її отриманням; $C_k^{\text{я}}$ – якісний параметр вирощування ентомокультури, тобто на підставі отриманого економічного ефекту від реалізації кінцевого продукту біозахисту за обраною адаптивною технологією щодо базової.

Технологія (технологічне рішення), у якій буде менше значення оцінного критерію економічного характеру, та і буде економічно ефективнішою.

Для розробки критеріїв і методики комплексного оцінювання ефективності функціонування та конкурентоспроможності адаптивних технологій вирощування проводився економічний аналіз капітальних і експлуатаційних витрат на їх реалізацію. Комплексне завдання формування виробництва полягало в основних напрямах:

- високий тепловий захист будівлі (використання ефективних будівельних матеріалів і конструкцій);
- установка ефективних приладів опалення з високим коефіцієнтом теплопередачі;

- створення енергоощадної системи кондиціювання повітря (використання води з артезіанської свердловини, сонячних батарей тощо).

Проведено економічне порівняння альтернативних технологій з базовою системою створення мікроклімату. Запропоновано до розгляду системи підготовки мікроклімату з використанням енергоощадних технологій. Економічні витрати за розробки та впровадження системи кондиціювання повітря з використанням геотермальних джерел холоду майже в 5 разів менше, ніж для системи кондиціювання повітря з базовою схемою холодопостачання (рис. 1.3.4).

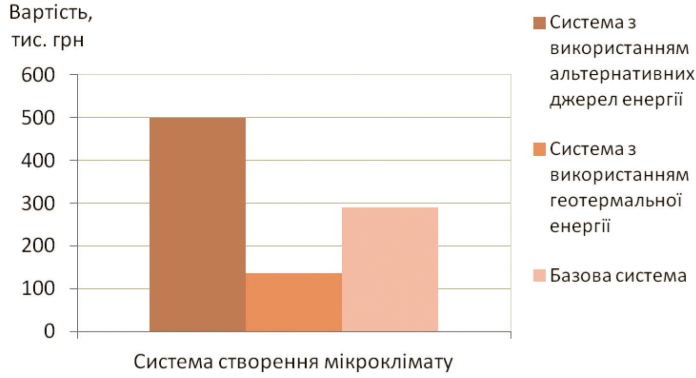


Рис. 1.3.4. **Економічне порівняння систем підготовки повітря для технологічних приміщень вирощування комах**

Вартість реалізації системи кондиціювання повітря з використанням альтернативних джерел енергії майже в 10 разів більше системи підготовки мікроклімату за базовою технологією. Порівняно з базовою системою використання альтернативних джерел має ряд переваг – забезпечує низькі експлуатаційні витрати, менші терміни окупності, забезпечує повну незалежність від загальної лінії електропостачання. Перелічені фактори говорять про ефективність функціонування і конкурентоспроможності альтернативної системи [6, 7].

В Україні останніми роками при виході на світові ринки реалізації сільськогосподарської продукції екологічні питання набувають дедалі більшого значення, тому одночасно з техніко-економічним проводять також екологічний аналіз.

Сучасним методом порівняння альтернативних варіантів технологій ентомологічного виробництва з погляду екоефективності при виборі технологічного обладнання, зокрема системи створення необхідного мікроклімату, є аналіз їх техніко-економічних та екологічних показників за повний життєвий цикл, тобто з урахуванням показників утилізації за методом LCA (Life Cycle Assessment), що передбачає:

- оцінювання впливу на навколишнє середовище продукції (процесу) за допомогою визначення кількості енергії і матеріалів, використаних за повний життєвий цикл продукції (процесу), можливих шкідливих викидів у навколишнє середовище;
- оцінювання здатності зниження екологічного впливу аналізованої продукції (процесу). Методологію LCA розроблено відповідно до стандарту ISO 14040.

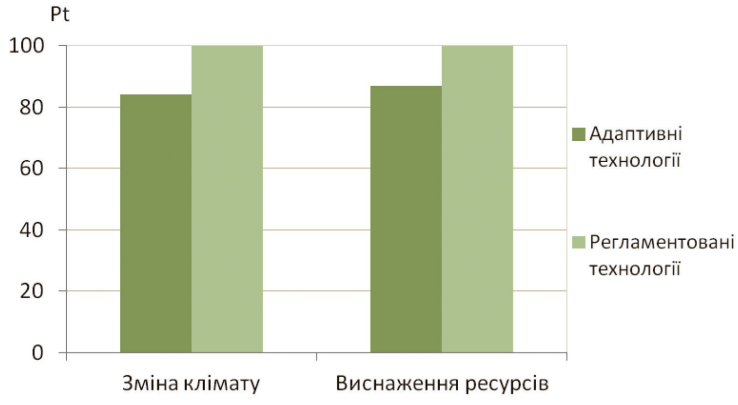
Екологічне оцінювання технологій ентомологічного виробництва проводять при екологічному обґрунтуванні обраного способу виробництва і технології з урахуванням всіх екологічних наслідків цієї технології та екологічного впливу технологій на навколишнє середовище з метою довести їх екологічну безпеку або встановити ступінь їх небезпеки.

Порівнюючи технологічні рішення при розробці екологічно безпечних технологій, потрібно оцінити їх технологічну унікальність відповідно до наявних аналогів [8]. Після зіставлення технологічних характеристик та чинних нормативів визначаються обмеження для впровадження технології і допустимі умови її експлуатації (рис. 1.3.5).

Якщо в результаті екологічного оцінювання відзначається висока небезпека технологій, потрібна розробка технологічної альтернативи.

Критерій екологічної спрямованості, $K_k^{\text{екол}}$ загалом можна уявити як функцію, що враховує сукупний вплив таких показників, які зумовлюють технологічний процес вирощування ентомокультур, як: шкідливі викиди в атмосферу ДВС – ε; шум – ς; запиленість повітря – ξ; ГДК забруднювачів – μ; вплив електродвигунів – ζ:

$$K_k^{\text{екол}} = f(\varepsilon, \varsigma, \xi, \mu, \zeta). \qquad (1.3.4)$$



Pt – еко-індикатор

Рис. 1.3.5. **Екологічний вплив альтернативних технологій за повний життєвий цикл**

Для виявлення найбільш ефективного варіанта адаптивних технологій серед кількох наявних альтернатив здійснюється порівняння варіантів:

$$I_k^n = \frac{K_K^n - K_{KБаз}^n}{K_{KБаз}^n} \cdot 100, \qquad (1.3.5)$$

де I_k^n – індекс, що відображає ефективність технологічного варіанта виробництва ентомокультур, який обрано щодо базового за *n*-критеріями (економічному, енергетичному, екологічному); K_K^n – загальний критерій оцінювання адаптивних технологій вирощування ентомокультур; $K_{K\,Баз}^n$ – загальний критерій оцінювання базових технологій вирощування ентомокультур.

Оперування одним критерієм для прийняття правильного рішення щодо обрання найефективнішої технології виробництва вирощування ентомокультур не забезпечить високу вірогідність правильності вибору [9]. Для цього потрібно брати до уваги кілька критеріїв, тобто вирішувати багатокритеріальне завдання. Повніше оцінювання ефективності технології вирощування ентомокультур будь-якого конкретного виду ентомоакарифагів K_k буде проведено за чотирма критеріями за розгляду їх у взаємодії між собою:

$$K_k = f(K_k^{я}, K_k^{екон}, K_k^{енер}, K_k^{екол}), \quad (1.3.6)$$

де K_k – критерій оцінювання ефективності технології вирощування ентомокультури; $K_k^{я}$– критерій оцінювання якісних показників ентомокультури; $K_k^{екон}$ – критерій економічного оцінювання адаптивних технологій; $K_k^{енер}$ – критерій енергетичного оцінювання; $K_k^{екол}$– критерій екологічного оцінювання.

Обґрунтований вибір технології отримання всіх складових, своєчасний перехід з однієї технології на іншу, прийняття раціонального техніко-технологічного рішення в оперативному режимі допоможе запобігти як кількісним, так і якісним втратам, мінімізувати витрати, пов'язані з переходом на іншу технологію, і загалом підвищити ефективність виробництва вирощування ентомокультур.

Для достовірного вирішення завдань прогнозування та конструювання біотехнологічного обладнання потрібно досліджувати та враховувати значну кількість факторів впливу, кількість яких постійно збільшується завдяки успішному розвитку агробіотехнологій, що важко врахувати навіть кваліфікованим фахівцям. Це зумовлює необхідність розроблення експертної системи багатофакторного аналізу для вибору конструкційного виконання обладнання, яке забезпечує механізацію біотехнологічних альтернатив в сільськогосподарському виробництві [10].

Проаналізовано сучасні методи проєктування – для реалізації поставленого завдання обрано комплексний метод, що включає методи морфологічного аналізу, ітерацій та оптимізації. Структуру цього комплексного методу представлено виконанням таких етапів: постановка (оцінювання) проблеми загалом, розкладання проблеми на компоненти (параметри або характеристики об'єкта), визначення для кожного параметра можливих варіантів, складається (розробляється) морфологічний ящик або матриця, комбінація параметрів або альтернативних рішень, прийняття рішень щодо оптимального варіанта, визначення показників нового об'єкта та розробка нового об'єкта [11, 12].

Прикладом реалізації комплексного методу стала розробка інформаційної бази даних (БД). БД створено у середовищі MS Access 2010 із використанням системи керування базою даних (СКБД) (рис. 1.3.6).

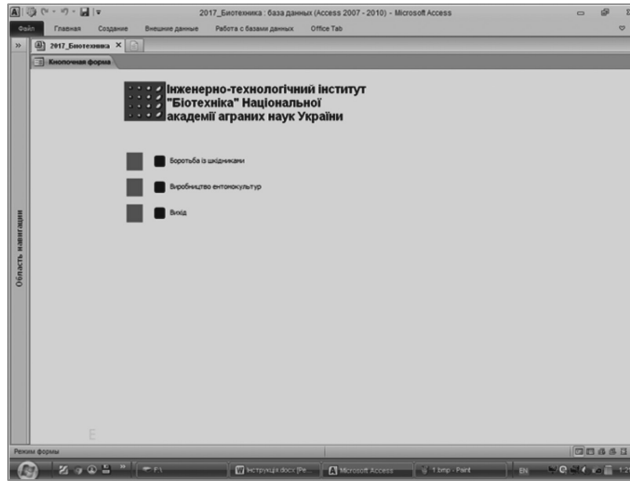


Рис. 1.3.6. **База даних у середовищі Access 2010**

Структурування БД представлено на рис. 1.3.7.

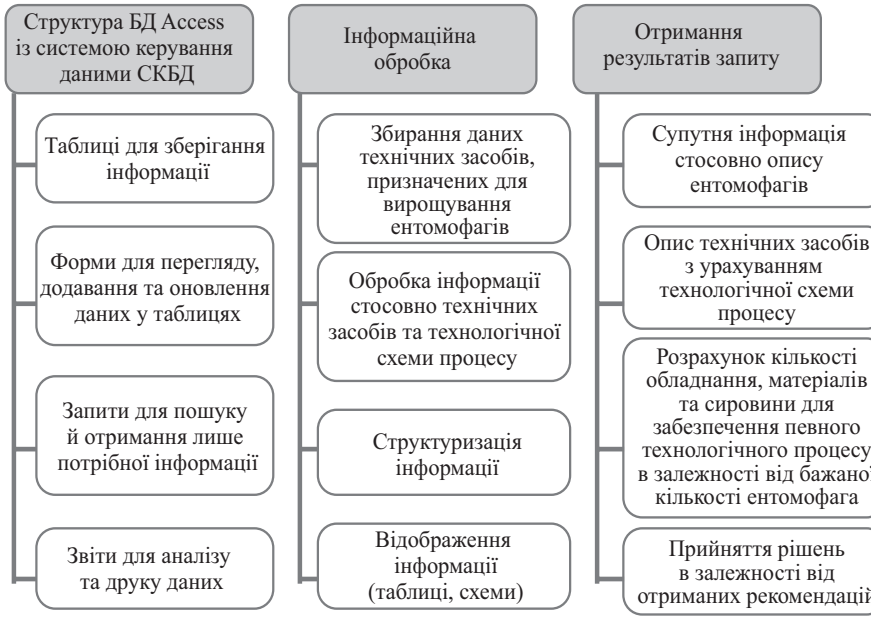


Рис. 1.3.7. **Структурування БД**

Розробка БД передбачала п’ять етапів.

Перший етап (постановка проблеми проєктування систем, призначених для реалізації адаптивних технологій вирощування ентомокультур) – було сформоване завдання щодо створення БД, в якому був опис складу БД (опис ентомокультури (рис. 1.3.8), стадії онтогенезу, технологічні схеми виробництва тощо), призначення та цілі її створення (вирощування ентомофагів та захист рослинних культур від шкідників), а також перелічувалися види робіт, які передбачається виконувати в цій БД (розрахунок потрібної кількості сировини, матеріалів та обладнання на різних стадіях онтогенезу для забезпечення кожного технологічного процесу лінії виробництва ентомофага).

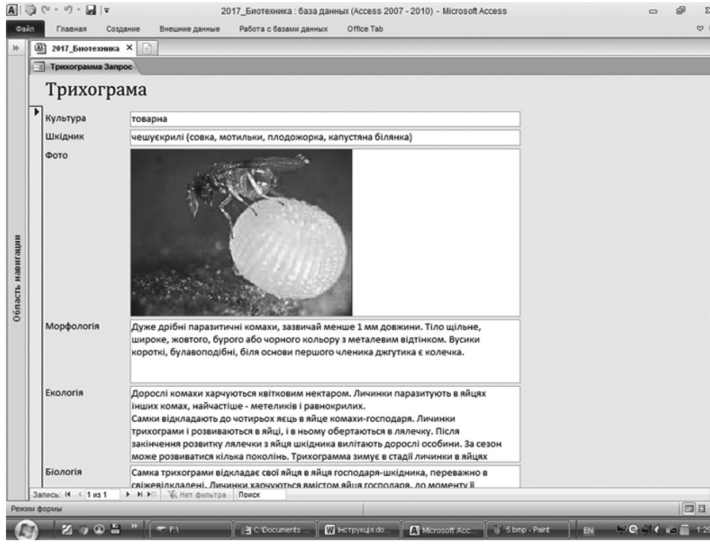


Рис. 1.3.8. **Скріншот опису ентомокультури в БД на прикладі трихограми**

Другий етап (аналіз різних типів ентомокультур – фітофагів, ентомофагів, акарифагів) – визначився склад об’єктів БД (нині в базі даних представлено інформацію щодо вирощування 12 видів ентомокультур (рис. 1.3.9)), їхні властивості (екологічний та біологічний опис, технологічна схема виробництва із описом кожного технологічного процесу, стадії онтогенезу, оцифровані зображення комах тощо).

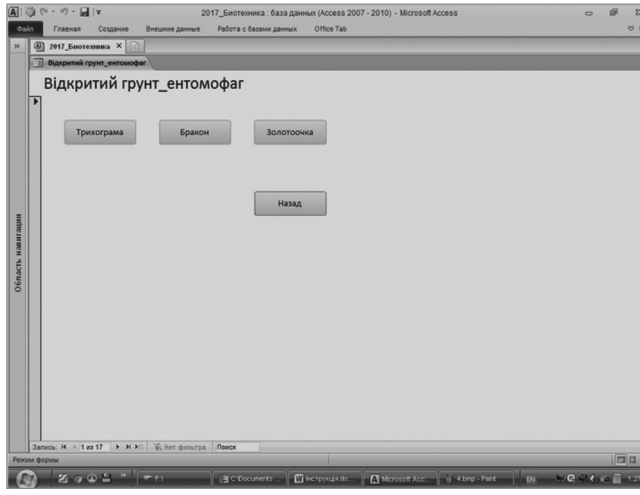


Рис. 1.3.9. **Скріншот переліку ентомофагів у БД**

Третій етап (синтез моделі) – обрано реляційну модель БД, яка складається з окремих таблиць, створено схему моделі із зазначенням зв'язків між таблицями та вузлами (зв'язок між видами ентомокультури та відповідною до неї інформацією – описом, стадіями онтогенезу, технологічною схемою виробництва (рис. 1.3.10)), технологічними процесами, переліком та характеристикою потрібної сировини, матеріалів, обладнання, відповідними оцифрованими зображеннями тощо).

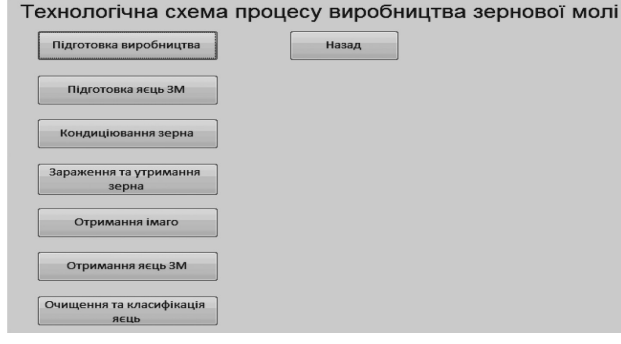


Рис. 1.3.10. **Скріншот опису технологічної схеми процесу виробництва на прикладі зернової молі**

Четвертий етап (способи подання інформації, програмний інструментарій) – вибір програми СКБД (внесення змін, редагування, додавання нової інформації до БД здійснює оператор, відповідно до наданого дозволу; користувач БД отримає інформацію відповідно до зробленого ним запиту) і форми подання інформації; структурування вторинних даних за допомогою класифікаторів, які відображають супідрядність типу комах, їх опису і виробництву, що дає можливість здійснювати їх узагальнення за кожним із цих аспектів, звертаючись до будь-якого рівня класифікації кожного з них; з метою мотивації використання БД запропоновані для використання запити спрощено, щоб до їх вирішення міг залучитися користувач, який навіть не має біологічної кваліфікації.

П'ятий етап (синтез комп'ютерної моделі об'єкта і технологія його створення) поділяється на стадії: запуск СКБД здійснюється за допомогою кнопкової форми, яку створено, що представлено двома інтерфейсами – виробництво ентомофага та захист від шкідників (рис. 1.3.11); створено таблиці із вселенням всіх необхідних даних – комахи та технологічні процеси; створено екранні форми – ентомокультури відкритого ґрунту, ентомокультури закритого ґрунту, фітофаги, ентомокультура (кожний тип окремою формою), технологічна схема виробництва, технологічний процес; потім було здійснено заповнення БД.

Створена БД дала змогу структурувати інформацію щодо технічних засобів, потрібних за вирощування ентомофагів для кожного окремого процесу виробництва. Це спростило процес проєктування лінії ентомологічного виробництва; дало можливість визначити зі всієї безлічі варіантів допустиму множину, яка задовольняє всім вимогам, що висуваються до технології, і має найкращі показники за використання продукції у зональних біотехнологічних системах біологізації землеробства [13]. Отримали змогу в автоматичному режимі розраховувати потрібну кількість сировини, матеріалів та обладнання для здійснення технологічних процесів вирощування ентомокультур з урахуванням стадій онтогенезу. Зіставлення результатів розрахунку, внаслідок зміни вихідних даних, надає змогу виявити оптимальні рішення щодо поставленого завдання.

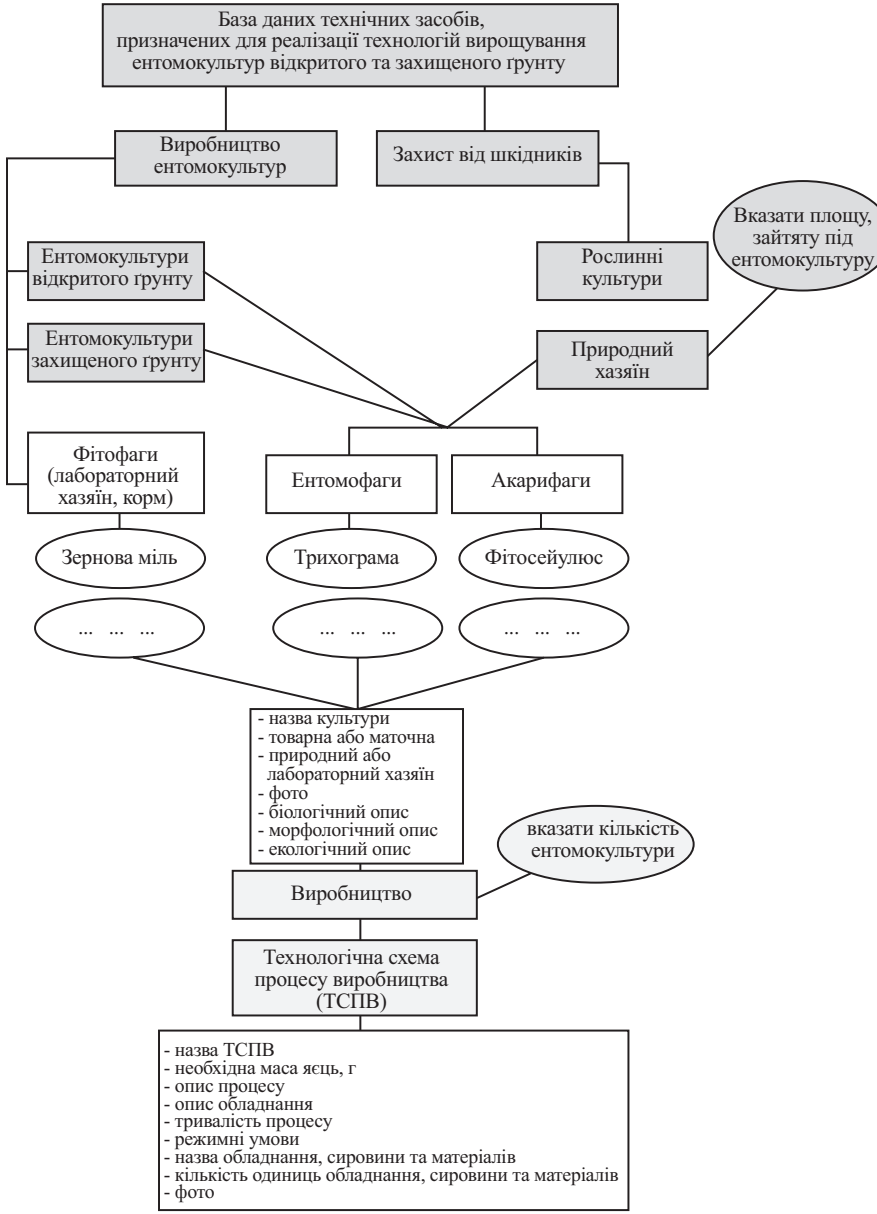


Рис. 1.3.11. **Блок-схема БД**

За проєктування нових приміщень ентомологічного виробництва, технічного переозброєння і реконструкції діючих біолабораторій і біофабрик потрібно передбачати прогресивні технології та технічні рішення, що забезпечують економію паливно-енергетичних ресурсів, підвищення якості біоагентів, зниження собівартості продукції, ефективне використання капітальних вкладень, сприятливі умови праці та охорону навколишнього середовища.

Однією з найважливіших умов отримання якісного біоматеріалу є підтримання стабільних гідротермічних параметрів (температури і вологості) в різних технологічних процесах виробництва, для чого біофабрика повинна мати примусову систему кондиціювання повітря, постійне джерело теплопостачання та датчики для реєстрації зміни температури і вологості повітря.

За проєктування механізованої лінії з виробництва більшості видів ентомофагів обов'язковим є наявність такого обладнання:

- системи кондиціювання повітря (центральні та автономні);
- зволожувачі повітря;
- холодильні установки;
- кліматичні універсальні шафи, призначені для розведення та зберігання ентомофага.

Розроблено методику розрахунку тепловологісного навантаження приміщення ентомологічної лабораторії на прикладі виробництва зернової молі (ЗМ). На сьогодні дуже розрізнена інформація щодо обладнання для забезпечення мікроклімату ентомологічних приміщень [14]. Утім ціна використання такого обладнання істотна і має велике значення в оцінюванні реалізації адаптивних технологій з погляду техніко-економічного оцінювання. Наприклад, установка мікроклімату для функціонування модуля (16 боксів) виробництва ЗМ продуктивністю близько 6000 $м^3$/год вітчизняного виробника буде коштувати близько 50 тис. грн. Вартість кліматичного обладнання має істотне значення для техніко-економічного оцінювання реалізації адаптивних технологій [15]. Розповсюджене використання спліт-систем не є технічно правильним рішенням для поставленого завдання (забезпечення окрім температури ще й вологості повітря). Тому виникає необхідність у детальному розрахунку кліматичного обладнання. Оцінювання теплонадходжень до

виробничих лабораторій, розрахунок необхідної витрати повітря забезпечить можливість надалі обрати апарати (складові кліматичної установки) із необхідними характеристиками [16]. Теплонадходження до лабораторії виробництва ЗМ складається з таких складових – від огорож (стіни, покрівля, вікна), від інфільтрації (тепло з повітрям, що надходить із відкриванням вікон та дверей) та від внутрішніх джерел (обладнання, освітлення, комах та зерна, відкритих поверхонь води, людей тощо) (рис. 1.3.12).

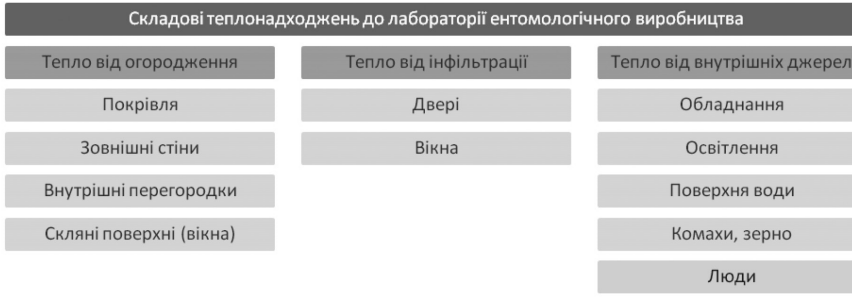


Рис. 1.3.12. **Складові теплонадходжень до технологічних приміщень ентомологічних виробництв**

Також було зроблене оцінювання теплонадходжень у відсотках до лабораторії виробництва зернової молі (рис. 1.3.13).



Рис. 1.3.13. **Оцінювання теплонадходжень до лабораторії виробництва зернової молі за цикл,** %

Аналіз показав, що найістотнішим внеском є тепло, яке надходить до приміщення від огорожі (зовнішні стіни) та внутрішніх джерел тепла (виробниче обладнання, освітлення).

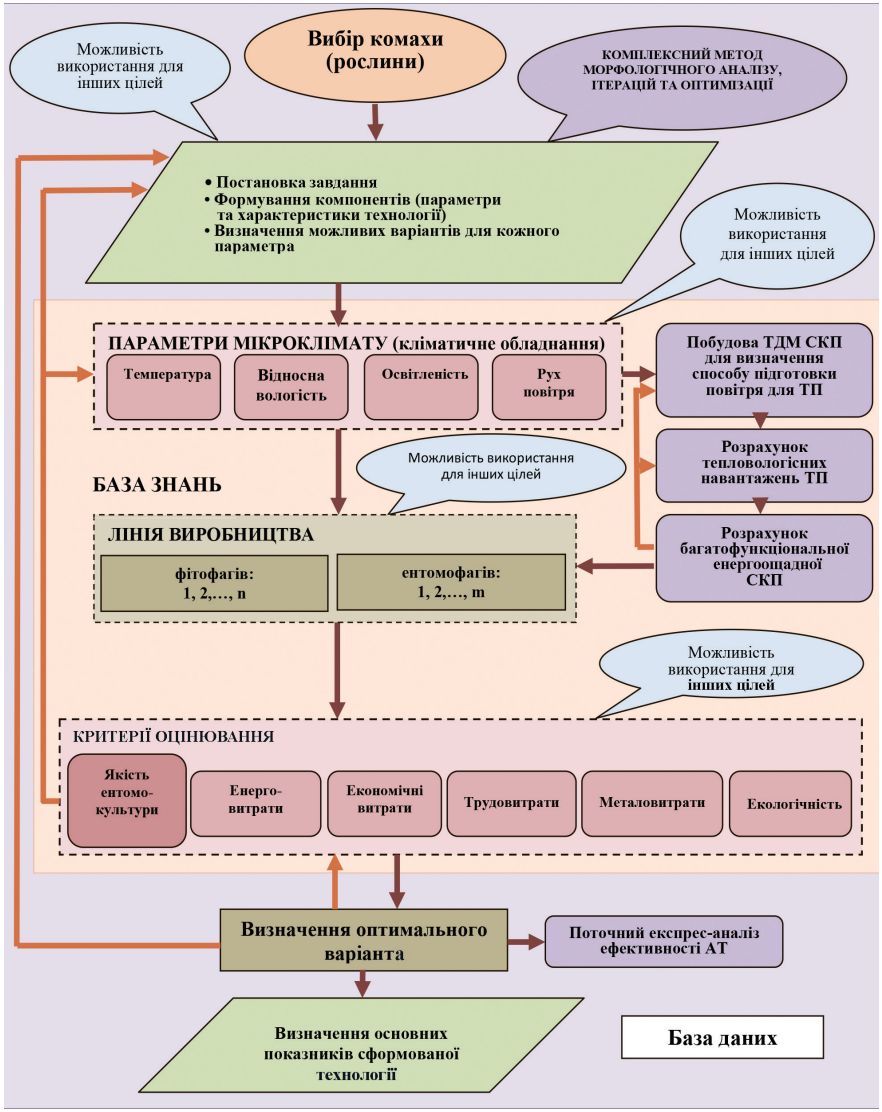


Рис. 1.3.14. **Структура методики проєктування адаптивної технології вирощування ентомокультур із застосуванням Бази даних**

Досліджено весь етап формування в заданих умовах ефективного комплексу технічних засобів для реалізації адаптивних технологій, що враховує життєвий простір комах, оптимальні параметри мікроклімату, життєдіяльність комах у техноценозі (див. рис. 1.3.14) [4].

Проаналізовано регламентовані й адаптивні технології на прикладі вирощування трихограми. Порівняльний екологічний аналіз двох систем показав переваги використання адаптивних технологій.

Висновок

Для створення адаптивних технологій вирощування ентомокультур у відкритому та захищеному ґрунті було розроблено комплексний метод проєктування, що включає в себе морфологічний аналіз комах, визначення технології вирощування та її оптимізацію на основі методу послідовних ітерацій. Результати досліджень дають змогу формувати адаптивні технології вирощування ентомокультур для забезпечення прогнозованих потреб землеробства у біологічних засобах захисту рослин у межах визначеної кліматичної зони. При цьому визначаються продуктивність та номенклатура продукції виробничого комплексу, а технологічні лінії з виробництва конкретних біозасобів формуватимуться технічними вимогами.

Метод проєктування, який запропоновано, дає можливість сформувати підхід до створення нових та забезпечення адаптивних властивостей наявних технологій, зокрема технологій вирощування ентомофагів. Використання методу забезпечить зменшення потреби у виробничій площі до 30 % при одночасному скороченні необхідного обслуговуючого персоналу на 20 %, що веде до скорочення як капітальних витрат на організацію виробництва, так і витрат на його подальшу експлуатацію.

Список використаних джерел до підрозділу 1.3

1. *Вихідні* вимоги до критеріїв оцінки адаптивних технологій вирощування ентомокультур: свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 94639 від 10.12.2019.
2. *Резник С. Я.* Экологические и эволюционные аспекты фототермической регуляции диапаузы у трихограмм. *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2011. С. 434–443.

3. *Жученко А. А., Урсул А. Д.* Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства: роль науки в повышении эффективности растениеводства. Штиинца, 1983. 304 с.
4. *Методика* проєктування адаптивної технології вирощування ентомокультур: свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 101776 від 14.01.2021.
5. *Krutyakova V., Pishchanska N., Bulgakov V., Adamovics A.* Investigation of the efficiency of adaptive technologies and technical means for growing entomocultures. *Engineering for rural development:* Proc. of 19th int. sci. conf. (Jelgava, 20–22 May, 2020). Jelgava, 2020. P. 1175–1181.
6. *Бельченко В. М., Піщанська Н. О.* Вибір багатофункціональної енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату при вирощуванні трихограми за адаптивною технологією. *Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи*: матеріали міжнар. конф. (1–5 жовт. 2018, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ*. № 53. Одеса: ПП «Фенікс», 2018. С. 32–39.
7. *Вихідні* вимоги до створення енергоефективних систем забезпечення абіотичних факторів в адаптивних технологіях вирощування ентомокультур: свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 108269 від 30.09.2021.
8. *Бельченко В. М., Пищанская Н. А.* Экологический критерий оценки технологий выращивания энтомокультур. *Защита растений в традиционном и экологическом земледелии :* материалы междунар. науч. конф. (10–12 дек. 2018, г. Кишинев). Кишинев, 2018. С. 302–305.
9. *Складові* енергоефективних систем забезпечення абіотичних факторів в адаптивних технологіях культивування маточних ентомокультур: свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 108270 від 30.09.2021.
10. *Бельченко В. М., Пищанская Н. А.* Оптимизация схемы подготовки воздуха для технологических процессов энтомологических производств. *Биологические системы производства и применение средств биологизации земледелия:* матеріали міжнар. конф. (3–7 жовтня 2016, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 49. Одеса: ПП «Фенікс», 2016. С. 35–40.
11. *Алгоритм* бази даних технічних засобів, призначених для реалізації технологій вирощування ентомокультур закритого та відкритого грунту: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 82741 від 09.11.2018.
12. *База* даних «Інтерактивна модель виробництва ентомокультур для захисту рослин»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 82742 від 09.11.2018.

13. *Бельченко В. М., Піщанська Н. О., Таргоня В. С.* База даних як метод проєктування систем, призначених для реалізації адаптивних технологій вирощування ентомокультур. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України:* зб. наук. пр. 2019. № 25 (39). С. 160–168.
14. *Бельченко В. М., Піщанська Н. О., Подмазко О. С.* Методика розрахунку тепло-вологісних навантажень технологічних приміщень ентомологічних виробництв. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: загальнодерж. зб. 2017. С. 128–135.
15. *Бельченко В. М., Піщанська Н. О.* Використання регулярних насадок при створенні мікроклімату для реалізації адаптивних технологій вирощування ентомокультур. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: загальнодерж. зб. 2017. С. 136–143.
16. *Krutyakova V., Bulgakov V., Adamovics A., Pishchanska N.* Selection of optimal dimensions of air humidification section in microclimate preparation system for growing ofentomophages. *Engineering for rural development*: Proc. of 18th int. sci. conf. (Jelgava, 22–24 May, 2019). Latvia. Jelgava, 2019. P. 1533–1538.

1.4. Інформаційно-технічне забезпечення виробництва ентомофагів

Чернова І. С.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Отримання ентомологічної продукції гарантованої якості у процесах її масового виробництва має велике значення для подальшого ефективного використання в агроценозах. Роль застосування ентомофагів як елемента комплексного захисту рослин полягає в економічному ефекті – зниженні витрат на захист рослин у 3–4 рази порівняно з хімічними обробками; екологічному ефекті – збереженні корисних організмів у природі, створенні умов для зменшення забруднення навколишнього середовища і виробництва органічного землеробства [1].

Ентомологічне виробництво – це відтворення у штучних умовах процесів морфогенезу комах з відбором частини або всієї штучної популяції комах у вигляді товарної продукції [2]. Товарною продукцією є як ентомофаги й акарифаги, так і фітофаги [2].

З позиції теорії керування виробництво ентомофагів:

- являє собою динамічну систему, що складається з підсистем розведення комахи-хазяїна, комахи-паразита (хижака), зберігання комахи-паразита (хижака), зв'язаних між собою матеріальними потоками [3];
- може належати до біотехнічних систем ергатичного типу, що являють собою системи «людина – машина», де людина виконує функції оператора [4];
- потребує розробки технічних систем керування на базі комп'ютерно-інтегрованих інформаційних технологій. Будь-яке керування є процесом цілеспрямованої переробки інформації [5].

Комплексне вирішення цього завдання ґрунтується на використанні автоматизованих систем керування технологічними процесами і виробництвами, особливістю яких є використання значних обсягів інформації як у режимі реального часу, так і для аналізу та статистичної обробки даних та вироблення нових стратегій управління об'єктами [6].

Складність керування виробництвом ентомофагів полягає в наявності значної кількості зв'язаних між собою підпроцесів (підготовка поживного середовища комахи-хазяїна, розведення комахи-хазяїна, оцінювання якості ентомокультур, розведення ентомофага, формування товарної продукції та ін.), що піддаються впливу випадкових факторів (часткова втрата працездатності обладнання, різка зміна температури навколишнього середовища, припинення постачання електроенергії, старіння обладнання тощо); при цьому критерії оптимізації підпроцесів не збігаються з критеріями оптимізації виробництва загалом [7]. Також важливими особливостями виробництва є невизначеність біологічного об'єкта, яка виявляється у його різній поведінці за дією сукупності факторів впливу [7, 8], та наявність значної кількості слабоструктурованих залежностей.

Якість ентомологічної продукції, що оцінюється за біологічними показниками (плодючість, статевий індекс, маса гусениць, маса яєць та ін.), залежить від значної кількості параметрів (температури та відносної вологості повітря в зоні розведення комах; кількості яєць комахи-хазяїна, внесених в поживне середовище; висоти шару

поживного середовища; виду поживного середовища; якості комахи-хазяїна та ін.) та безпосередньо пов'язана з якістю технологічних процесів. При цьому формалізація таких залежностей найчастіше відсутня [7].

На сьогодні відомі напрями досліджень щодо удосконалення біотехнологічних процесів виробництва ентомокультур стосуються: розробки засобів автоматизації та забезпечення якості вироблених комах; пооперaційного контролювання біологічних показників якості ентомофага та його хазяїна; розробки технологічного обладнання для промислового розведення ентомокультур; нових підходів до контролю за якістю культур комах за розведення; створення комплексних систем масового напрацювання ентомокультур; розробки інтелектуальних систем керування виробництвом ентомофагів.

Сучасні технології виробництва, зокрема й ентомофагів, спрямовано на зменшення собівартості товарної продукції, що досягається зазвичай за рахунок зменшення споживання енергоресурсів [9].

Якість технологічних процесів виробництва ентомофагів оцінюється за:

- рівнем автоматизації;
- рівнем технологічної керованості в умовах збурень;
- точністю підтримки абіотичних параметрів постадійного розвитку комах (температури та відносної вологості повітря) у спеціалізованому боксі для їх розведення;
- рівнем технологічної інтенсивності процесів;
- коефіцієнтом завантаження обладнання;
- рівнем якості ентомологічної продукції;
- якістю підготовки поживного середовища.

При цьому порушення процесів (спрацьованість обладнання, часткове припинення постачання електроенергії, тривале розведення потомства вихідної популяції тощо) призводять до відхилень показників якості ентомологічної продукції від нормативних значень.

Контроль якості ентомофагів безпосередньо пов'язано з [3, 9]:

- визначенням оптимальних, економічно доцільних параметрів керування ентомологічним виробництвом;
- експериментальним оцінюванням ступеня змінювання показників якості;

- точністю підтримання температури та відносної вологості повітря в зоні розвитку ентомофагів із використанням автоматизованих систем.

Для багатоланцюгового ентомологічного виробництва контроль за якістю (КЯ) технологічних процесів представлено у вигляді системи К (рис. 1.4.1), що декомпозовано на підсистеми $К_1$ – КЯ на етапі розведення комахи-хазяїна, $К_2$ – КЯ на етапі розведення комахи-паразита (хижака), $К_3$ – КЯ на етапі зберігання комахи-паразита (хижака). Підсистема $К_1$ складається з елементів A, B і C: A – КЯ поживного середовища (ПС), B – КЯ якості заселення ПС комахою-хазяїном, C – КЯ комахи-хазяїна. Підсистема $К_2$ – з елементів D і E: D – КЯ заселення комахи-хазяїна комахою-паразитом (хижаком), E – КЯ

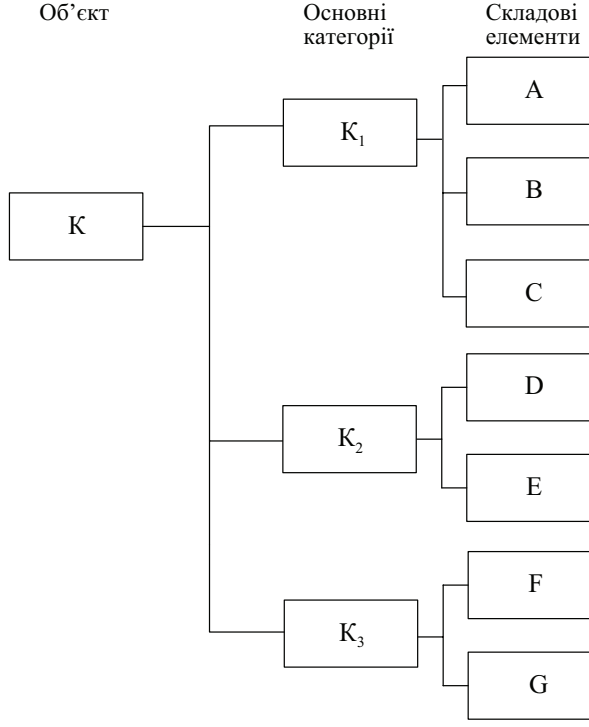


Рис. 1.4.1. **Діаграма ієрархічного процесу контролю за якістю технологічних процесів**

комахи-паразита (хижака) (КЯП). Підсистема $К_3$ – з елементів F і G: F – КЯП після короткочасного зберігання, G – КЯП після тривалого зберігання.

Контроль за якістю ентомофагів містить [10]:

- вибірковий аналіз певної частини ентомологічної продукції за біологічними показниками;
- апріорне ранжування факторів, що призводять до появи браку;
- автоматизований контроль абіотичних параметрів;
- контроль за якістю поживного середовища.

Основою побудови автоматизованих систем контролю за якістю ентомологічної продукції є структурування та агрегація даних щодо якості продукції та процесів її виробництва із використанням інформаційних технологій [11, 12]. При цьому головними етапами створення автоматизованих систем є [11]:

- розробка технологічної схеми багатоланцюгового технологічного процесу виробництва ентомокультур;
- вибір на технологічній схемі точок отримання інформації;
- вибір технічних засобів та місця їх розташування;
- розробка функціональної схеми автоматизації та її реалізація.

Розроблено автоматизовану систему керування якістю ентомологічної продукції на основі SCADA OWEN OPM [13], яка дає змогу в режимі реального часу керувати абіотичними параметрами постадійного розвитку комах із візуалізацією у вигляді таблиць та графіків, скоротити час обробки інформації, підвищити продуктивність праці. Алгоритм керування якістю містить завдання необхідних параметрів процесів, запуск процесів на виконання, збирання та обробку інформації, визначення показників якості ентомокультури, порівняння їх із нормативними значеннями, інтегральне оцінювання якості продукції [13].

Систематизовано інформаційні потоки контролю за виробництвом ентомологічної продукції (рис. 1.4.2), зокрема, означено вхідний, вибірковий, виробничий та індивідуальний контроль [14].

Під час створення технічних систем контролю за виробництвом ентомологічної продукції за критерієм якості важливими є врахування стохастичності технологічних процесів (різка зміна температури навколишнього середовища, втрата працездатності

обладнання, старіння обладнання тощо) та виявлення особливостей біологічної складової в умовах техноценозу, що потребує нових методичних підходів [14].

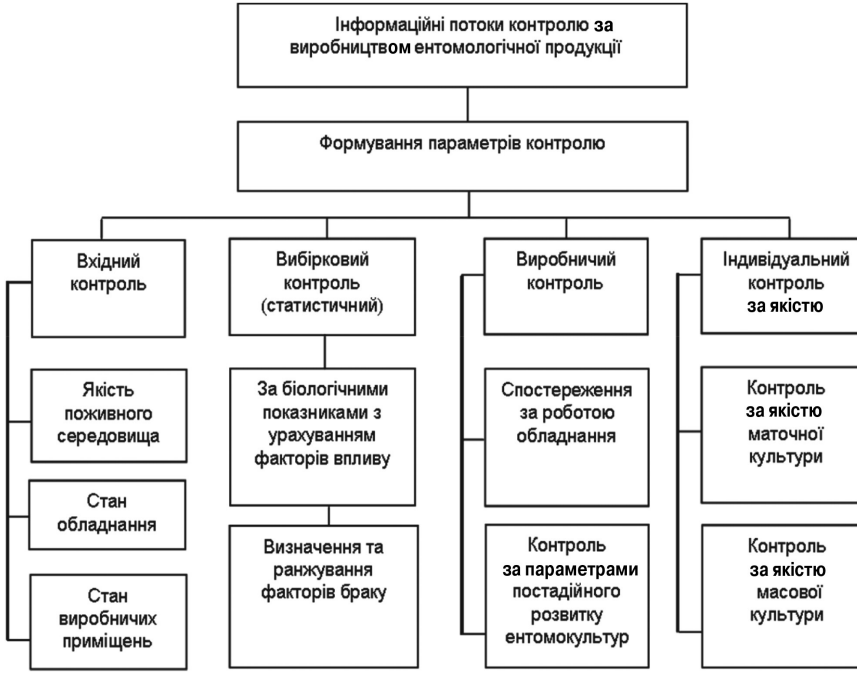


Рис. 1.4.2. **Структура інформаційних потоків контролю за виробництвом ентомологічної продукції** [14]

Розроблено інформаційну систему контролю за якістю ентомокультур (рис. 1.4.3) на основі автоматизованої SCADA OWEN OPM. Інформаційна система дає змогу використовувати знання про стан біологічної складової залежно від параметрів техноценозу для формування стратегій контролю в умовах невизначеності.

Розроблено алгоритм роботи системи контролю за якістю ентомофагів, який визначає послідовність дій щодо її забезпечення залежно від параметрів виробництва [10]. Основними етапами алгоритму є: завдання абіотичних параметрів (уставок регуляторів), технологічних параметрів (кількості яєць комахи-хазяїна, що внесено в поживне середовище; висоти шару поживного середовища;

виду поживного середовища та ін.); контроль за температурою та відносною вологістю повітря в зоні розведення ентомокультур, контроль за температурою поживного середовища, контроль за якістю ентомокультур, створення баз даних і баз знань, формування стратегій контролю [10].

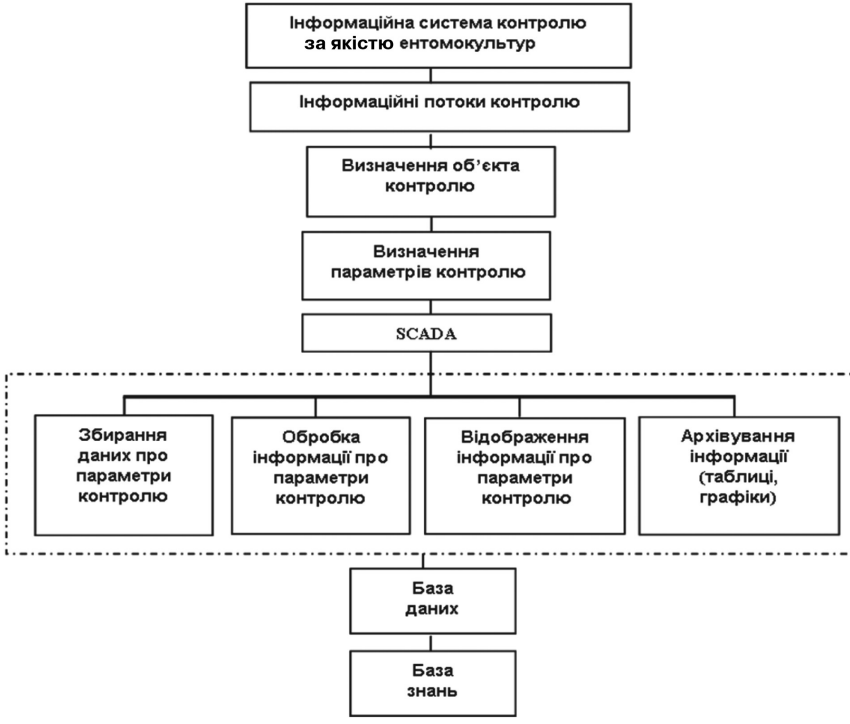


Рис. 1.4.3. **Функціональна схема інформаційної системи контролю за якістю ентомокультур**

При цьому за допомогою контролю за температурою поживного середовища можна оцінювати інтенсивність зараження зерна ентомокультурами та ступінь розвитку гусениць комах-хазяїв ентомофагів [10].

З метою підвищення ефективності виробництва ентомофагів формування стратегій його оптимального управління потребує застосування систем керування на основі методів штучного інтелекту,

використовуючи при цьому системну обробку знань щодо процесів виробництва з урахуванням технологічного досвіду фахівців, зокрема залежності показників якості ентомологічної продукції від параметрів впливу. Для мінімізації сумарних енергетичних витрат реалізація керувальних впливів на виконавчі пристрої систем керування має враховувати дії збурень та станів біологічної складової. Зазначене можливе завдяки використанню інтелектуальних систем керування [15, 16].

В основу створення інтелектуальних систем керування покладено два узагальнені принципи: керування на основі аналізу зовнішніх даних, ситуацій та подій (ситуаційне керування); використання сучасних інформаційних технологій оброблення знань [17].

Ситуаційне управління – найперспективніший метод вирішення завдань із керування функціональними станами технічної системи у реальному масштабі часу, який: дає змогу ухвалювати рішення на основі порівняння поточної ситуації із заданим набором можливих керувальних впливів згідно із ситуацією, що склалася в цей момент; потребує створення бази знань про об'єкт керування, його функціонування та способи керування цим об'єктом [18].

Головна архітектурна особливість, яка відрізняє інтелектуальні системи керування від традиційних, – це механізм отримання, зберігання й оброблення знань для реалізації функцій керування [17].

Основними факторами будь-якої системи керування є мета керування, інформація про стан об'єкта керування і середовища, керувальні дії, алгоритм керування [19]. Складності процесу побудови системи керування визначаються складністю об'єкта керування, а саме, відсутністю математичного опису, недетермінованістю, нестаціонарністю, відсутністю апріорної і поточної інформації про зовнішні збурення [19]. Під управлінням традиційно розуміють вироблення і здійснення суб'єктом цілеспрямованих впливів на об'єкт. Системний підхід до управління передбачає розгляд суб'єкта й об'єкта як окремих частин системи управління: керуючої і керованої відповідно. Ці частини мають взаємодіяти між собою як єдине ціле [20].

Нині дослідження щодо розробки та створення інтелектуальних систем керування як в Україні, так і у світі стосуються розробки інтелектуальних систем керування на основі експертних систем нечіткого

висновку, когнітивного аналізу, гібридних інтелектуальних систем, перевагами яких на відміну від традиційних систем керування є можливість прийняття рішень в умовах невизначеності, зменшення енерговитрат, формалізації слабоструктурованих залежностей [16].

Формалізація слабоструктурованих залежностей з метою спрощення наочного уявлення про структуру інформаційних потоків у виробництві ентомофагів складається з побудови [16]:

- нечітких когнітивних карт, що дають змогу формалізувати вплив чисельно невимірювальних параметрів техноценозу на якість ентомологічної продукції;
- когнітивних моделей, що дають змогу спростити наочне уявлення про складні взаємозалежності у виробництві ентомофагів.

Алгоритм формалізації впливу чисельно невимірювальних параметрів техноценозу на якість ентомологічної продукції складається з: визначення вхідних та вихідних концептів, експертного оцінювання взаємозалежності концептів, визначення діапазону змінювання концептів і терм-множин, лінгвістичного оцінювання терм-множин, визначення типу і параметрів функцій приналежності, формування бази знань, графічної інтерпретації взаємозалежностей концептів, оцінювання когнітивних консонансу, дисонансу [16].

Алгоритм побудови когнітивних моделей, зокрема проблем, що досліджуються, складається з визначення цільових та збурювальних вершин, вершин-індикаторів, інтелектуальних вершин та взаємозв'язків між ними [16].

Якість вироблених комах має першорядне значення для забезпечення успіху в стратегіях біологічного контролю, але технічні та економічні обмеження стримують розвиток у вирощуванні ентомофагів; при цьому новими напрямами є розробка конкретних виробничих засобів, зокрема, автоматизації та забезпечення якості [21].

Розроблено структурний та інтелектуальний методи конструювання біоінженерних комплексів виробництва ентомокультур, які можуть бути корисними в підсистемі ухвалення рішень під час створення систем керування виробництвом ентомофагів за критерієм якості [22]. Структура біоінженерних комплексів виробництва ентомокультур містить [22]:

- комплект обладнання для підтримки потрібних параметрів техноценозу та визначення показників якості ентомокультур;
- базу даних і базу знань показників якості ентомокультур, параметрів техноценозу;
- структурно-параметричний комплекс оцінювання якості ентомокультур.

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 [22].

На базі нечіткої логіки розроблено: алгоритми оптимізації та оптимального керування виробництвом ентомофагів, що дають можливість зменшити витрати енергії для прийняття рішень щодо забезпечення якості ентомокультур [23, 24].

Нечіткий логічний висновок – це апроксимація залежності «входи – вихід» на основі лінгвістичних висловлювань типу «ЯКЩО–ТО» і операцій над нечіткими множинами [25]. На рис. 1.4.4 наведено типову структуру моделі нечіткого логічного висновку, яка містить такі блоки [25]:

- фазифікатор, що перетворює фіксований вектор факторів впливу X на вектор нечітких множин $\widetilde{X}$, що необхідно для виконання нечіткого логічного висновку;
- нечітку базу знань, яка містить інформацію про залежності $Y = f(X)$ у вигляді лінгвістичних правил типу «ЯКЩО–ТО»;
- машину нечіткого логічного висновку, яка на основі правил бази знань визначає значення вихідної змінної у вигляді нечіткої множини $\widetilde{Y}$, що відповідає нечітким значенням вхідних змінних $\widetilde{X}$;
- дефазифікатор, що перетворює вихідну нечітку множину $\widetilde{Y}$ на чітке число Y.

Розроблено спосіб керування якістю ентомологічної продукції, що включає вимірювання та регулювання абіотичних параметрів постадійного розвитку ентомокультур у боксі, реєстрацію та збереження параметрів за допомогою персонального комп'ютера, визначення біологічних показників якості ентомологічної продукції та внесення їх значень у базу даних, вимірювання висоти

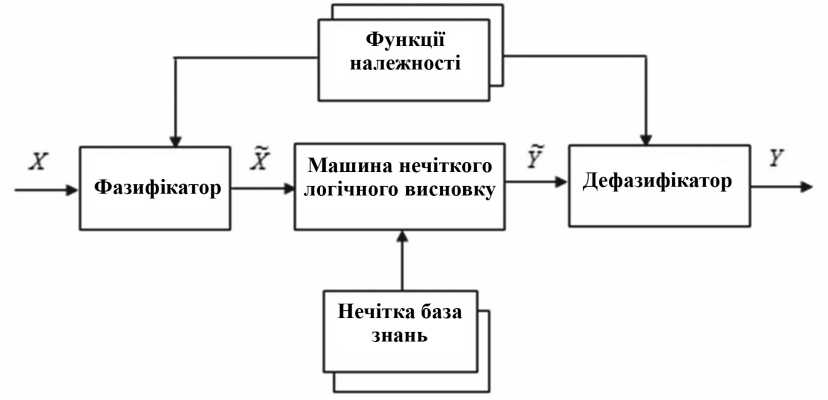


Рис. 1.4.4. **Типова структура моделі нечіткого логічного висновку** [25]

шару поживного середовища, фіксування кількості внесених у нього яєць комахи-хазяїна, формування стратегій керування якістю в умовах неповноти інформації щодо залежності показників якості від сукупності абіотичних і технологічних параметрів виробництва системою нечіткого висновку. Додатково включає фіксування виду поживного середовища [26].

Використовуючи результати експериментальних досліджень, які проведено в ІТІ «Біотехніка» НААН, за допомогою системи нечіткого висновку визначено показники якості млинової вогнівки, комахи-хазяїна ентомофага бракон, зокрема, масу гусениць старшого віку (23,5 мг) та кількість самок (0,5 %) в умовах неповної інформації щодо впливу на них сукупності абіотичних параметрів (температури повітря 27,4 °С, відносної вологості повітря 60 %) і технологічних параметрів (висоти шару поживного середовища 20 мм і кількості внесених у поживне середовище яєць млинової вогнівки 350 мг яєць/кювету). Середня помилка апроксимації становила за масою гусениць старшого віку 2,4 %, за кількістю самок – 3,1 % (у межах допустимих значень) [27].

Нині відомі дослідження щодо використання графічного інтерфейсу користувача у спеціалізованому середовищі GUIDE MATLAB [28, 29]. При цьому відзначено, що: графічний інтерфейс зручний для користувача завдяки простоті розуміння і резуль-

татів моделювання [28], користувач може отримати результат не лише у символьному вигляді, а й має можливість вивчити дані в графічній формі представлення [29].

Визначено, що із використанням результатів досліджень [3] та спеціалізованого середовища GUIDE MATLAB можна в автоматичному режимі керувати процесом візуалізації складних залежностей показників якості ентомокультур від параметрів техноценозу, зокрема, відроджуваності гусениць млинової вогнівки від температури повітря за вологості повітря 70 % у заданому інтервалі температури (25–30 °С) (рис. 1.4.5) та відроджуваності гусениць млинової вогнівки від вологості повітря за температури повітря 26 °С у заданому інтервалі вологості (65–75 %) (рис. 1.4.6).

Розроблено ієрархічне «дерево» цілей інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів (рис. 1.4.7); при цьому головною ціллю є підвищення ефективності виробництва, а факторами зростання ефективності виробництва такі:

- скорочення часу обробки інформації, автоматизація виробничих процесів, контроль за температурою поживного середовища, зменшення витрат електроенергії, формування стратегій керування в умовах невизначеності (підцілі 1 рівня);
- автоматизація процесів керування температурою та відносною вологістю повітря боксу, формалізація слабоструктурованих завдань, оцінювання інтенсивності процесів розвитку ентомокультур, керування прибутком виробництва та якістю ентомологічної продукції (підцілі 2 рівня).

Розроблено методологічні основи побудови інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів [30]. До них належать:

- визначення особливостей сучасних технологій масового розведення ентомофагів;
- обґрунтування доцільності використання інтелектуальних технологій у виробництві ентомофагів;
- аналіз сучасних досліджень щодо розробки та створення інтелектуальних систем керування як в Україні, так і у світі;
- визначення матеріалів та методів досліджень; інструментів для розробки інтелектуальної системи керування; основних етапів побудови системи керування;

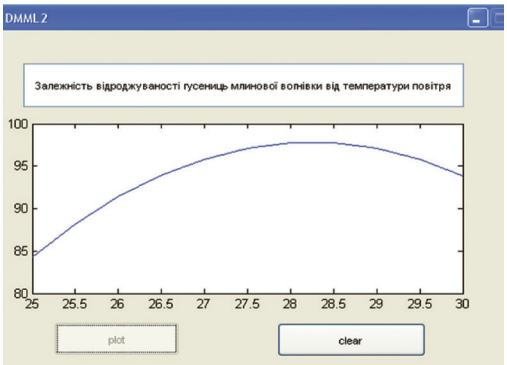


Рис. 1.4.5. **Візуалізація залежності відроджуваності гусениць млинової вогнівки від температури повітря за вологості повітря 70 %**

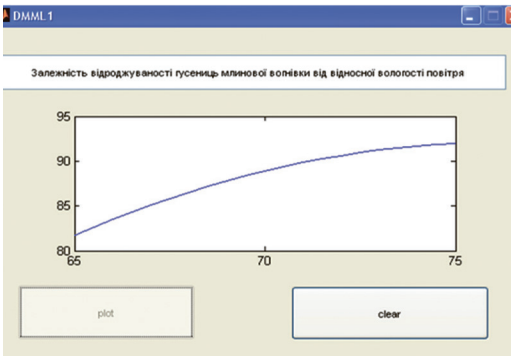


Рис. 1.4.6. **Візуалізація залежності відроджуваності гусениць млинової вогнівки від вологості повітря за температури повітря 26 °С**



Рис. 1.4.7. **«Дерево» цілей інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів**

- розробка бази знань; при цьому процес формування продукційних правил бази знань відбувається на основі зв'язку: біологічних показників якості ентомологічної продукції з абіотичними параметрами постадійного розвитку комах і технологічними параметрами виробництва (висотою шару поживного середовища комахи-хазяїна; видом поживного середовища; кількістю яєць комахи-хазяїна, яких внесено в поживне середовище); прибутку виробництва з абіотичними параметрами і загальними витратами електроенергії, поживного середовища та витратами на його інокуляцію, кількістю та якістю продукції; уставки регулятора та помилки регулювання температурою повітря;
- проведення випробувань системи керування в режимі реального часу;
- оцінювання ефективності керування.

Основними принципами побудови інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів є [16]:

- структуризація інформаційних потоків на різних етапах виробництва;
- структуризація знань щодо проблем, котрі слід вирішити;
- застосування ситуаційного керування [18];
- використання інтерактивного середовища Simulink/MATLAB і технології OPC-комунікацій [31] для реалізації керування в режимі реального часу;
- порівняння результатів комп'ютерного моделювання системи з результатами роботи системи в режимі реального часу;
- автоматизована підтримка прийняття рішень.

Розроблено інтелектуальну систему керування виробництвом ентомофага бракон [7, 16, 32], яка реалізує управління абіотичними параметрами постадійного розвитку ентомокультур (температурою та відносною вологістю повітря боксу для їх розведення) із використанням SCADA-системи; температурою повітря боксу в режимі реального часу через використання ситуаційного керування та гібридної нейронної мережі прямого поширення сигналу в умовах збурень; кількістю та якістю ентомологічної продукції; прибутком виробництва ентомокультур, мінімізуючи енерговитрати в умовах невизначеності за

рахунок дії природних збурень (зміна температури навколишнього середовища). Інструментами для розробки системи були SCADA OWEN OPM, Simulink/MATLAB, ANFIS – редактор, OPC Toolbox MATLAB, OPC-сервер OWEN.RS485 і Fuzzy Logic Toolbox MATLAB [7].

Інформаційну модель інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів [32] наведено на рис. 1.4.8.



Рис. 1.4.8. **Інформаційна модель інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів** [32]

При цьому функціями людини-оператора щодо управління виробництвом із використанням інтелектуальної підсистеми підтримки прийняття рішень є [16]:

- розроблення бази знань;
- оцінювання енергетичних витрат;
- контроль за збуреннями;
- завдання технологічних параметрів виробництва;
- розроблення когнітивних моделей;
- системне конструювання засобів автоматизації.

За впровадження інтелектуальної системи керування в умовах промислового виробництва ентомофагів доцільним є використання контролерів нечіткої логіки (КНЛ) [16, 32].

Висновок

У роботі розглянуто питання інформаційно-технічного забезпечення виробництва ентомофагів на основі використання комп'ютерно-інтегрованих інформаційних технологій.

Контроль за якістю ентомологічної продукції в умовах техноценозу здійснюється із використанням автоматизованої SCADA-системи.

Розроблено інтелектуальну систему керування виробництвом ентомофагів з урахуванням особливостей біологічної складової процесу виробництва в умовах невизначеності. Система дає змогу формувати керувальні впливи на процеси вирощування ентомокультур та стратегії управління прибутком виробництва, підвищити його енергоефективність.

Результати роботи впроваджено в умовах лабораторного виробництва ентомофага бракон *(Habrobrakon hebetor)*.

Список використаних джерел до підрозділу 1.4

1. *Gavrilita L.* Trichogramma entomophage in integrated plant protection as means to reduce pests'population density on annual crops. *Plant Protection and Quarantine.* 2018. № 64. P. 248–255.
2. *Беспалов І. М., Барабаш А. Д., Шейкін Б. М.* Технологічне устаткування для реалізації циклів ентомологічних виробництв. *Вісник аграрної науки Південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки.* Одеса, 2007. Вип. 8. С. 151–153.
3. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* Інформаційне забезпечення контролю якості ентомофагів. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 1. С. 48–51.
4. *Мустецов Т. М., Нечипоренко А. С.* Теорія біотехнічних систем: навч. посіб. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 188 с.
5. *Чернова І. С.* Методичні підходи до керування якістю ентомофагів. *Техніка і технології АПК*. 2016. № 2 (77). С. 32–33.
6. *Лисенко В. П., Головінський Б. Л., Голуб Б. Л., Руденський А. А.* Методи і засоби сучасного автоматизованого управління: навч. посіб. Київ: Видавничий центр НАУ, 2007. 62 с.
7. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* Інтелектуальне керування виробництвом ентомофагів. *Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2019*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф. (15–16 трав. 2019, м. Київ). Київ: НУБіП України, 2019. С. 156–158.
8. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* Наукові основи контролювання якості ентомологічної продукції. *IX з'їзд Українського ентомологічного*

товариства: тези доп. (20–23 серп. 2018, м. Харків). Харків: ФОП Бровін О.В., 2018. С. 66–67.

9. *Лысенко В. Ф., Чернова И. С.* Формирование требований к энергоэффективным системам управления качеством энтомофагов. *Біотехнологічні системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (3–7 жовтня 2016, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 49. Одеса: ПП «Фенікс», 2016. С. 155–160.
10. *Чернова І. С., Лисенко В. П.* До питання контролю якості ентомофагів в техноценозі. *Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (1–5 жовтня 2018, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 53. Одеса: ПП «Фенікс», 2018. С. 341–346.
11. *Бельченко В. М., Чернова І. С.* Системне конструювання інформаційно-керуючих комплексів для біотехнологій. *Перспективи розвитку регіонального виробництва і застосування біологічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб*: матеріали міжнар. семін. (онлайн) з нагоди міжнар. року здоров'я рослин (10–11 вересня 2020, м. Одеса). Одеса, 2020. С. 47–49.
12. *Грицунов О. В.* Інформаційні системи та технології: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 222 с.
13. *Бельченко В. М., Чернова И. С.* Система управления качеством энтомологической продукции с использованием информационных технологий. *Защита растений*. Минск, 2015. Вып. 39. С. 262–267.
14. *Чернова І. С.* Основні підходи щодо контролю виробництва ентомологічної продукції. *Природнича наука й освіта: сучасний стан і перспективи розвитку*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (22–24 вересня 2017, м. Харків). Харків, 2017. С. 54–55.
15. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* До питання створення енергоефективних систем керування виробництвом ентомофагів. *Енергетика та автоматика*. 2019. № 6. С. 5–13.
16. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* Інтелектуальне управління виробництвом ентомофагів: монографія. Одеса: Фенікс, 2021. 156 с.
17. *Апостолюк В., Апостолюк О.* Інтелектуальні системи керування: конспект лекцій. Київ: НТУУ «КПІ», 2008. 88 с.
18. *Крючкова Л. П., Борисенко І. І.* Застосування ситуаційного моделювання в управлінні технічними системами. *Зв'язок*. 2017. № 4. С. 43–47.
19. *Гутак О. В., Головата Ю. Б., Копистинський Л. О., Семенов Г. Н.* Сучасний підхід до побудови систем оптимального керування технологічними комплексами у нафтогазовій галузі промисловості. *Нафтогазова енергетика*. 2013. № 2 (20). С. 117–127.

20. *Цікало Є. І.* Властивості інтегрованих систем управління: кібернетичний аспект формування та реалізації. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2013. Вип. 23.10. С. 349–355.
21. *Grenier S.* Artificial rearing of entomophagous insects, with emphasis on nutrition and parasitoids – general outlines from personal experience. *Karaelmas Sci. Eng. J.* 2012. V. 2. Is. 2. P. 1–12.
22. *Бельченко В. М., Чернова І. С., Таргоня В. С.* Методи розроблення біоінженерних комплексів виробництва ентомокультур. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 9. С. 49–52.
23. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* Алгоритм оптимізації виробництва ентомофагів за критерієм якості. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 7. С. 48–53.
24. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* Інформаційне забезпечення оптимального керування вирощуванням ентомофагів. *Енергетика та автоматика*. 2018. № 1. С. 35–46.
25. *Штовба С. Д.* Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB. *Exponenta Pro: Математика в приложениях*. 2003. № 2 (2). С. 9–15.
26. *Спосіб* керування якістю ентомологічної продукції: пат. 145921 Україна: МПК A01K 67/033, G07C 3/14, G05B 13/04. № u202005677; заявл. 02.09.2020; опубл. 06.01.2021, Бюл. № 1. 4 с.
27. *Спосіб* керування якістю ентомологічної продукції: пат. 127141 Україна: МПК G07C 3/14, G05B 13/04, A01K 67/033. № u201708505; заявл. 19.08.2017; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14. 4 с.
28. *Pek Eek R. T., Binti Abd. Jalil N., Sahlan S., Mat Darus I. Z.* MATLAB based graphical user interface application for vibration simulation of beam structure. *2013 IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI)*: Proc. IEEE Symposium (Langkawi, Malaysia. 7–9 April, 2013). P. 35–38.
29. *Пахомова В. М., Дмитрієв С. Ю.* Розробка підсистеми оперативного прогнозування простоїв прибуваючих поїздів на основі ANFIS-системи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2013. № 4. С. 46–55.
30. *Лисенко В. П., Чернова І. С.* Методологічні основи побудови інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 1. С. 60–67.
31. *Бракоренко А. С.* Тестирование и обеспечение качества программно-технических комплексов на основе использования виртуальных технологических объектов. *Приборы и методы измерений*. 2014. № 2 (9). С. 75–80.
32. *Чернова І. С.* Інтелектуальна система керування виробництвом ентомофагів: дис. … канд. техн. наук: 05.13.07. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування. України. Київ, 2020. 186 с.

1.5. Методика системного проєктування технологічних комплексів промислового виробництва ентомофагів

Ходорчук В. Я., Беспалов І. М.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

В Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН останніми роками створено ряд інновацій, а також накопичено досвід їх трансферу, який визначив необхідність подальшого удосконалення обладнання в напрямі поліпшення його економічної ефективності. Біотехнологічний процес масового розведення ентомоакарифагів здійснюється на конкретному обладнанні, яке у більшості випадків побудовано за модульним принципом. Модуль визначається як базовий комплект обладнання, за допомогою якого реалізується повний технологічний процес з певною продуктивністю, найчастіше мінімальною за економічною доцільністю.

Проведено аналіз та узагальнення технічних характеристик промислових зразків технологічних комплексів для виробництва трихограми, бракона, золотоочки. Технологічні апарати та машини модульних комплексів розподілено на такі основні групи:

- для забезпечення певної життєвої стадії розвитку комах;
- для короткострокової маніпуляції з комахами;
- для зберігання комах;
- для тепловологісної обробки та транспортування повітря;
- для підготовки та виготовлення кормових субстратів.

Методологічною базою з інженерного проєктування технологічних комплексів промислового виробництва ентомофагів (ТКПВЕ) обрано сучасні підходи до системотехнічної діяльності, яку спрямовано на створення складних технічних систем [1]. Наприкінці минулого сторіччя сформовано нову проєктну ідеологію, що отримала назву системного проєктування. Але ця методологія в Україні в галузі створення ентомологічних виробництв досі не використовується. Найчастіше перехід від науково-дослідної роботи з введення в культуру та розведення комах до створення обладнання з їх промислового виробництва здійснюється через розробку робочої

конструкторської документації на вже апробовані макети та експериментальні зразки лабораторного устаткування.

Системне проєктування комплексно вирішує поставлені завдання, бере до уваги взаємодію і взаємозв'язок окремих об'єктів-систем і їх частин як між собою, так і з зовнішнім середовищем, враховує соціально-економічні та екологічні наслідки їх функціонування. Системне проєктування ґрунтується на ретельному спільному розгляді об'єкта проєктування і процесу проєктування.

Проєктування як усвідомлена цілеспрямована діяльність має певну структуру, тобто послідовність і склад стадій та етапів розробки проєкту, сукупність процедур і залучених технічних засобів, взаємодію учасників процесу. Нині в пострадянських країнах є два представлення структури проєктування подібні за формою, але різні за програмними цілями і підходами до діяльності [2, 3]. Це – структура у вигляді стадій розробки проєктної документації (стадій проєктування) і структура процесу проєктування.

Ця методика ґрунтується на методології структури управління процесом проєктування [3]. На етапі синтезу принципу дії відшукують принципові положення, фізичні, соціальні і т.п. ефекти, які становитимуть основу функціонування майбутнього виробу. Це можуть бути основні норми, фундаментальні закони і правила, їх окремі випадки або слідства. Робота ведеться з принциповими моделями і їх графічним представленням – блок-схемами.

На етапі структурного синтезу на основі обраного принципу дії створюються варіанти початкового графічного представлення об'єкта – структури, схеми, алгоритми, спрощені ескізи.

На етапі параметричного синтезу відшукують значення параметрів об'єкта, знаходять чисельне рішення проєктної задачі, створюють детальну документацію або опис об'єкта, креслення виробу і його частин. Цей етап відповідає стадіям технічного і робочого проєктування.

Загальним у структурі управління проєктуванням є те, що на кожному етапі проєктування виконують однакові процедури:

- вибір моделі (тобто основоположного принципу, виду блок-схеми і розрахункової схеми);
- вибір методу рішення;

- рішення;
- аналіз отриманих результатів і ухвалення рішення.

У системному проєктуванні можна відокремити два операційних елементи – проєктування і конструювання. Перший – власне інженерне проєктування спрямоване на розробку ідеї та її дослідження; її продукція виражається в особливій знаковій формі у вигляді текстів, схем, розрахунків, моделей, графіків.

У результаті проєктування, назвемо його інженерним, формуються вихідні дані для другого елемента – конструювання, в якому розробляються робочі креслення (технічний та робочий проєкти) для безпосереднього виготовлення технічної системи на виробництві.

Сама методика інженерного проєктування цілковито відповідає класичним підходам до проєктування, її адаптація до специфіки ТКПВЕ полягає в істотному спрощенні першого етапу, оскільки принцип дії у вигляді технології вважається заданим [1, 2].

Основні етапи методики:

- опис характерних особливостей класу виробництва, яке розробляється, загальних вимог та обмежень;
- побудова структурної схеми ТКПВЕ за модульним принципом;
- побудова функціональних схем ТКПВЕ та його головних субмодулів, обґрунтування системи об’єктів проєктування (ОП), ланцюги яких визначають техніко-економічну ефективність комплексу;
- обґрунтування критеріїв порівняння за основними ОП. Вибір основних критеріїв порівняння, обґрунтування відсіву другорядних критеріїв;
- характеристика об’єктів порівняння із зазначенням значень критеріїв оцінювання, визначення діапазону зміни критеріїв, значень критеріїв оцінювання в нормованому вигляді;
- визначення для кожного об’єкта порівняння комплексного оцінювання;
- виділення множини ефективних варіантів порівнюваних об’єктів;
- вибір (з обґрунтуванням) переважаючого (кращого) варіанта об’єкта, відповідного до конкретних умов вибору.

Процес «проєктування – моделювання» має бути циклічним. Зазвичай спочатку проєктують систему (або її певний елемент), потім її досліджують та аналізують, потім знову коректують проєкт і знову аналізують, і так доти, доки проєкт не стане задовольняти встановленим до нього вимогам.

Важливими є методологічні рекомендації з проєктування [1]. Незважаючи на інтерактивний характер процесу проєктування, необхідно виконувати чіткий поділ більшості операцій та їх повне (вичерпне) виконання в цій ітерації. Так, синтез (складання) альтернативних варіантів не можна поєднувати з їх оцінюванням і вибором. Кожна ітерація може потребувати внесення змін (уточнень) у вихідні вимоги або в методику проведення конкретної операції процесу проєктування.

Викладена методика за більшістю процедур наближається до відомого методу проєктування – функціонально-вартісного аналізу [1], який характеризують як готову стратегію проєктування. Основне призначення функціонально-вартісного аналізу (ФВА) – отримати максимальне зниження вартості виробу завдяки вдосконаленню його конструкції і технології виготовлення. ФВА ґрунтується на виявленні всіх функцій досліджуваного об'єкта і співвіднесенні їх з його елементами (деталями, вузлами, складальними одиницями) та подальшої мінімізації повної вартості виконання цих функцій. Для цього необхідно знати функціональну структуру об'єкта, вартість окремих функцій.

Ефективне проведення ФВА включає виконання таких процедур.

1. Планування і підготовка: уточнюються об'єкт і цілі (мінімізація вартості або підвищення якості виконання функції при збереженні колишньої вартості).

2. Інформаційний: збір відомостей щодо умов застосування і виготовлення виробу, вимог до його якості, можливих проєктних рішень.

3. Аналітичний: складання функціональної структури, визначення вартості й цінності окремих функцій, вибір напряму роботи.

4. Пошуковий: поліпшення рішення на основі залучення евристичних, математичних і експериментальних методів, вибір кращих варіантів.

5. Рекомендаційний: оформлення протоколів і рекомендацій з реалізації пропозицій.

З огляду на системний аналіз ТКПВЕ та задану технологію [4, 5] комплекс розподіляють на субмодулі, технологічні апарати і тому подібне, кожний з яких є об'єктом проєктування (ОП). Розробка кожного ОП здійснюється за методикою, яку представлено на рис. 1.5.1, послідовно-паралельно у часі, починаючи з базового елемента – сажка. Структура складається з двох основних блоків – методики інженерного проєктування ТКПВЕ (методика) та комплекту інструментів, що визначено в цій роботі, за допомогою яких виконуються певні етапи методики інженерного проєктування (див. рис. 1.5.1).

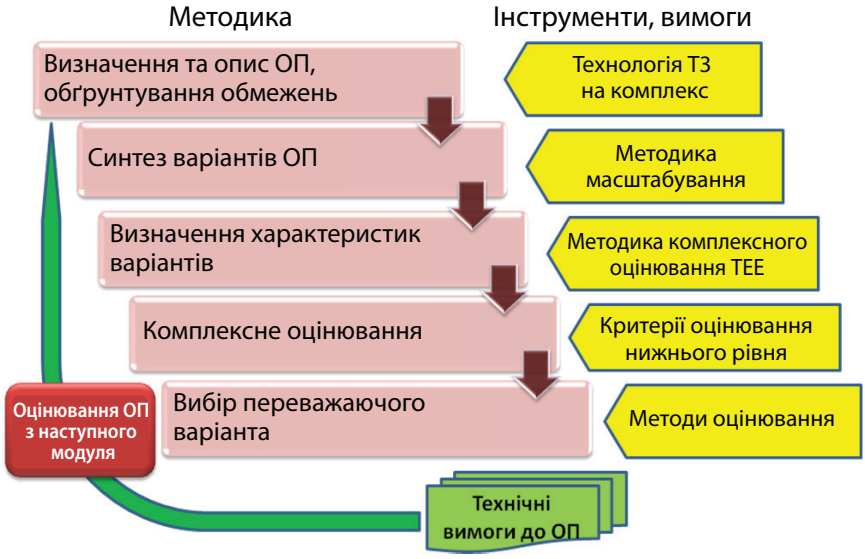


Рис. 1.5.1. **Структура процесу інженерного проєктування ТКПВЕ**

До так званих інструментів, за допомогою яких виконуються певні етапи методики інженерного проєктування, належать:

- методика масштабування модульних елементів, яка використовується для синтезу кількох варіантів сажків;
- методика комплексного оцінювання техніко-економічної ефективності ТКПВЕ, за допомогою якої здійснюється визначення характеристик синтезованих варіантів об'єктів проєктування;
- методи оцінювання для вибору варіанта, який переважає.

Означено інструменти, а зміст окремих етапів методики проєктування викладено далі за текстом.

Визначення та опис ОП передбачає системний аналіз комплексу та його складових через визначення функціональних і структурних схем різного рівня [4, 5].

Біотехнологічний процес розвитку комах у сажках складається з елементарних фізичних та біологічних процесів. Кожний із цих процесів характеризується певними параметрами. І завдання масштабування було зведено до визначення умов, за яких означені параметри залишаються незмінними або однаковими при зміні геометричних розмірів сажків. Така методика значно спрощує фізичне та математичне моделювання, оскільки не потребує безпосереднього вирішення математичних рівнянь, а знаходить умови, за яких рішення рівнянь двох моделей збігаються.

Вихідною інформацією для масштабування є множина параметрів так званої базової моделі (варіанта), які визначено на етапі розробки технології масового розведення комахи. Базовий варіант підлягає масштабуванню у так званий робочий варіант. Головною вимогою до масштабування є збереження питомої продуктивності (кількості комах, яка виробляється з одиниці площі, або об'єму технологічних апаратів).

На попередніх етапах роботи [6] було обґрунтовано, що визначальною умовою масштабування є незмінність висоти шару комах з харчовим субстратом, яка задає висоту сажка, а також поверхнева або об'ємна щільність комах. До інших абіотичних параметрів, які потрібно зберігати, належать температура та вологість повітря, освітленість усередині сажка [7].

Методика масштабування модульних елементів техноценозу в ТКПВЕ передбачає такі етапи:

- адаптацію вихідних біотехнологічних вимог до техноценозу та розробку функціонально-параметричної схеми базового варіанта технологічного апарата (ТА);
- аналіз виробничої та технологічної системи, для якої проєктується ТКПВЕ, з метою визначення обмежень (мінімальних та максимальних), що лімітуються, на параметри технологічного апарата, який масштабується;

- синтез кількох робочих варіантів ТА через визначення їх конструктивних характеристик відповідно до викладених процедур моделювання усіх елементарних процесів.

Методика масштабування модульних елементів техноценозу в технологічних комплексах промислового виробництва ентомофагів дає змогу безпосередньо переносити дослідні дані, які отримано в лабораторному устаткованні, в технологічні комплекси промислового масштабу, а також синтезувати альтернативні варіанти конструкції обладнання для інженерного проєктування ТКПВЕ.

Методику комплексного оцінювання ефективності ТКПВЕ призначено для використання на проєктній стадії розробки технологічного комплексу з метою обґрунтування його основних технічних характеристик, які забезпечують максимальну економічну ефективність [6]. Це можна вважати процесом техніко-економічного проєктування, який буде складатись з ряду послідовних ітерацій за частковими критеріями всіх елементів структури технологічного комплексу (ТК) до отримання рішення, яке реалізується, з мінімальними витратами.

В основу методики покладено порівняльний аналіз варіантів конструктивних рішень обладнання певного ТК з обґрунтованим вибором найбільш ефективного або оптимального варіанта. Критерієм оптимальності обрано мінімум технологічної собівартості виробництва ентомофага на множині встановлених обмежень. Визначення конкретного економічного ефекту методикою не передбачено.

Методика комплексного оцінювання ефективності ТКПВЕ передбачає такі етапи.

1. Відповідно до технологічного регламенту і технічних завдань скласти структурну схему ТК та його повну апаратурно-технологічну схему.

2. Як контрольний варіант використати наявний модульний комплект обладнання.

3. Визначити конкретну номенклатуру технологічних ланцюгів або окремих одиниць обладнання, які підлягають оптимізації.

4. Визначити множину обмежень до кожного ланцюга або одиниці у вигляді вихідних обмежень до обладнання, в яких навести допустимий діапазон зміни кожного параметра або характеристики.

5. Провести послідовну (за ходом технологічного процесу) оптимізацію технологічних ланцюгів субмодуля вирощування з перевіркою кожного варіанта на можливість його використання (так звану технічну реалізованість) за створення обладнання інших субмодулів ТК.

6. Розробити на основі визначених параметрів оптимізації вихідні вимоги до розроблення обладнання з конкретизацією основних конструктивних характеристик, які безпосередньо впливають на економічну ефективність ТК.

Вибір переважаючого варіанта полягає у визначенні найкращого варіанта з множини припустимих за допомогою значень критеріїв оцінювання. Методи оцінювання на цьому етапі (див. рис. 1.5.1) розроблено з використанням апарата теорії прийняття рішення [2].

Під прийняттям рішення розуміють вибір найкращого варіанта рішення (способу досягнення поставленої мети) з безлічі допустимих альтернативних рішень. Вибір оптимального варіанта об'єкта належить до класу складних завдань прийняття рішення, що характеризуються великою кількістю цілей і безліччю варіантів досягнення цих цілей. Багатоцільовий аналіз потребує розгляду всієї сукупності цілей з позицій відповідної безлічі критеріїв оцінювання досягнення цілей. Кількісно вимірні цілі дають змогу вибрати найкраще рішення. Порівняння варіантів об'єкта за багатьма критеріями не дає безпосередньої відповіді, який варіант цього об'єкта краще. Для розв'язання цієї проблеми є відомі методи [1, 3, 8].

У багатьох проблемах прийняття рішення об'єктивно є реальність, яка припускає кількісний опис і визначає існування єдиного очевидного критерію переваги (оптимальності) об'єкта. Такі проблеми належать до класу добре структурованих [2, 3]. До відомих прикладів таких проблем належить оцінювання проєктів за приведеними витратами.

Висновок

У представленій роботі висвітлено результати досліджень Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН з інженерного проєктування технологічних комплексів промислового виробництва ентомофагів, які ґрунтуються на адаптованій методології системного проєктування технічних систем. За методикою масштабування синтезуються альтернативні варіанти модульного обладнання для розведення комах, з яких за методикою комплексного оцінювання техніко-економічної ефективності обирається найкращий варіант та розробляються технічні вимоги до обладнання для подальшого конструювання технологічного комплексу.

Список використаних джерел до підрозділу 1.5

1. *Джонс Дж.* Методы проектирования. Москва: Мир, 1986. 326 с.
2. *Аксенов Л. Б.* Системное проектирование в машиностроении: метод. пособ. СПб: СПбПУ, 2011. 54 с.
3. *Хорошев А. Н.* Основы системного проектирования технических объектов. Москва: МФТИ, 2011. 125 с.
4. *Беспалов И. Н., Белоусов Ю. В.* К вопросу об унификации технологий массового разведения энтомофагов закрытого ґрунта. *Вісник аграрної науки Південного регіону:* міжвід. темат. наук. зб. 2005. № 7. С. 28–39.
5. *Беспалов І. М., Сапожникова М. М., Білоусов Ю. В.* Оптимізація конструкції сажків для розведення членистоногих. *Вісник аграрної науки.* 2010. № 4. С. 47–49.
6. *Ходорчук В. Я., Беспалов І. М.* Техніко-економічна оптимізація модульних комплексів промислового виробництва ентомофагів. *Біотехнологічні системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства*: матеріали міжнар. конф. (3–7 жовтня 2016, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 49 Одеса: ПП «Фенікс», 2016. С. 261–264.
7. *Крутякова В. І., Беспалов І. М., Молчанова О. Д., Лобан Л. Л.* Інженерно-технологічні інновації у виробництві ентомологічних та мікробіологічних засобів захисту рослин: монографія. Одеса: ПП «Фенікс», 2017. 150 с.
8. *Лоцманенко В. В., Кочегаров Б. Е.* Проектирование и конструирование (основы): учеб. пособ. Владивосток: ДВГТУ, 2004. 96 с.

1.6. Обладнання для безкасетного розведення зернової молі

Бельченко В. М., Піщанська Н. О.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) багато років займається інженерними розробками технологічного обладнання для вирощування ентомокультур. Створення мережі біофабрик у колишньому СРСР до кінця 1991 р. дало можливість підвищити продуктивність праці в 15–20 разів, поліпшити її умови, знизити собівартість продукції у понад 50 разів, а також підвищити якість біоматеріалу. При цьому частково розв'язується проблема розфасовки, транспортування і зберігання комах до моменту масового випуску.

Перші технології отримання яєць зернової молі, що використовувалися для масового розведення трихограми, потребували ручного здійснення технологічних операцій упродовж усього періоду розвитку особин фітофага. Зараження зерна проводили у дерев'яних сажках з розмірами 50 × 100 × 30 см. Верхню частину сажка закривали марлею. У кожний садок засипали по 20 кг ячменю та яйця молі з розрахунку 2 г яєць на 1 кг зерна. Весь розвиток гусениці проходив у сажках. Після досягнення стадії імаго, метеликів, що вилітали, збирали на гофрований папір або молесосом. Останній спосіб призводив до появи значної кількості травмованих особин. Отриманих метеликів розміщували у контейнери конусоподібної форми з діаметром 35 см та висотою 25 см, дно та верхню частину його закривали тканиною. У такі контейнери вносили 5–8 тис. метеликів (2–3 особини/см^2). Яйця зернова міль відкладала на аркуші паперу, розміщені під сажком [1].

Промислові біофабрики з виробництва трихограми у більшості випадків оснащено технологічним обладнанням за проєктами 1215 і 1428, які вироблялись науково-виробничим об'єднанням «Агроприлад» (НВО »Агроприлад») та ташкентським заводом «Міконд». Згідно з проєктом 1215 обладнання для розведення зернової молі містить зернові касети з перфорованими стінками, стелажі для

їх розташування, бокси з конусними молезбірниками, в які встановлюють касети із зерном перед виходом імаго. Усі трудомісткі операції з виробництва зернової молі, а саме: завантаження касет зерном, установлення їх у стелажі, зволожування та перемішування зерна до початку виходу імаго, переставляння касет у бокси, вивантаження зерна з касет виконуються вручну. Механізовано лише процес збирання імаго. Для цього дифузори всіх боксів об'єднано спільним молепроводом з вентилятором. Повітряним потоком, що створюється вентилятором, метелики по молепроводу видуваються у збірник імаго. При цьому значна частка метеликів травмується. Утримували метеликів у касетах для імаго з розрахунку 12–15 особин/см^2 (проєкт 1215) або 40–60 особин/см^2 (проєкт 1428).

Одеським НВО «Агроприлад» розроблено поточну лінію промислового виробництва яєць зернової молі. Така лінія містить об'єднані у технологічний ланцюг ємності для виведення метеликів, відкладання ними яєць та збору яєць. Конструкцію виконано у вигляді ряду герметичних триярусних установок, об'єднаних системою загального та окремого мікроклімату. Ємності для зараження зерна та виведення метеликів виконано у вигляді циліндричного касетного блока, який розмежовано перфорованими перегородками на окремі відсіки для зерна [2].

В ІТІ «Біотехніка» НААН також проводились наукові та конструкторські розробки з механізації процесу перемішування зерна [3]. У Центральній біолабораторії ІТІ «Біотехніка» НААН було змонтовано і випробувано установку для розведення зернової молі, яка містила зерновий бокс з блоком зернових касет, що мав можливість обертатися навколо своєї осі. Це давало змогу перемішувати зерно в касетах. Однак основними недоліками цього пристрою були насамперед складність, громіздкість та металоємність конструкцій. Обертання масивних ємностей для зерна здійснювалося ручним способом. До того ж у процесі вивантаження зерна у повітря потрапляла надто велика кількість пилу.

Вивчаючи досвід роботи передових лабораторій та біофабрик, стає зрозумілим, що відродження вирощування трихограми в Україні потребує промислової основи [4]. Збільшення масштабів та підвищення ефективності застосування трихограми може бути

досягнуто розробкою та впровадженням більш сучасних технологій на базі створення уніфікованого комплекту, який вирізняється виваженою механізацією, зменшенням кількості ручної праці, здешевленням і зменшенням технологічних операцій, що застосовуються в циклі виробництва. Ряд робіт, передбачених регламентом [5, 6], не мають належного технічного забезпечення. Технологічним регламентом [7] для знешкодження шкідників, паразитів та хижаків зерна передбачено знезараження зерна одним із способів: хімічним (бромистим метилом) або термічним (автоклавуванням, у пропарювачі або вологим заходом). Термічне знезаражування зерна застосовується ширше за допомогою пари в автоклавах чи пропарювачах або гарячою водою у ємностях, що застосовуються. Відсутність належного спеціального обладнання зробили цю операцію трудомісткою з підвищеною небезпечністю (гаряча вода, пара, гаряче зерно). Сьогодні найпоширеніший спосіб – це поверхнева обробка зерна гарячою водою. Істотними недоліками такого способу є повна відсутність контролю за температурою води та терміном здійснення технологічної операції відповідно до технологічного регламенту.

Операція зараження зерна ситотрогою [8] має забезпечувати високий відсоток зараження з найменшими втратами та доведення розвитку гусениці до імаго. На сьогодні цей процес здійснюється таким чином: зерно, що зволожено до 15–16 %, засипається в кювети, встановлені на стелажах. Яйця ситотроги, інкубовані до виходу гусениці, на паперових марках розкладають по поверхні зерна в кювети. Температурно-вологісні параметри за відродження гусениці (1–2 доби) та її вживання (3–4 доби) мають відповідно до технологічного регламенту підтримуватися на рівні t = (23–25) °С, φ = (80–90) %. Упродовж цього періоду не допускається перемішування та зволоження зерна.

Розвиток гусениці супроводжується значним виходом тепла, що зумовлює ріст температури повітря та зерна й одночасно зменшує відносну вологість повітря і, як наслідок, зерна. Цей технологічний процес потребує вчасного відводу залишку теплової енергії. Засобом зниження температури зерна, що використовується на біофабриках, є перемішування зерна одночасно з його зволоженням крапельною вологою. Крім того, регламентом обумовлюється

зниження температурного рівня у приміщенні до t = (19–21) °С та відносної вологості повітря до φ = (75–85) %, у зоні стелажів із зерном проводиться вентилювання повітря. Попередній досвід показав, що ріст температури зерна призводить до загибелі гусениці, зниження оптимальної вологості зерна, і, як наслідок, – до неконтрольованого процесу. Ця технологія ще далеко не індустріальна. Наявність великої кількості ручної праці (на 100 кг зерна витрачається до 7 чол.-діб) [9] робить її напівпромисловою. Технічне забезпечення цього процесу далеке від досконалості. В умовах діючої технології зерно закладається у великі металеві піддони 1150 × 795 × 53 мм із перфорувальним дном чи суцільним дном (з метою здешевлення та підвищення компактності), яких на стелажі передбачено як мінімум 13. Розміщення стелажів таким чином, щоб доступ до зерна для перемішування та зволоження було забезпечено з усіх чотирьох боків, нівелює перевагу в компактності та здешевленні. Крім того, таке конструктивне рішення (шар зерна – 50 мм, шаг між піддонами – 110 мм) передбачає періодичність в організації відводу тепла при значному розігріві ядра шару зерна. На останніх модифікаціях передбачено ролики, на яких піддони висувають для здійснення технологічних операцій перемішування та зволоження. Це дуже трудомістка операція ручної праці, яка здійснюється кожну добу в умовах високих температур і високої відносної вологості та запиленості повітря.

З метою реалізації нової перспективної технології отримання зернової молі в ІТІ «Біотехніка» НААН було запропоновано метод безкасетного розведення [10]. Цей метод ґрунтується на інженерних засадах створення техноценозу, і є альтернативою загальновизнаним методам копіювання природних умов життєдіяльності комах. Забезпечення заданих абіотичних умов здійснюється через вимушений рух поживного середовища.

Для оцінювання конструкції майбутнього апарата досліджено його об’ємну інтенсивність, перемішування зерна за допомогою вертикального шнека (рис. 1.6.1). Для вирішення поставленого завдання було створено дослідний експериментальний вузол, що являє собою циліндричну ємність з прозорого пластику, нижню частину якої було виконано конусною. У центрі ємності було

розташовано вертикальний шнек, який приводився в обертання електричним двигуном.

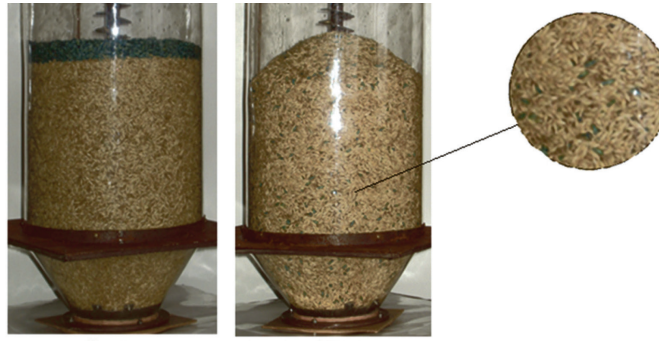


Рис. 1.6.1. **Етапи перемішування зерна залежно від часу обертання шнека**

Зернова місткість ємності становила 14 кг. За результатами досліджень виявлено, що зафарбований верхній шар зерна повністю буде перемішано впродовж майже 42 хв.

Було розроблено та виготовлено експериментальний зразок установки для безкасетного розведення зернової молі. Установка безкасетного розведення зернової молі складається з таких основних конструктивних елементів: ємність для зерна; молепроводи; молезбірник; шнек; мотор-редуктор; система вентилювання (рис. 1.6.2). Основною технічною характеристикою установки є зернова місткість, яка становить 150 кг, при габаритних розмірах 1600 × 1200 × 3000 мм з урахуванням системи повітряного охолодження. Загальна маса установки – 300 кг.

Діаметр ємності для зерна 1000 мм. Молепроводи для виходу імаго зернової молі з ємності для зерна виконано з оцинкованої перфорованої (2,5 мм) сталі діаметром 30–32 мм у кількості 56 шт. Відстань між трубками-молепроводами не перевищує 40 мм. Для перемішування зерна передбачено шнековий пристрій. Вал шнека, крім прямого призначення, виконує функцію п’ятдесят сьомого молепровода. Мотор-редуктор забезпечує роботу шнека зі швидкістю 38 обертів на хвилину і має електричну потужність 300 Вт (380 В).

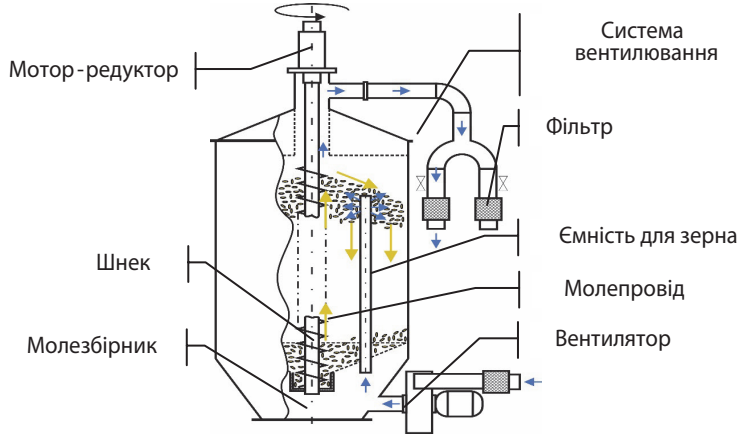


Рис. 1.6.2. **Метод безкасетного розведення зернової молі**

Роботу мотор-редуктора передбачено у реверсному режимі – для розвантаження після циклу. Функцію зняття перегріву та евакуації пилу і продуктів метаболізму виконує система вентилювання з двома кишеньковими фільтрами і вентилятором продуктивністю 500 м^3/год та електричною потужністю 250 Вт. Включення у роботу шнека та вентилятора відбувається в автоматичному режимі залежно від *t* зерна і фази циклу. Конструкція установки забезпечує проведення асептичних заходів по закінченні циклу.

Установка являє собою вертикальну циліндричну металеву ємність (рис. 1.6.3), нижню частину якої виконано у вигляді конуса з опорним підшипником шнекового механізму при вершині. Кут нахилу між лінією, що утворює конус, і його основою було скориговане таким чином, щоб його розмір був не менший, ніж максимальне значення кута природного укосу зерна ячменю чи для маточних культур кукурудзи ($\alpha_{\text{тертя}} < \alpha_{\text{природного укосу}}$), що ефективно забезпечує подачу зерна до шнека. В конусній частині ємності рівномірно розташовано отвори для вертикальних перфорованих (Ø 2,8 мм) циліндричних трубок – молепроводів. По центру, на проміжній опорі розташовано вертикальний шнек *1* для перемішування зерна в процесі його обертання. У представленому зразку шнек використовується як молепровід. Вісь транспортного шнека виготовлено з круглої труби діаметром 32 мм та перфоровано отворами діаметром 3 мм.

Зверху на ємності встановлено мотор-редуктор з електричним приводом *2*, який забезпечує роботу шнекового механізму. В конструкції елементів обладнання, пов'язаних з процесами збору та утримання імаго зернової молі, враховано біологічні, екологічні та її етологічні особливості. Проведені попередні дослідження свідчать про те, що після виходу імаго із зерна, метелик лабораторного «хазяїна» трихограми, оскільки він є амбарним шкідником і має позитивний фототаксис, шукає найтемніше місце техноценозу і починає рухатись у його напрямку. Тому нижнє розташування сажка для збору імаго є доцільним, враховуючи позитивний геотаксис метелика, і міняти його не є доцільним.



Рис. 1.6.3. **Експериментальна установка для безкасетного розведення зернової молі:** *1* – вертикальний шнек; *2* – мотор-редуктор з електричним приводом; *3* – приймальний сажок; *4* – вентилятор; *5* – пульт керування; *6* – терморегулятор з термодатчиком

До нижньої конусної частини приєднано ще одну конусну обичайку – приймальну ємність (конфузор), яка слугує для збору імаго зернової молі у приймальний сажок *3*. Конус конфузора, розміщений у нижній частині ємності для зерна, у запропонованій конструкції збільшено до 60 °. Такий нахил поверхні дає можливість якісніше запобігти накопиченню на поверхні конфузора решткiв зерна та метеликів.

Зернову частину ємності поєднано з конфузором через молепроводи. У конструкції установки передбачено його активне вентилювання за допомогою відцентрового вентилятора *4* через приймальну ємність та молепроводи. Конструктивно передбачено крапельне зволоження зерна, а саме: адіабатичне охолодження та підвищення відносної вологості повітря в робочій зоні.

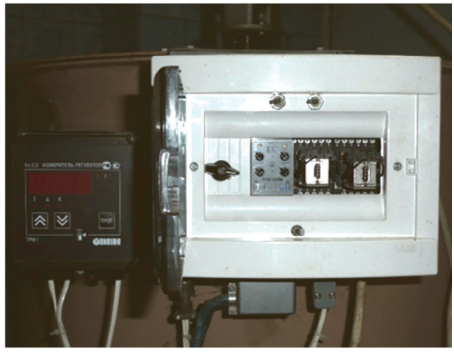


Рис. 1.6.4. **Пульт керування установкою безкасетного розведення зернової молі**

Перемішування зерна, його вентилювання та зволоження здійснюються в автоматичному режимі залежно від фактичних параметрів зерна в процесі розведення зернової молі. Автоматичне регулювання роботою установки передбачено за допомогою системи керування, яка включає у роботу відповідні виконавчі механізми. Установку оснащено пультом керування *5* (рис. 1.6.4), на якому розташовано: перемикач режимів ручний – термоавтомат, реле циклічне, тумблер включення вентилятора, тумблер включення шнека, реле вентилятора, реле шнека, тумблер відключення режиму перегріву в автоматі, терморегулятор з термодатчиком *6*.

Функціональність установки досягається завдяки інтеграції в одній одиниці обладнання трьох технологічних процесів.

За допомогою цієї установки в одному об`ємі об`єднуються технологічні процеси, такі як: зараження зерна, розвиток гусениці, заляльковування і вихід імаго. Установка дає змогу механізувати процеси «завантаження – вивантаження» зерна, його перемішування та вентилювання. Вона складається з циліндричної ємності з розташованими всередині вертикальними перфорованими трубками для виходу молі й охолодження зерна, пристрою, який перемішує, у вигляді шнека з приводом і вентилятор, які включаються за сигналами датчика регулятора температури, що міститься в робочому об’ємі [11].

Для забезпечення технологічних температурних та вологісних параметрів процесу, а також синхронізації виходу імаго передбачено механічне перемішування, вентилювання зерна. Продуктивність установки 1,5 кг яєць зернової молі за цикл розведення.

Проведено дослідження роботи систем примусової вентиляції та шнекового транспортера, що призначено для перемішування зерна, завданням яких є зниження неоднорідності температурного

поля і запобігання утворенню центрів самозігрівання та адіабатичного охолодження зерна.

У результаті досліджень впливу кроку шнека встановлено, що інтенсивність перемішування впливає на рівномірність розподілу абіотичних параметрів середовища в робочій зоні та визначає ступінь синхронності розвитку штучної популяції зернової молі. Збільшення кроку шнека від 70 до 100 мм надає можливість впливати на синхронність розвитку зернової молі. Заселеність зерна зерновою міллю при означеному підвищенні інтенсивності перемішування вища на 10 % (*табл. 1.6.1*).

Таблиця 1.6.1. **Порівняння технологій розведення ентомокультур зернової молі за різних умов проведення технологічного процесу розведення**

Показник якості	Технологія безкасетного розведення зернової молі		Касетно-боксова технологія
	крок шнека, мм		
	70	100	
Заселеність, %:10-й день	79	87	83
20-й день	83	94	91
Частка самок, %	52	56	51
Довжина, мм: тіла самок	6,52	6,54	6,65
яйця	0,61	0,61	0,61
Ширина яйця, мм	0,30	0,30	0,30
Маса, мг: самок	7,36	7,39	7,02
яйця	0,020	0,020	0,02
Фертильність яєць, %	95	96	94,7

За даними табл. 1.6.1, інші показники якості практично не зазнали впливу. Синхронність виходу імаго зернової молі у варіанті 100 мм шнека була вище приблизно на 20 %.

Використання установки для безкасетного розведення зернової молі дає можливість досягти такої самої виживаності особин, як при заселенні на стелажах. Запропонований метод дає змогу створювати обладнання промислового виробництва [12]. Його практична цінність полягає в тому, що скорочується трудомісткість технологічних

операцій, зменшується кількість одиниць обладнання і його металоємність, поліпшуються санітарно-гігієнічні умови праці.

Проведені дослідження циклу безкасетного розведення зернової молі дали змогу визначити динаміку зміни температури зерна і повітря (рис. 1.6.5) та відносної вологості (рис. 1.6.6).

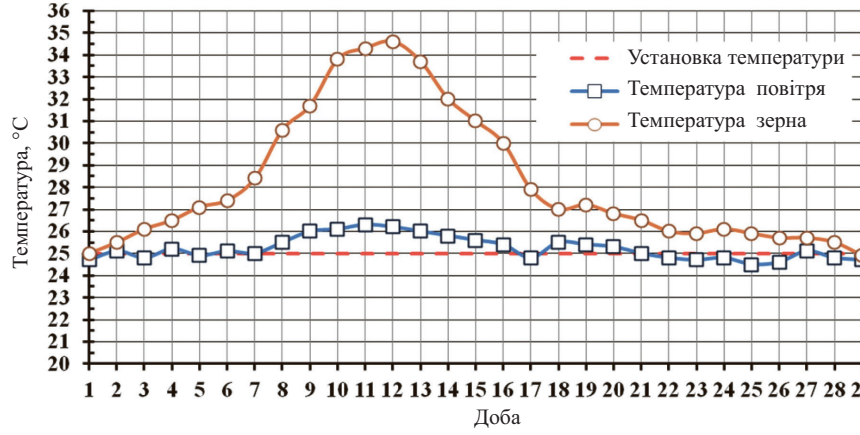


Рис. 1.6.5. **Динаміка зміни температури повітря та зерна впродовж циклу розведення зернової молі**

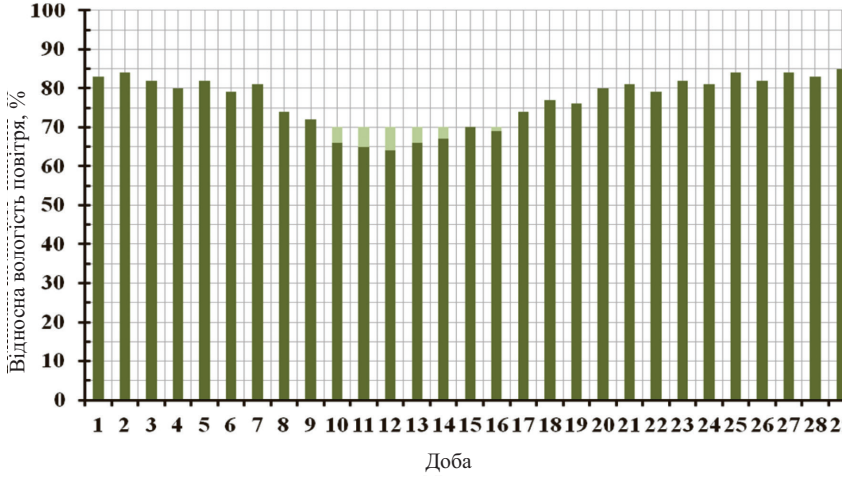


Рис. 1.6.6. **Динаміка зміни відносної вологості повітря впродовж циклу розведення зернової молі**

Температура зерна у період заселення зернової молі (1–7 доба) збільшується досить плавно і досягає приблизно 28 °С. При цьому температура повітря незначно коливається на рівні уставки (25 °С).

Відносна вологість повітря у приміщенні залишалась у регламентованих межах ($\varphi \approx 80$ %), температура повітря (Δt) збільшується більше ніж на 8 °С. Ця різниця може досягати 12 °С, але у цей період, крім вентилятора, працює і шнек, що дає змогу утримувати температуру зерна у межах, що зумовлено регламентом. Відносна вологість повітря у цей період знижується, що зумовлюється підвищенням температури у приміщенні. У нашому експерименті φ знижувалось нижче регламентованого значення на ≈ 5 %.

Установка безкасетного розведення зернової молі вирізняється більш рівномірним температурним полем зерна в робочій зоні, що визначається такими складовими:

- продувкою повітрям з оптимальною температурою вирощування зернової молі через рівномірно розташовані по об'єму молепроводи, що забезпечує конвективний відвід тепла;
- значним скороченням кількості зерна, яке міститься в прикордонному шарі порівняно з касетно-боксовою технологією;
- перемішуванням живильного середовища шнековим механізмом, яке забезпечує регулярне переміщення кожного окремого зерна як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку.

Найнапруженіший період – це перші п'ять діб отримання імаго (рис. 1.6.7). Здійснення його ускладнюється тим, що шнековий механізм не працює, а Δt поступово зменшується від максимального.

Обробка отриманих результатів щодо виходу імаго дала змогу отримати рівняння у вигляді полінома 6 ступеня:

$$y = 4 - 0,5x^6 - 0,0042x^5 + 0,1591x^4 - 3,0715x^3 + \\ + 27,887x^2 - 64,053x + 106,39, \qquad (1.6.1)$$

де y – маса імаго зернової молі, г; x – термін, діб.

Коефіцієнт достовірності апроксимації (R^2), який показує ступінь відповідності трендової моделі вихідним даним, становить 0,9806.

Можемо зробити висновок, що отримані моделі відповідають натурному експерименту із задовільною похибкою.

Проведені дослідження дали змогу проаналізувати динаміку отримання яєць за різних технологій розведення зернової молі (рис. 1.6.8).

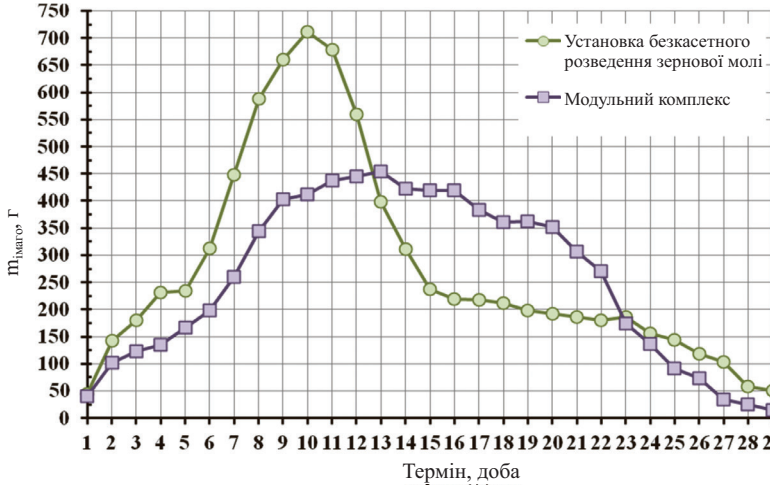


Рис. 1.6.7. **Динаміка отримання імаго зернової молі за використання касетної та безкасетної технології**

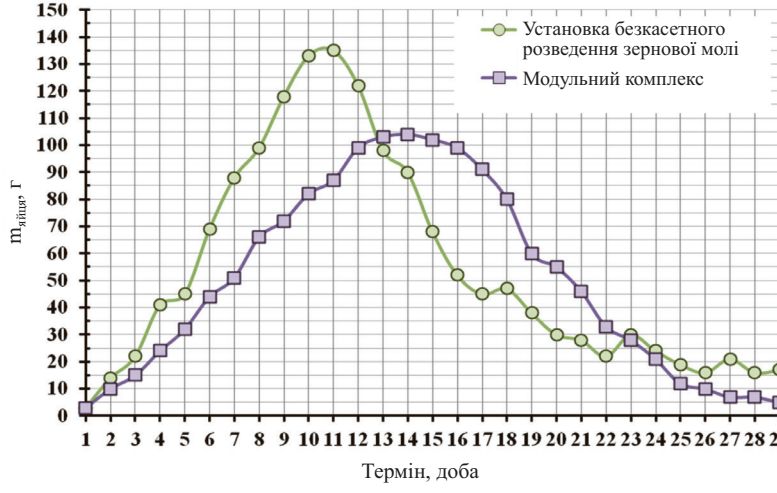


Рис. 1.6.8. **Динаміка отримання яйця зернової молі за використання касетної та безкасетної технології**

Обробка результатів щодо отримання яйця дала змогу одержати рівняння у вигляді поліномів 6 ступеня (при коефіцієнті достовірності апроксимації $R^2 = 0{,}963$):

$$y = 3 - 0{,}5x^6 - 0{,}0029x^5 + 0{,}1184x^4 - 2{,}2817x^3 + \\ +19{,}508x^2 - 51{,}037x + 46{,}834, \qquad (1.6.2)$$

де y – маса імаго зернової молі, г; x – термін, діб.

Отже, за вирощування зернової молі у великому об'ємі 80 % яйцепродукції було отримано за 17 діб, а залишок у 20 % – за наступні 7 діб. З огляду на те, що виробництво зернової молі є сезонним, доцільно припиняти цикл на 17–18 добу, і завдяки заощадженому часу збільшувати кількість циклів за сезон. Такий підхід дасть підвищити ефективність використання обладнання [13, 14].

Отже, проведені експериментальні дослідження показали не тільки працездатність розробленого обладнання, а й доцільність його використання. Кількість напівавтоматизованих та механізованих технологічних операцій було збільшено до 23 % при зменшенні металоємності на 14 % порівняно з наявним аналогом.

Висновок

Таким чином, у результаті проведених досліджень було запроєктовано й створено обладнання для безкасетного розведення зернової молі, функціональність якого досягається завдяки інтеграції в одній одиниці обладнання трьох технологічних процесів без допоміжних операцій. Розробка відрізняється від наявних аналогів рівномірнішим температурним полем зерна в робочій зоні, що визначається такими складовими:

- продувкою повітрям з оптимальною температурою вирощування зернової молі через рівномірно розташовані по об'єму молепроводи, що забезпечує конвективний відвід тепла;
- значним скороченням кількості зерна, яке міститься в приграничному шарі порівняно з касетно-боксовою технологією;
- перемішуванням живильного середовища шнековим механізмом, яке забезпечує регулярне переміщення кожного окремого зерна як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку.

Використання розробленого обладнання для вирощування зернової молі у великому об'ємі дає скоротити промисловий цикл на 10–12 діб при отриманні 80 % загальної кількості яйцепродукції. Припинення циклу на 17–18 добу виходу імаго надає змогу збільшувати кількість циклів за сезон, а отже, й значно підвищити продуктивність біовиробництва та ефективність використання обладнання.

Список використаних джерел до підрозділу 1.6

1. *Комплект* обладнання модульний для виробництва ентомологічного препарату бракон. *Протокол держ. випроб. дослідного зразка № 01–34*. ІТІ «Біотехніка». Дослідницьке, 2013. 18 с.
2. *Рудик Л. та ін.* Промислова біотехнологія виробництва ентомологічного препарату бракон для біологічного захисту рослин. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 12 (59). С. 29–33.
3. *Ходорчук В. та ін.* Промислова технологія виробництва ентомофага золотоочки для біологічного захисту рослин. *Техніка і технології АПК*. 2012. № 12 (39). С. 19–20.
4. *Бельченко В. М., Гончарук О. І., Сенічев М. Ю.* Вирощування комах – на промислову основу. *Республ. ентомологічна конф., присвяч. 50-й річниці Українського ентомологічного товариства*: зб. наук. пр. 2000. 89 с.
5. *Поточная* линия промышленного производства зерновой моли: авт. свид. № 1481921 СССР: МПК A01K 67/00; заявл. 03.08.1987.
6. *Пристрій* для одержання яєць зернової молі: пат. № 24831 Україна: МПК A01K 67/00; заявл. 28.01.1998; опубл. 15.10.2001, Бюл. № 9. 6 с.
7. *Бельченко В. М., Наголович К. П.* Експериментальний зразок установки для промислового виробництва зернової молі. *Біотехнологічні системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства*: матеріали доп. міжнар. наук. конф. (3–7 жовтня 2016, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 49. Одеса: ПП «Фенікс», 2016. С. 30–33.
8. *Установка* для виробництва метеликів зернової молі: пат. № 83571 Україна: МПК A01K 67/00; заявл. 06.11.2006; опубл. 25.07.2008, Бюл. № 14. 4 с.
9. *Беспалов И. Н., Бельченко В. М., Лешишак А. В.* Основные принципы создания энтомологических производств. *Защита растений:* сб. науч. тр. 2015. № 39. С. 144–151.
10. *Кондиціонер* зерна: пат. № 34045 Україна: МПК B02B 1/00, A01K 67/00; заявл. 25.02.2008; опубл. 25.07.2008, Бюл. № 14. 2 с.

11. *Калібратор* яєць фітофагів: пат. № 89928 Україна: МПК A01K 67/00, B07B 4/02, B07B 7/00, B07B 11/00; заявл. 08.05.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5. 3 с.
12. *Бельченко В. М., Піщанська Н. О.* Інформаційна модель як базовий елемент створення біотехнологічних систем вирощування ентомокультур. *IX з'їзд ГО «Українського ентомологічного товариства»*: тези доп. 2018. С. 17–18.
13. *Бельченко В. М., Шейкин Б. М., Лешишак А. В., Бородавкина Т. В.* К вопросу определения объемов обитания энтомокультур в промышленных биотехнологических системах. *Защита растений*: сб. науч. тр. 2013. № 37. С. 161–167.
14. *Бельченко В. М., Барабаш А. Д., Шейкін Б. М.* Сучасні принципи організації ентомологічного виробництва. *Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи*: мат. міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя НААН. (1–5 жовтня 2018, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 53. Одеса: ПП «Фенікс», 2018. С. 24–31.

1.7. Мультиплікатор для виробництва трихограми

Бельченко В. М., Піщанська Н. О.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

У 70–80-х роках XX ст. було створено широку мережу біофабрик для розведення трихограми. Розроблені технологічні лінії було оснащено металевими касетами для зараження та розвитку гусениці, а також боксами для збору імаго. Метеликів почали збирати у сажки, зроблені з сит для борошна, закритих щільною тканиною. Такі зміни дали змогу практично ізолювати процес збору імаго.

За попередні роки було створено ряд модифікацій та спроб модернізувати обладнання з розведення трихограми [1]. Лише в комплекті технологічного обладнання для промислового виробництва трихограми [2] було введено: принципово нову конструкцію термостата для утримання імаго та отримання яєць (термостат ТН-2), прилад для збереження трихограми («УХТ-1») та вологісна обробка повітря локально на кожній окремій одиниці обладнання. Загалом лінія ускладнилась, підвищилась її вартість, ефективність знизилася. Після цього

було створено велику кількість модифікацій обладнання, серед них слід відзначити проєкти 1428М, 1215, комплект трихограмний КТ, який розроблено в Узбекистані у 2000 р. та ін.

Зернові касети практично не зазнали конструктивних змін за винятком їх пакетування (блок-касети) по 5–7 шт. для транспортування та встановлення їх у бокси за допомогою механізованого візка. Через трудомісткість виготовлення касет з дерева, у наступній модернізації їх було виготовлено з алюмінію. При цьому було застосовано додаткову сітку з піддоном, що дало змогу відсівати яйця без розкриття касет. Це значно спростило збір яєць.

Однак, зберігши коміркову структуру, щільну посадку, та сама шафа і пристрій мікроклімату, термостат не забезпечували нормальних умов утримання метеликів. Основним недоліком роботи системи мікроклімату є пріння метеликів унаслідок впливу краплинної вологи. Через високу теплопровідність і малу теплоємність матеріалу касет температурні параметри підтримувались погано. Термостат було розраховано на середньоденний вихід імаго з боксу, що не забезпечувало розміщення в ньому всієї кількості імаго.

Процес відтворення трихограми та й технічні засоби для його забезпечення по своєму принципу дії ні в чому не відрізняються від застосовуваних у лабораторному способі і не зазнали жодних істотних перетворень в усіх розроблених проєктах.

Основною вимогою в організації технологічного процесу є досягнення мінімальної експозиції (не більш 2 діб) паразитування яєць ситотроги, щоб надалі забезпечити тривале утримання трихограми при збереженні високої ефективності за її застосування.

Для паразитування яєць ситотроги трихограмою призначено віварій, що входить у комплект устаткування механізованої лінії. Однак на практиці на жодній біофабриці віварії не працюють, а використовуються скляні банки місткістю 3 л.

Цей технологічний процес може удосконалюватися двома способами: пошук факторів, що активують підвищувальний відсоток паразитування яєць, і пошук конструктивних рішень, що забезпечують максимальне використання біологічного потенціалу трихограми за одночасного одержання партій паразитованих яєць з необхідною експозицією.

Політермостат і установка зберігання трихограми («УХТ»), що входять у комплект устаткування [3], не забезпечують необхідних умов утримання біоматеріалу. Як основний конструктивний елемент цих виробів використовується промисловий холодильник-термостат ХТ-3 ТУ 46-22-559-79, в якому значна частина теплообміну відбувається завдяки тепломасообміну (велике Δt) між продуктом, що зберігається, і холодною поверхнею. Біоматеріал, що зберігається за таких умов, неминуче втрачає вологу з наступною втратою здатності до відтворення. Крім того, на якості трихограми позначується найменше порушення технологічного режиму.

ІТІ «Біотехніка» НААН із метою доопрацювання технології та технічних засобів її забезпечення по всьому циклу ситотрожного та трихограмного виробництва запропоновано здійснювати виробництво трихограми на мультиплікаторі. Високий ступінь синхронності розвитку трихограми на ньому досягається забезпеченням рівномірності розподілу полів абіотичних чинників, що характеризують техноценоз у робочому об'ємі: температура, відносна вологість повітря, освітленість тощо. В експериментальних зразках технологічного обладнання передбачено підтримання параметрів мікроклімату для розведення трихограми способом інтенсивного повітрообміну між мультиплікатором та приміщенням, в якому виконується підтримання заданих параметрів мікроклімату у діапазоні температур від 22 до 28 °С та відносної вологості повітря від 75 до 85 %. У самому виробничому приміщенні планується використовувати систему виштовхувальної вентиляції. Зволоження повітря має відбуватися з використанням водяної пари, яку отримано способом інтенсифікації процесів випаровування води.

Для забезпечення рівномірності розподілу параметрів мікроклімату в самій ємності, а також для виведення летючих метаболітів планується підтримувати постійний рух повітряної маси та високу інтенсивність повітрообміну. Рух повітря спрямовано вздовж поверхні пластин з яйцями хазяїна. Виведення метаболітів дає можливість знизити рівень стресу особин унаслідок підвищеної щільності утримання популяції, а також запобігти розвитку патогенної мікрофлори в робочій зоні.

У мультиплікаторі застосовано освітлення низької інтенсивності (сутінкове) зі зміною положення джерела (верх/низ), яке сприяє реалізації паразитичної поведінки самок. Метою зміни напрямку освітлення є зміна напрямку руху особин по робочій поверхні та підвищення ймовірності паразитування раніше непаразитованих яєць по всьому блоку пластин мультиплікатора [4].

Конструкція робочої зони передбачає можливість здійснення відбору особин трихограми за їх пошуковою та льотною активністю. Тобто виключено можливість прямого переходу особин трихограми з контейнера для виходу імаго безпосередньо до пластин з нанесеними яйцями хазяїна. З цією метою пластини розташовують так, щоб вони не мали прямого контакту зі стінками основної камери.

Конструкцією технологічного обладнання забезпечено проведення технологічного процесу елімінації особин з низькою життєздатністю способом масового добору трихограми за льотною активністю, що передбачає створення просторової перешкоди між пеналом з батьківською трихограмою та пластинами з яйцями хазяїна.

Пристрій для нанесення яєць зернової молі є універсальним і призначено для підготовки блоків пластин. Щільність нанесення яєць зернової молі – 10 г яєць на пластину, що становить 97 % ручного способу. Продуктивність становить 1,3 кг/год, що дає змогу підготувати 6 блоків пластин за невеликих габаритних розмірів – 470 × 312 × 456 мм.

Запропонована нова конструкція блока пластин дає можливість проводити технологічні операції з біоматеріалом без повного демонтажу пластин. Виготовлено три варіанта блока пластин, що відрізняються кроком між пластинами та відповідно їх кількістю. Кожний із цих варіантів порівняно з традиційною технологією замінює відповідно 15, 19 та 22 скляних бутлі, при цьому щільність утримання яєць зернової молі становить 150, 190, 220 екз./см^3.

Враховуючи те, що обладнання направлене на використання в промисловому виробництві ентомофага, особливу увагу приділили зручності його використання. Так, обслуговування робочої зони (внесення підготовлених пластин з яйцями хазяїна в основну камеру, внесення трихограми батьківського покоління, вилучення

біоматеріалу, очищення робочої зони від забруднення) здійснюється через бокову стінку основної камери.

Об'єктом досліджень є біотехнологічний процес виробництва ентомологічного препарату трихограми з використанням установки безкасетного розведення зернової молі та мультиплікатора трихограми, а також конструкційно-технологічні параметри основного обладнання.

Предметом досліджень є взаємозв'язок конструкційно-технологічних параметрів експериментальних зразків обладнання, якісних показників їх роботи та якісних показників кінцевого продукту – ентомологічного препарату трихограми [5].

Конструкція мультиплікатора вирізняється високою об'ємною щільністю розміщення яєць зернової молі, підвищеним відсотком паразитування яєць і вилученням із циклу особин з низькою льотною активністю.

Основою мультиплікатора (рис. 1.7.1) є рама *1*, на якій кріпляться ліва камера *2* і лівий повітряний фільтр *3*, права камера *4* і правий повітряний фільтр *5*, пульт керування *6*, центральний

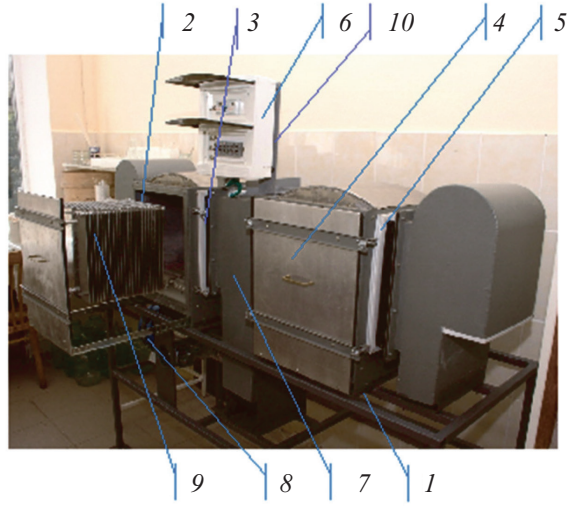


Рис. 1.7.1. **Мультиплікатор:** *1* – рама; *2*, *4* – камери; *3*, *5* – повітряні фільтри; *6* – пульт керування; *7*– центральний повітропровід; *8* – вентилятор; *9* – блоки пластин; *10* – байпасна заслінка

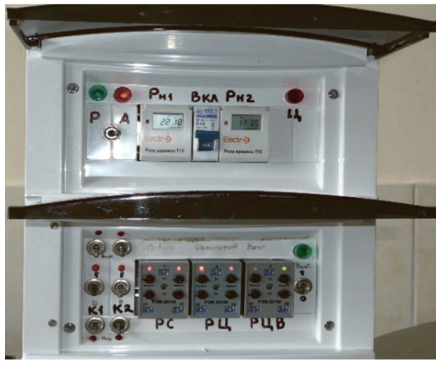


Рис. 1.7.2. **Пульт керування мультиплікатора**

повітропровід *7* і вентилятор *8*. У камери встановлюються блоки пластин *9*.

Мультиплікатор оснащено пультом керування (рис. 1.7.2), на якому розташовано: перемикач режимів ручний – автоматичний, індикатор ручного режиму, індикатор автоматичного режиму, вимикач мультиплікатора, реле тижневе – *1*, реле тижневе – *2*, індикатор циклу, тумблери В1 і В2, тумблери К1 і К2, тумблери Н1 і Н2, реле добове, реле циклічне, реле циклу вентилятора, тумблер вентилятора, індикатор роботи вентилятора.

Для забезпечення рівномірності розподілу параметрів мікроклімату в робочій зоні, а також для виведення летючих метаболітів передбачено можливість регулювати рух повітряної маси та його інтенсивність (повітрообмін). З цією метою в конструкцію мультиплікатора було введено байпасну заслінку (рис. 1.7.1, *10*). Рух повітря в робочій зоні спрямовано вздовж поверхні пластин з яйцями хазяїна. Виведення метаболітів дає можливість знизити рівень стресу особин унаслідок підвищеної щільності утримання популяції, а також запобігти розвитку патогенної мікрофлори. В мультиплікаторі застосовано освітлення низької інтенсивності (сутінкове) зі зміною положення джерела (верх/низ), яке сприяє реалізації паразитичної поведінки самок. Метою зміни напрямку освітлення є перерозосередження особин на робочій поверхні та підвищення ймовірності паразитування раніше непаразитованих яєць по всьому об'єму мультиплікатора.

Конструкція робочої зони передбачає можливість здійснення відбору особин трихограми за їх пошуковою та льотною активністю. Тобто виключено можливість прямого переходу особин трихограми з пенала маточної трихограми (рис. 1.7.3) безпосередньо до пластин з нанесеними яйцями хазяїна. З цією метою пластини розташовуються так, щоб вони не мали прямого контакту з пеналом та стінками основної камери.

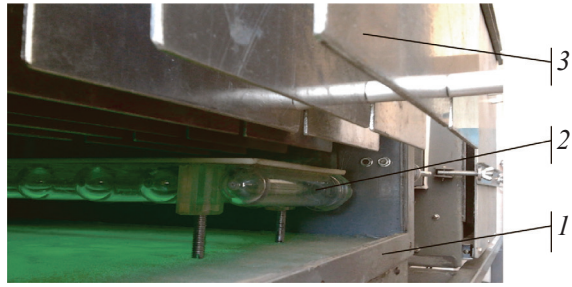
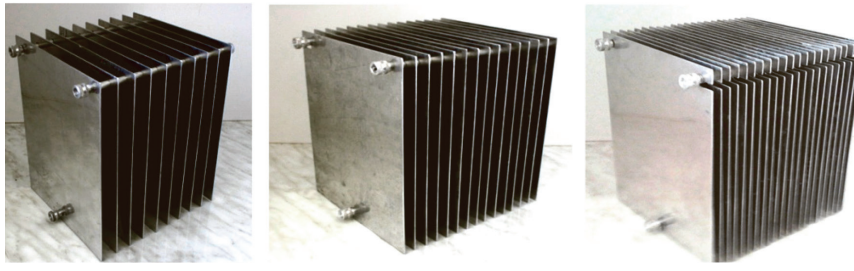


Рис. 1.7.3. **Робоча зона мультиплікатора (включено нижній екран):** *1* – камера; *2* – пенал; *3* – блок пластин

Конструкцією технологічного обладнання забезпечено проведення технологічного процесу елімінації особин з низькою життєздатністю способом масового добору трихограми за льотною активністю, що передбачає в камері (*1*) створення просторової перешкоди між пеналом (*2*) з батьківською трихограмою та пластинами (*3*) з яйцями хазяїна.

Запропоновано конструкцію блока пластин (рис. 1.7.4) з трьома осями, одна з яких нерухома, а дві мають ступінь рухомості, надає можливість проводити технологічні операції з біоматеріалом без повного демонтажу пластин. Виготовлено три варіанта блока пластин, що відрізняються кроком між пластинами та відповідно їх кількістю. Кожний із цих варіантів порівняно з традиційною технологією замінює відповідно 15, 19 та 22 трилітрових бутлі, при



а *б* *в*

Рис. 1.7.4. **Зразки технологічного обладнання розведення трихограми:** *а* – блок 15 пластин; *б* – блок 19 пластин; *в* – блок 22 пластини

цьому щільність утримання яєць зернової молі в робочій зоні становить 150, 190, 220 екз./см^3. Заміна блока пластин потребує певного переналаштування системи вентиляції.

Враховуючи те, що обладнання направлене на використання в промисловому виробництві ентомофага, особливу увагу приділили зручності його використання. Так, обслуговування робочої зони (внесення підготовлених пластин з яйцями хазяїна в робочу камеру, внесення трихограми батьківського покоління, вилучення біоматеріалу, очищення робочої зони від забруднення) здійснюється через передню висувну стінку робочої камери.

Основні параметри й характеристики мультиплікатора трихограми наведено у *табл. 1.7.1.*

Таблиця 1.7.1. **Параметри і характеристики мультиплікатора**

№ з/п	Параметри й розмір	Розмір
1	Габаритні конструкційні розміри мультиплікатора, мм:	
	довжина, не більше	1580
	ширина, не більше	600
	висота, не більше	1650
2	Споживана потужність, Вт	250
3	Напруга, В	220
4	Частота, Гц	50

Висновок

Проведені дослідження показали високий ступінь синхронності розвитку трихограми, який досягається забезпеченням рівномірності розподілу полів абіотичних чинників, що характеризують техноценоз в робочому об'ємі: температура, відносна вологість повітря, освітленість тощо [6, 7]. У технологічному устаткованні передбачено підтримання параметрів мікроклімату для розведення трихограми способом інтенсивного повітрообміну між мультиплікатором та приміщенням, в якому виконується підтримання заданих параметрів мікроклімату в діапазоні температур 22–28 °С та відносної вологості повітря 75–85 %. У самому виробничому приміщенні використовується система виштовхувальної вентиляції.

Зволоження повітря здійснювалося водяною парою, яку отримано способом інтенсифікації процесів випаровування води.

Список використаних джерел до підрозділу 1.7

1. *Старчевский И. П., Воблый П. И., Гончарук А. И.* Механизированный комплект трихограммного оборудования. *Тезисы докладов III Всесоюзного совещания по трихограмме*. 1991.
2. *Спосіб* нанесення яєць комах на робочу поверхню та пристрій для його реалізації: пат. 24832 Україна: МПК A01K 67/00; заявл. 28.01.1998; опубл. 15.03.2002, Бюл. № 3. 3 с.
3. *Лешишак О. В., Бельченко В. М.* Мультиплікатор для промислового розведення трихограми. *Екологізація і біологізація природокористування в контексті збалансованого розвитку*: матеріали міжнар. конф. молодих вчених (8–10 вересня 2015, м. Одеса). Одеса: ОДАУ, 2015. С. 70–71.
4. *Бельченко В. М., Таргоня В. С., Саркісьян Л. С.* Утилізація відходів виробництва ентомологічного препарату трихограми. *Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. 2008. Вип. 12 (26). С. 176–181.
5. *Старчевський І., Бельченко В., Гончарук О., Шейкін Б.* Технологічне обладнання для переоснащення та ремонту виробництв трихограми мережі біофабрики і біолабораторій. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*: зб. наук. пр. 2005. № 8(2). С. 182–186.
6. *Бельченко В. М., Піщанська Н. О., Подмазко О. С.* Методика розрахунку тепло-вологісних навантажень технологічних приміщень ентомологічних виробництв. *Механізація та електрифікація сільського господарства:* загальнодерж. зб. ННЦ «ІМЕСГ»: Глеваха, 2017. Вип. 6 (105). С. 128–135.
7. *Бельченко В. М., Пищанская Н. А.* Оптимизация схемы подготовки воздуха для технологических процессов энтомологических производств. *Біотехнологічні системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства*: матеріали докл. междунар. конф. (3–7 окт. 2016, г. Одесса). *Информ. бюл. ВПРС МОББ.* № 49. Одесса: ПП «Фенікс», 2016. С. 35–40.

1.8. Економічна ферментаційна установка для виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин

Беспалов І. М., Ярошевський В. П.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Тонкостінні ферментаційні комплекси – основа малотоннажного виробництва мікробіопрепаратів для захисту рослин

Виробництво мікробіологічних засобів захисту рослин (МБЗЗР) в Україні на сьогодні реалізується на базі біолабораторій та невеликих біофабрик. Такі підприємства зазвичай розміщуються в сільській місцевості в пристосованих спорудах, і мають, по суті, кустарне виробництво [1, 2]. Поширеною технічною основою біовиробництв досі є промислові мікробіологічні качалки – надійне, але енергозатратне та морально застаріле обладнання [3]. Використання економічно вигіднішої основи – біореакторів, обмежується відсутністю спеціалізованих апаратів для виробництва МБЗЗР. А застосування класичних ферментерів мікробіологічної промисловості або хімічних реакторів, переоснащених для мікробного синтезу зазвичай потребує наявності цілої низки допоміжного обладнання: парогенераторів, теплообмінників, змішувачів тощо [4, 5]. Якщо середньо- і великотоннажне виробництво передбачає створення відповідної інфраструктури, то для малотоннажних виробництв, якими й є більшість біофабрик для МБЗЗР, це спричиняє значні складнощі, що пов'язано насамперед з великими капітальними й експлуатаційними витратами [2].

В Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) упродовж тривалого часу займаються розв'язанням проблеми технічного забезпечення промислового виробництва МБЗЗР різної тоннажності [1, 6, 7]. Візитною карткою Інституту є тонкостінні ферментаційні комплекси (ТФК) – автоматизовані технологічні лінії для промислового виробництва мікробіопрепаратів у рідкій товарній формі [7, 8].

Основою ТФК є тонкостінні ферментери. Ці біореактори – оригінальна розробка ІТІ «Біотехніка» НААН, спрямована на зниження капітальних вкладень і експлуатаційних витрат біовиробництва [7]. Тонкостінні ферментери мають зменшену, відносно класичних апаратів, металоємність завдяки зниженій товщині стінок ферментаційної ємності (ФЄ) та застосування повітряної, а не водяної сорочки [9, 10]. З одного боку, така полегшена конструкція сприяє значному зниженню вартості основного обладнання біовиробництва, а з другого – не дає змоги проводити стандартну термічну стерилізацію поживних середовищ (ПС) всередині ферментерів через неможливість підтримання значного тиску в ФЄ. Однак цей самий фактор виводить тонкостінні ферментери з переліку апаратів, що працюють під тиском, значно знижуючи вимоги до їх виготовлення й експлуатації [7]. Отже, в тонкостінних ферментерах реалізується лише стадія ферментації, яка протікає при атмосферному тиску.

Доферментаційні процедури мають в основі роздільне приготування і стерилізацію компонентів ПС: рідкого концентрату поживного середовища (КПС) і води. Концентрат містить усі сухі і рідкі компоненти ПС, проте розчинені у значно меншій кількості води. Розроблена в Інституті технологія передбачає термічну стерилізацію КПС (1/5–1/3 об'єму ПС) і нетермічну стерилізацію води (2/3–4/5 об'єму ПС) [8]. Після цього КПС і воду змішують в окремому змішувачі або у ємності ферментера. Отримана суміш являє собою стерильне ПС. Додаткове охолодження води до 5–8 °С перед змішуванням з термічно обробленим КПС з температурою 97–98 °С дало змогу отримувати суміш з температурою, необхідною для інокуляції [7, 8].

Для змішування рідких і сухих компонентів КПС використовують окремий змішувач з механічною мішалкою [7]. Стерилізація готового КПС відбувається в окремому стерилізаторі при температурі 120–130 °С з відповідною експозицією. Для розчинення КПС використовується очищена водопровідна вода, яку знезаражено ультрафіолетовим опроміненням (УФ-опроміненням). УФ-опромінення значної кількості води передбачено у проточному режимі у спеціальній установці, яка окрім УФ-ламп включала накопичувальну ємність і циркуляційний насос [7].

Автоматизація ТФК зазвичай включає підтримання температур технологічних рідин у стерилізаторі та установці очищення і знезараження води, дозування води до КПС при приготуванні ПС, підтримання температури ферментаційного середовища (ФС) і обертів мішалки у ферментерах.

Першою спробою створення ТФК була стерилізаційно-ферментаційна установка УСФ-0,115М (2008–2009 рр.). Установка складалась з одного ферментера ФТУ-0,115 місткістю 115 дм^3 і стерилізатора ПС, який розроблено на базі парового автоклава ВК-75-01 [7] (рис. 1.8.1, *а*). Продуктивність установки була невелика – лише 80 дм^3/цикл. Дослідження роботи ТФК дало змогу відпрацювати технологію напрацювання мікробіопрепаратів у тонкостінному ферментері.



а *б*

Рис. 1.8.1. **Дослідні зразки ТФК минулого покоління:**
а – стерилізаційно-ферментаційна установка УСФ-0,115М;
б – модульний ферментаційний комплекс КФМ-420

Подальшу роботу було спрямовано на збільшення продуктивності ТФК через нарощування кількості ферментаційних апаратів та розроблення окремих модулів підготування повітря і води. Результатом цих вишукувань стало створення ферментаційного комплексу модульного типу КФМ-420 (2013–2015 рр.) з продуктивністю 420 дм^3/цикл (рис. 1.8.1, *б*). Цей ТФК включав шість однотипних тонкостінних ферментерів ФТУ-0,115, окремий змішувач компонентів КПС, стерилізатор, модуль очищення повітря і модуль знезараження і охолодження води [7].

Дослідження роботи обладнання КФМ-420 дало змогу відпрацювати технологію роздільного приготування і стерилізації складових частин ПС та підтвердити очікуване зниження енергозатрат на процеси доферментаційної стадії виробництва [11]. Водночас було виявлено певні складнощі, пов'язані з підтриманням асептичних умов виробництва та недостатньою опрацьованістю процесів постферментаційної стадії [2]. Спільно із загальною спрямованістю на збільшення енергоефективності та економічності виробництва це призвело до необхідності створення нового покоління ТФК.

Підходи до розроблення економічної ферментаційної установки

Економічна ферментаційна установка ФУ-500 – це ТФК нового покоління, яку призначено для малотоннажного виробництва МБЗЗР у безпосередній близькості від місця їх використання, тобто у сільській місцевості. Проведені розрахунки показали, що продуктивність установки має становити 450–500 дм^3 біопрепарату за цикл. За регламентної тривалості циклу ферментації 48–72 год та тривалості сезону роботи у 10 міс. середня річна потужність біовиробництва становитиме близько 29 000 дм^3 препарату з доходом понад 1,5 млн грн. Це дасть змогу отримати термін окупності капітальних вкладень в організацію виробництва на базі цього ТФК не більше 2–3 років, що забезпечить необхідну ефективність інвестицій.

Основною проблемою за розроблення ферментаційної установки була зазначена вище складність та економічна недоцільність створення в умовах сільської місцевості інфраструктури, необхідної для підтримання належного рівня асептики мікробіологічного виробництва [2]. Адже однією з ключових вимог до мікробіологічного виробництва як такого є забезпечення асептики всіх стадій виробництва [5].

Вважається, що потрапляння сторонньої мікрофлори через субстрати у ФС позначається на зниженні якості культуральних рідин (КР) біопрепаратів [12]. Стандартними процедурами, що використовуються для забезпечення асептичних умов, є теплова стерилізація, стерилізувальна фільтрація субстратів (повітря) та

забезпечення герметичності технологічного обладнання [12]. Цей підхід потребує застосування окремих джерел пари, генераторів холоду, мікробіологічних фільтрів тощо. Подібне обладнання, окрім великої собівартості, потребує кваліфікованого обслуговування, що й веде до необхідності створення й підтримання інфраструктури, характерної для великих мікробіовиробництв.

За створення ТФК минулого покоління (УСФ-0,115М, КФМ-420) цей підхід не піддавався глибокому аналізу, тому безпосередньо впливав на напрями розроблення технічних і технологічних рішень. Енергозатрати на технологічні процеси намагались зменшити за рахунок застосування нетипового для мікробіологічної галузі або менш потужного обладнання [7, 11]. Однак необхідність дотримання суворо асептичних умов, однакових для виробництва як фармацевтичних препаратів для людини, так і для МБЗЗР, які майже одразу виливають у ґрунт, залишалась незмінною.

Отже, першим кроком у розробленні економічної ферментаційної установки був аналіз вихідних вимог, які висуваються до технологічних процесів мікробіологічного виробництва. Результатом цього аналізу став перехід від суворо асептичного до умовно асептичного типу виробництва МБЗЗР.

Відповідно до ТУ на більшість мікробіопрепаратів, розроблених в ІТІ »Біотехніка» НААН [7], термін зберігання, впродовж якого КР не втрачають своїх якісних властивостей, становить лише 3 міс. Водночас для малотоннажних виробництв МБЗЗР характерним є режим роботи за замовленням. Тобто весь перелік продукції не виробляється безперервно і не зберігається впродовж тривалого часу. Натомість окремі препарати напрацьовуються у кількості, яка потрібна замовнику, і через досить нетривалий час (від кількох годин до однієї-двох діб) потрапляють у ґрунт. За таких умов при потраплянні сторонньої мікрофлори у КР, наприклад на стадії фасування, вона просто не встигне розвинутися до моменту використання.

Водночас відпрацьована технологія глибинного культивування мікроорганізмів у тонкостінних ферментерах [6–8] передбачає подавання рідкого інокуляту у кількості 1/10 від об'єму ПС. При цьому інокуляти зазвичай мають високі титри (10^9–10^{10} КУО/см^3).

Отже, за інокуляції у сприятливі умови, спеціально створені для відповідної культури у ферментері, разово потрапляє значна концентрація цільових мікроорганізмів. Навіть у разі потрапляння сторонньої мікрофлори у ПС її кількість за умовно-асептичного виробництва не може сягати таких концентрацій, за яких вона може створити конкуренцію цільовим мікроорганізмам у боротьбі за поживні речовини.

Отже, зважаючи на незначний термін зберігання КР та фактичні умови культивування мікроорганізмів у тонкостінних ферментерах, перехід від асептичного до умовно-асептичного типу виробництва МБЗЗР виявляється виправданим.

Під умовною асептикою розуміється перехід від стерильних процесів до умовно-стерильних. Технічне забезпечення перших потребує повного знищення сторонньої мікрофлори тепловим впливом та застосування мікробіологічних фільтрів з мікронним рейтингом не більше 0,1 мкм. Натомість умовна стерильність процесів уможливлює наявність контамінантів у КР з концентрацією, що істотно впливає на якість біопрепаратів упродовж періоду від їх виготовлення до використання. Технічне забезпечення умовно-стерильних процесів передбачає застосування нестандартних для мікробіологічної галузі видів впливу (озонування, ультрафіолету, дезінфекції хімічними речовинами, фільтрації тощо) та їх комбінацій для знезараження субстратів та порожнин апаратів.

Принципові технічні й технологічні рішення

Застосування підходу до проєктування ТФК, заснованого на умовній асептиці виробництва, призвело до прийняття ряду конструктивних, технічних і технологічних рішень, спрямованих на використання нетермічних видів знезараження субстратів, а також посилення заходів із запобігання потраплянню сторонньої мікрофлори в обладнання і ФС. Зміни торкнулись як конструкції допоміжних систем, так і основного обладнання ТФК – тонкостінних ферментерів. Насамперед було змінено принциповий підхід до забезпечення потрібної продуктивності установки.

У ТФК попереднього покоління застосовувалися тонкостінні ферментери невеликої місткості, а потрібна продуктивність комп-

лексів досягалася завдяки збільшенню їх кількості. Так, для забезпечення продуктивності в 420 дм^3/цикл у КФМ-420 було використано 6 біореакторів місткістю 115 дм^3.

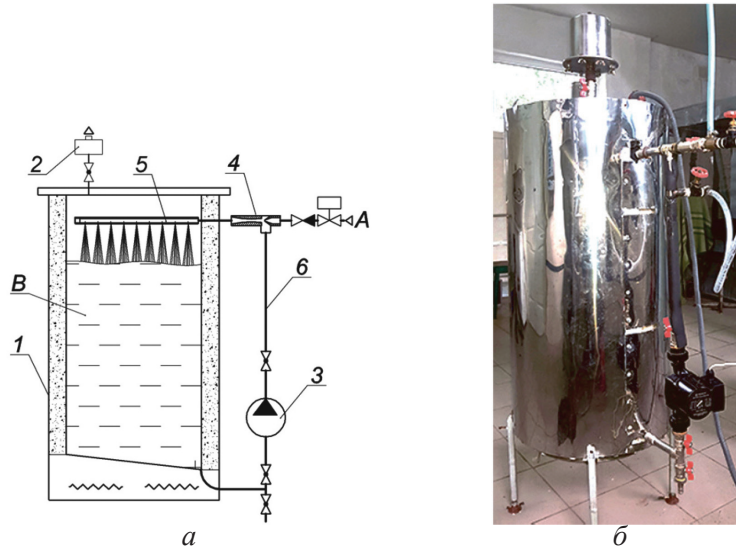
Як показав досвід експлуатації комплексу КФМ-420, такий підхід має кілька недоліків. *По-перше*, одночасне забезпечення всіх ферментерів необхідною кількістю рідких субстратів неможливе, адже це потребує збільшення кількості й потужності стерилізаторів та додаткової системи розподілення КПС і води [7]. *По-друге*, імовірність контамінації ФС за великої кількості ферментерів і відповідно трубопроводів обв'язки значно збільшується. А велика протяжність та розгалуженість трубопроводів для транспортування води і повітря збільшує можливість повторної контамінації цих уже знезаражених низькотемпературних субстратів.

Враховуючи описані недоліки, у ферментаційній установці ФУ-500 продуктивність забезпечуватиметься завдяки збільшенню одиничної продуктивності ферментерів на фоні зменшення їх кількості. Розрахунки показали, що для цього необхідним і достатнім є застосування двох ферментерів з робочим об'ємом 250 дм^3, повна одинична місткість кожного з них становитиме 315 дм^3.

Принципових змін також потребувала конструкція ферментерів. Тонкостінні ферментери ФТУ-0,115, що використовувались у ТФК минулого покоління, конструктивно являли собою апарати з механічним перемішуванням і барботажем [8, 10]. Для терморегуляції ФС, окрім повітряної сорочки, також використовувався теплообмінник, який занурено в об'єм середовища (змійовик) [7, 10]. За такого способу компонування в робочому об'ємі ферментера розташовано багато поверхонь рухомих і нерухомих пристроїв, які дуже складно вимити (приймаючи також до уваги, що доступ всередину апарата ускладнювався відносно невеликим діаметром ємності (близько 500 мм) на фоні її висоти більше 1200 мм). Недостатня якість миття значно знижувала якість стерилізації порожнин ферментерів та збільшувала ймовірність зараження стерильних ПС сторонньою мікрофлорою.

Задля вирішення цього завдання конструкцію ферментерів ТФК нового покоління було змінено. З ємності біореакторів були повністю винесені всі додаткові пристрої, що дало змогу значно

підвищити якість миття і стерилізації апарата. Цьому також сприяло спрощення доступу всередину ФЄ завдяки збільшенню геометричних пропорцій ферментера, зумовлених збільшенням його місткості. Перемішування та аерація в нових ферментерах відбуватиметься з використанням барботажу або з використанням циркуляції середовища зовнішнім контуром (петлею). Відповідно нові ферментери будуть вже не апаратами з механічним перемішуванням та аерацією, а барботажними або струминно-петльовими біореакторами. Як технічну основу останніх було обрано ферментер ФТУ-0,100 п (рис. 1.8.2), розроблений 2018 р. в рамках заходів з оптимізації ферментаційного комплексу КФМ-420 [7, 13].



а *б*

Рис. 1.8.2. **Струминно-петльовий тонкостінний ферментер ФТУ-0,100 п:** *а* – схема обв'язки; *б* – експериментальний зразок; *1* – тонкостінний ферментер; *2* – фільтр відпрацьованого повітря; *3* – циркуляційний насос; *4* – струминний аератор; *5* – розбризкувач аерованого ФС; *6* – зовнішній циркуляційний контур; А – аераційне повітря; В – ФС

Основними технологічними рішеннями, що ґрунтуються на переході до умовно-асептичного виробництва, є:

- заміна стаціонарної системи трубопроводів для подавання води, КПС і повітря гнучкими шлангами;

- перехід від термічної стерилізації порожнин ферментерів під тиском до миття дезінфікувальними розчинами та пропарювання;
- заміна мікробіологічних фільтрів повітря фільтрами тонкого очищення;
- перехід до проточної системи очищення і знезараження води.

Відмова від стаціонарної системи трубопроводів зумовлена складністю її стерилізації, для реалізації якої зазвичай використовують гостру пару та вентилі спеціальної конструкції [5, 12]. Натомість використання гнучких шлангів дає змогу легко від'єднати їх від основного обладнання та окремо промити дезінфікувальними розчинами [1, 14]. Така процедура максимально запобігає потраплянню у ферментер сторонньої мікрофлори, що може розвитись у трубопроводах упродовж їх простою між циклами напрацювання біопрепаратів.

Як зазначалося вище, стандартна процедура термічної стерилізації обладнання в мікробіологічній промисловості спирається на забезпечення суворо асептичних умов виробництва. Відповідно перехід до умовної асептики дає змогу відмовитись від цієї звичної операції на користь енергоефективніших методів знезараження. Саме на цьому ґрунтується перехід від термічної стерилізації тонкостінних ферментерів насиченою водяною парою з подальшою витримкою її в апараті [15] до дезінфікувального миття ФЄ та подальшого пропарювання її у проточному режимі [14, 16].

Процедура пропарювання принципово відрізняється від тієї, що використовувалась у ТФК минулого покоління [15]. *По-перше*, для отримання пари не використовуються окремі парогенератори. Пара отримується способом нагрівання невеликої кількості води у стерилізаторі, що входить до складу установки. Після цього пару пускають в порожнину ферментера під тиском, створеним в ємності стерилізатора (до 2 бар). *По-друге,* така обробка дає змогу також термічно обробити гнучкий шланг, що поєднує ці два пристрої, а вода, яку сконденсовано з пари всередині ферментера, може бути використана для додаткового промивання зливних патрубків [16].

Основною зміною щодо системи підготування повітря є відмова від застосування дорогих мікробіологічних фільтрів, які через малий мікронний рейтинг (0,1 мкм мають значний аеродинамічний

опір і відповідно потребують наявності компресора з потужним двигуном (до 1,5 кВт). Оскільки в більшості випадків сторонні мікроорганізми потрапляють у ФС на поверхні часточок суспендованих у повітрі [12], то для досягнення необхідного рівня очищення достатньо відфільтрувати ці часточки. Для цього необхідним і достатнім є застосування системи фільтрів грубого та тонкого очищення з фінальним мікронним рейтингом 1 мкм [2]. Крім того, це дає можливість значно знизити втрати напору у фільтрах, а отже, сприяє використанню компресорів з малою електричною потужністю (до 0,5 кВт). Відповідно така заміна значно зменшить затрати енергії на аерацію, адже компресор працює впродовж всієї стадії ферментації, тобто від 24 до 72 год.

Змінення технології очищення і знезараження води зумовлено її повторною контамінацією у трубопроводах і накопичувальній ємності відповідної установки. Для запобігання цьому було запроваджено систему проточного очищення водопровідної води у фільтрах та знезараження УФ-опроміненням безпосередньо перед потраплянням у ферментер. Варто додати, що для фільтрації води використовувались фільтри з наповненням зі спіненого поліпропілену. Цей фільтрувальний матеріал має специфічні властивості, які не дають змоги розвиватися сторонній мікрофлорі на його поверхні.

Конструкція економічної ферментаційної установки

Враховуючи всі технічні й технологічні рішення, було розроблено конструкцію економічної ферментаційної установки ФУ-500. Установка складається з п’яти конструктивно незалежних основних апаратів та блоків (рис. 1.8.3) [2].

Основним обладнанням ФУ-500 є два тонкостінні ферментери ФТ-0,315 (Ф1, Ф2) та стерилізатор універсальний (СУ). Ферментери призначено для культивування аеробних мікроорганізмів глибинним способом на рідких ПС. Для приготування і стерилізації ПС використовується стерилізатор СУ. Випускні вузли СУ, Ф1, Ф2 розміщено на висоті 0,25–0,4 м над рівнем підлоги. Це забезпечує злив рідин з них самопливом і розташування трубопровідної арматури в зручному для оператора місці. Маса і габарити усіх апаратів забезпечують їх легке переміщення через стандартні двері.

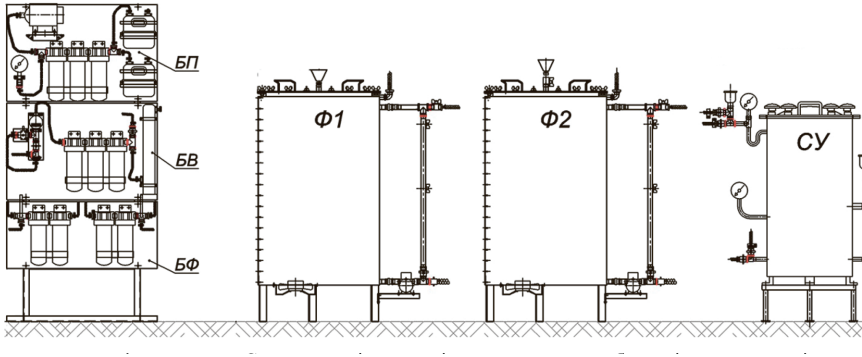
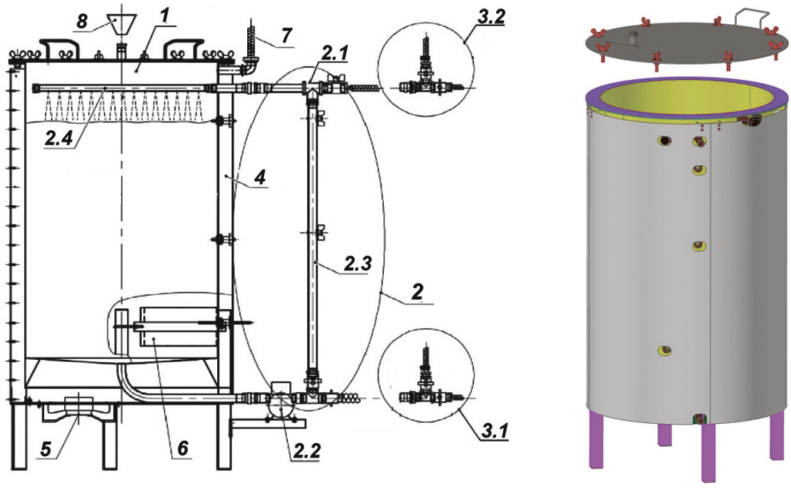


Рис. 1.8.3. **Економічна ферментаційна установка ФУ-500:** Ф1, Ф2 – ферментери; СУ – стерилізатор універсальний; БП – блок підготовки повітря; БВ – блок стерилізації води; БФ – блок фільтрації відпрацьованого повітря

Допоміжне обладнання установки представлено комплектами устаткування – блоками, які розміщено на окремому рухомому щиті (рис. 1.8.3). Блок підготовки повітря БП призначено для очищення та розподілення повітря між апаратами. Він включає поршневий повітряний компресор малої потужності (280 Вт), систему фільтрів грубого та тонкого очищення, газові лічильники та арматуру для контролю і налаштування витрати повітря. Блок стерилізації води БВ складається з водяного лічильника, системи фільтрів та серійного пристрою для знезараження УФ-опроміненням. Блок фільтрації відпрацьованого повітря БФ складається з двох однакових систем фільтрації викидів. Кожна система включає два фільтри та поєднується з одним із ферментерів Ф1, Ф2 [2].

Тонкостінні ферментери ФТ-0,315 установки місткістю 315 дм^3 являють собою апарати циліндричної форми, з плоскою кришкою та сферичним днищем (рис. 1.8.4) [17]. Ємність кожного ферментера виробляється зі стандартного листа нержавіючої сталі 1000 × 2000 мм, що дає змогу уникнути відходів за виготовлення [2] і відповідно зменшує вартість апаратів. Відношення висоти до діаметра ФЄ становить 1,6:1. Відсутність мішалки, приєднаної до кришки (рис. 1.8.4, б), дає можливість легко знімати кришку одній людині без використання додаткових приладів [2].

Ферментер ФТ-0,315 (рис. 1.8.4, *а*) складається з ФЄ *1*, зовнішньої трубопровідної обв'язки *2* або *3*, повітряної сорочки *4* з системою терморегуляції ФС, яку представлено контактним нагрівачем *6* та вентилятором для обдуву ФЄ *5*. Відпрацьоване повітря відводиться крізь лінію *7* до БФ. Для інокуляції до відповідного патрубка на кришці ферментера приєднується інокуляційна лійка *8*.



а *б*

Рис. 1.8.4. **Тонкостінний ферментер ФТ-0,315 (Ф1, Ф2):** *а* – схеми обв'язки; *б* – тривимірна модель реактора; *1* – ферментаційна ємність (ФЄ); *2* – лінія циркуляції ФС (петля): *2.1* – струминний аератор; *2.2* – вихровий насос; *2.3* – стояк; *2.4* – розбризкувач; *3.1* – вузол приєднання патрубків подавання стиснутого повітря та зливу препарату; *3.2* – вузол приєднання патрубків подавання КПС та води; *4* – повітряна сорочка; *5* – вентилятор осьовий; *6* – електронагрівач пластинчастий гнучкий; *7* – викид відпрацьованого повітря; *8* – лійка інокуляційна

Зовнішня трубопровідна обв'язка ферментера забезпечує перемішування і аерацію ФС, а також підведення рідких (КПС і вода) та газоподібних (повітря) субстратів. У ферментерах ФТ-0,315 передбачено два варіанти обв'язки, призначених для налаштування умов масообмінних процесів у ФС до культивування конкретної культури мікроорганізмів [2].

Перший варіант обв'язки перетворює ферментер на струминно-петльовий біореактор [1, 17, 18]. Він призначений для культивування мікроорганізмів, що потребують інтенсивного процесу масопередачі кисню від повітря до ФС. Обв'язка включає (див. рис. 1.8.4, *а*) зовнішню циркуляційну лінію (петлю) *2*, яка складається зі струминного аератора *2.1*, циркуляційного насоса *2.2*, стояка *2.3* з патрубками підведення КПС і води та розбризкувача повітряно-рідинної суміші 2.4. Перемішування відбувається через створення замкненого контуру циркуляції ФС, який включає ємність ферментера *1* та петлю *2*. Аерація середовища реалізується з використанням спеціального ежектора – струминного аератора *2.1* [18]. На сопло аератора *2.1* компресором подається повітря, а до патрубка вторинного потоку насосом *2.2* підводиться ФС. Отже, в аераторі *2.1* відбувається струминне перемішування напірних потоків газу і рідини [18]. Аероване ФС потрапляє у ФЄ *1* крізь малі отвори в розбризкувачі *2.4*. Відпрацьоване повітря відводиться у лінію *7*.

Другий варіант трубопровідної обв'язки перетворює ферментер на барботажний біореактор. Цей варіант рекомендовано для культивування мікроорганізмів, які не потребують великого насичення середовища киснем повітря. Обв'язка при цьому складається з двох подібних вузлів *3.1* і *3.2* (див. рис. 1.8.4, *а*). Вузол *3.1* призначено для подавання барботажного повітря у ФЄ *1*, пропарювання ємності та зливу готового препарату (або зняття проб). Вузол *3.2* використовується для подавання КПС та води, а також для миття ємності 1 на постферментаційній стадії. Перемішування за другим варіантом обв'язки, таким чином, поєднано з аерацією. Барботажне повітря потрапляє у ФЄ *1* крізь отвір у нижній частині ємності, проходить об'ємом ФС, зумовлюючи масообмінні процеси, та викидається у лінію *7*.

Стерилізатор СУ в економічній ферментаційній установці ФУ-500 виконує кілька функцій [14, 19]. Насамперед це приготування і стерилізація КПС. Апарат розроблено на базі серійного парового автоклава ВК-75-01. За своїм призначенням парові автоклави ВК не пристосовані до стерилізації рідини в об'ємі камери. Тому апарат було доповнено відповідною зовнішньою обв'язкою (рис. 1.8.5). Такі зміни однак не зачіпають основних характеристик автоклава ВК.

Тому величини тисків та температур в СУ відповідають паспортним характеристикам автоклава ВК-75-01 [19].

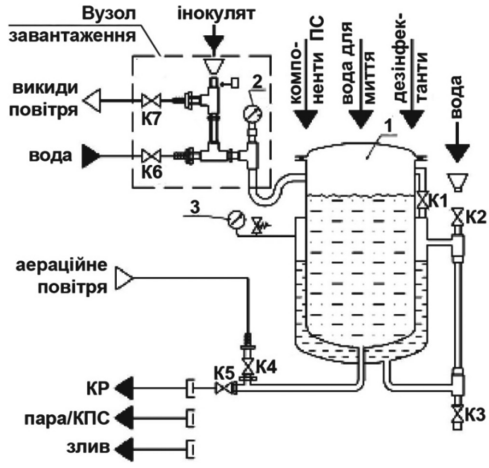


Рис. 1.8.5. **Схема стерилізатора універсального СУ:**
1 – ємність стерилізаційна; *2* – мановакуумметр; *3* – електроконтактний манометр; К1-К7 – крани

СУ складається зі стерилізаційної ємності (камери) *1* з водяною сорочкою та вимірювальних пристроїв *2* та *3*, які є стандартними складовими автоклава ВК-75-01. Відмінністю СУ від автоклава є наявність вузла завантаження та відмінності в обв'язці вихідного патрубка.

Вузол завантаження змонтовано на відводі від U-подібного патрубка мановакуумметра *2*. Обв'язка вузла дає можливість заливати в апарат воду та інокулят при закритій кришці, а також відводити відпрацьоване повітря. До зливного патрубка автоклава приєднано трійник із запірною арматурою К4, К5. Це дає змогу барботувати стиснуте повітря у стерилізатор. Через інший відвід трійника можна відводити різні технологічні рідини (КР, КПС, пароводяну суміш тощо).

Нова обв'язка дає можливість використовувати СУ для реалізації кількох технологічних операцій, нетипових для стерилізаторів [2, 19]:

- приготування середовищ (ПС і КПС) з рідких і сухих компонентів при перемішуванні їх барботажем стиснутого повітря в нижню частину ємності;
- термічна стерилізація середовищ;
- отримання пари для оброблення внутрішніх поверхонь ферментерів Ф1, Ф2 і трубопроводів (гнучких шлангів);
- напрацювання інокуляту для ферментерів.

При реалізації останньої операції СУ працює в режимі барботажного біореактора продуктивністю 55 дм^3/цикл. Для цього в СУ заливають воду і додають компоненти ПС, які потім перемішують стиснутим повітрям при закритій кришці. ПС стерилізується в стандартний спосіб та після остигання інокулюється 5 дм^3 посівної культури, отриманої на мікробіологічній качалці. Потім відбувається стандартний цикл ферментації з барботажем повітря для перемішування та аерації. Готовий інокулят зливається з апарата під факелом у стерильну тару.

Варто додати, що практика переоснащення парових автоклавів у ферментаційні апарати не є унікальною. Аналогічне завдання було успішно вирішено в технологічному інституті Коста-Ріки за створення пілотного ферментера, призначеного для біоконверсії відходів [20]. Ферментер був створений на базі переоснащеного автоклава місткістю 150 дм^3.

Технологія виробництва біопрепаратів

Біопрепарати в установці ФУ-500 напрацьовуються глибинним способом. Технологія отримання біопрепаратів у цьому ТФК ґрунтується на періодичному процесі культивування і стандартно включає три стадії.

Доферментаційна стадія виробництва починається з дезінфікувального миття ємності ферментера Ф1 і стерилізатора СУ (рис. 1.8.6), після чого проводиться стерилізація Ф1 пропарюванням. Пара отримується в СУ нагріванням невеликої кількості води до 127 °С. Після цього вона транспортується гнучким термостійким шлангом Т1.4 до Ф1 під напором 2 бара, утвореним всередині СУ [16, 21].

Пара омиває внутрішні поверхні ферментера і викидається в атмосферу крізь БФ, оминаючи фільтри ФВ і ФП. Частина пари

конденсується в ємності ферментера Ф1 і витримується до падіння температури конденсату до 85 °С [16, 21]. Після чого конденсат зливається, промиваючи випускні патрубки Ф1.

Наступним кроком є приготування і стерилізація КПС у стерилізаторі СУ. Сухі та рідкі компоненти додають у розрахункову кількість фільтрованої води в ємності СУ і перемішують барботажем повітря при закритій кришці, після чого відбувається термічна стерилізація КПС. Простерилізоване КПС подається в Ф1 за тою самою схемою, що й пара при стерилізації [14, 16]. Після чого в ферментер Ф1 з блока БВ подається розрахункова кількість фільтрованої водопровідної води, знезараженої УФ-опроміненням. Вода дозується автоматично з використанням соленоїдного клапана УА1 блока БВ (див. рис. 1.8.6) та датчика рівня в ємності ферментера. Вона розводить КПС до концентрації, необхідної для ПС, температура суміші при цьому знижується, але залишається зависокою для інокуляції. Зниження температури ПС до температури інокуляції (26–29 °С) досягається обдувом ємності ферментера осьовим вентилятором його повітряної сорочки. Після цього у ферментер Ф1 подають інокулят у кількості 1/10 від об'єму ПС. Приготування інокуляту відбувається в два етапи. На першому посівну культуру розмножують до кількості 5 $дм^3$ в лабораторних умовах з використанням мікробіологічних промислових качалок. На другому етапі отриману культуральну рідину розмножують в СУ за описаною вище технологією.

Після інокуляції ПС у ферментері Ф1 починається цикл ферментації. А всі описані операції доферментаційної стадії виконуються для другого ферментера установки – Ф2.

На **стадії ферментації** відбувається розмноження посівної культури в об'ємі ферментерів Ф1 і Ф2 при перемішуванні та аерації. Аераційне повітря фільтрується у блоці БП та подається у розрахунковій кількості до Ф1 та Ф2. Налаштування витрати відбувається з використанням ручних регулювальних вентилів за показниками газових лічильників FQ1 і FQ2 блока БП (рис. 1.8.6). Відпрацьоване повітря транспортується з ферментера до фільтрів БФ і після фільтрації викидається в атмосферу.

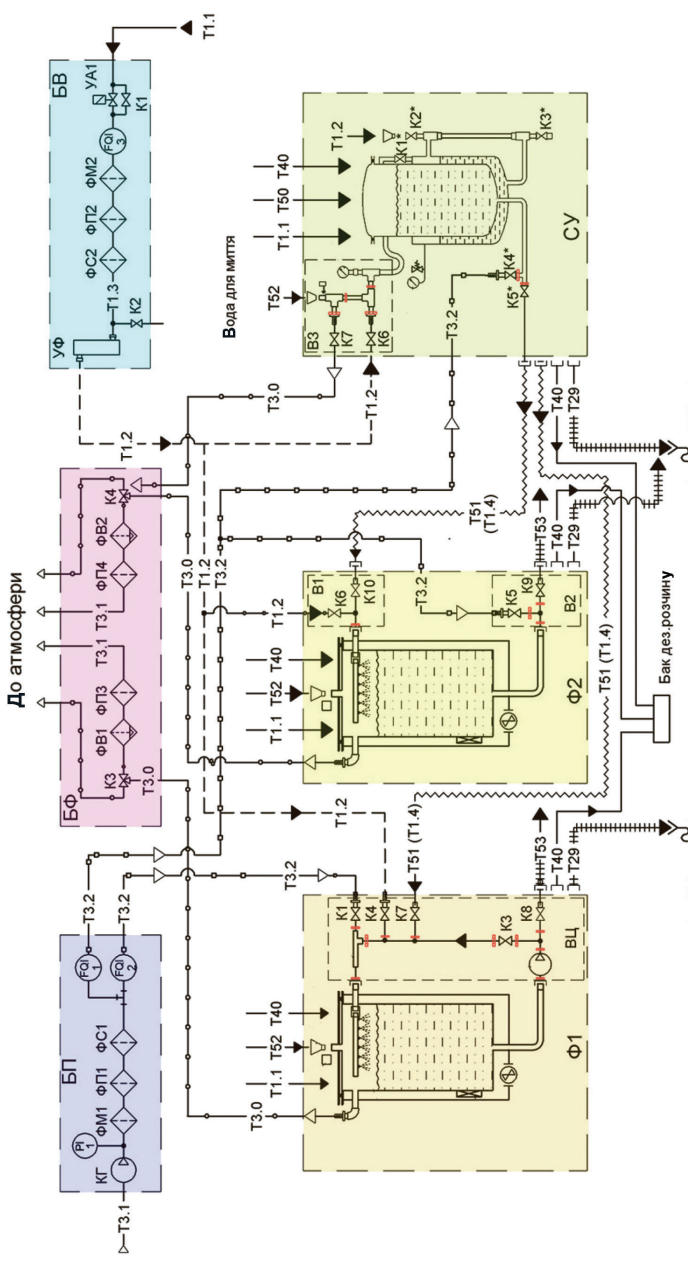


Рис. 1.8.6. **Технологічна схема економічної ферментаційної установки ФУ-500:** Ф1, Ф2 – ферментери; СУ – стерилізатор універсальний; БГ, БВ , БФ – блоки: підготовки повітря, стерилізації води, фільтрації відпрацьованого повітря; ВЦ, В1, В2 – вузли зовнішньої обв'язки ферментерів Ф1, Ф2: циркуляційний, впускний, випускний; В3 – вузол зовнішньої обв'язки стерилізатора; К – крани. Позначення трубопроводів: Т1.1 – вода питна; Т1.2 – вода стерильна; Т1.4 – пароводяна суміш; Т3.0 – повітря відпрацьоване; Т3.1 – повітря атмосферне; Т3.2 – стерильне повітря; Т29 – стоки каналізаційні; Т40 – розчин дезінфікувальний; Т50 – компоненти ПС; Т51 – КПС стерильний; Т52 – рідкий інокулят; Т53 – біопрепарат (КР)

Терморегуляція ФС відбувається з використанням повітряних сорочок ферментерів, оснащених контактними нагрівачами та вентиляторами обдуву ємності (див. рис. 1.8.4), які вмикаються автоматично за показами датчика температури, зануреного у ФС. Тривалість стадії ферментації залежить від культури мікроорганізмів і може змінюватись у широких межах (24–72 год). Стан КР у ферментерах оцінюється через періодичне зняття проб із подальшим мікробіологічним аналізом для визначення концентрації мікроорганізмів та ступеня контамінації. Переривання стадії ферментації зазвичай відбувається у стаціонарній фазі росту культури мікроорганізмів [4, 5].

Постферментаційна стадія починається зі зливу препарату з ферментерів Ф1 і Ф2 з одночасним фасуванням у стерильну тару. Після цього відбувається миття ємностей Ф1, Ф2, СУ та трубопроводів водопровідною водою під напором, потім дезінфікувальними розчинами та подальше пропарювання за описаною вище технологією. Обладнання зберігається в закритому стані.

Макет економічної ферментаційної установки

За проведення робіт щодо розроблення основних апаратів та блоків нового ТФК (2019–2020 рр.) було створено діючі макети ферментерів Ф1 і Ф2, стерилізатора СУ та блоків приготування води й повітря ФВ і ФП. Макети ферментерів Ф1 і Ф2 було виготовлено на базі тонкостінних апаратів меншої місткості (100 дм^3), а для створення макета СУ використовувався автоклав ВК-75-01 (рис. 1.8.7, *а*). Макети блоків БВ та БП базувалися на застосуванні стандартних побутових фільтрів Ecosoft з мікронним рейтингом від 10 до 1 мкм. Макети БВ та БП розмішувалися на окремих стендах (рис. 1.8.7, *б, в*).

На макетах було перевірено принципові технічні й технологічні рішення. Зокрема, детально розроблено технологію стерилізації тонкостінного ферментера [16], доопрацьовано технологію роздільного приготування і стерилізації ПС [14], відпрацьовано деталі обв'язки СУ [17]. Проведено попередні дослідження ефективності знезараження повітря та води. Встановлено, що барботування повітря, що пройшло оброблення у макеті БВ, у стерильну воду впродовж 5 год призводить до незначного обсіменіння останньої (до 10^2 КУО/см^3). Визначено, що середнє загальне забруднення



а *б)* *в*

Рис. 1.8.7. **Макети основних апаратів і блоків ФУ-500:**
а – барботажний ферментер Ф2 (*зліва*) та стерилізатор СУ (*справа*),
б – блок стерилізації води БВ; *в* – блок підготовки повітря БП

водопровідної води становить $7{,}2 \cdot 10^2$ КУО/см^3. Триступенева фільтрація води у макеті БВ зменшує контамінацію більше ніж на порядок ($2{,}8 \cdot 10^1$ КУО/см^3), подальше УФ-опромінення знижує цей показник до зовсім малої величини ($1{,}2 \cdot 10^1$ КУО/см^3).

Також було проведено експерименти з напрацювання комплексних біопрепаратів Вітастим БТ та Біогібервіт БТ на макетах ферментерів Ф1 і Ф2. Отримані результати підтвердили основні теоретичні передумови щодо доцільності переходу від суворо асептичного до умовно-асептичного типу виробництва для МБЗЗР. Біопрепарати мали добрі загальні титри (до $4 \cdot 10^9$ КУО/см^3) та незначний рівень контамінації (менше 1 %) [22]. На основі аналізу отриманих результатів була відкоригована технічна документація на ФУ-500. Було розроблено Технологічний проєкт ферментаційної установки [2] та запатентовано спосіб стерилізації тонкостінних ферментерів [16].

Висновок

Виробництво мікробіопрепаратів для захисту рослин у нашій країні впродовж тривалого часу розвивалося на базі біолабораторій, які через відсутність спеціалізованого ферментаційного обладнання оснащувалися непристосованими до випуску МБЗЗР біореакторами або мікробіологічними качалками. У першому випадку це призводило до завищення енергозатрат на виробництво, а у другому – до використання значної частки ручної праці на фоні невеликої питомої продуктивності обладнання. Загалом така ситуація спричиняла завищення собівартості біопрепаратів.

Розв'язанням проблеми технічного оснащення біовиробництв є застосування тонкостінних ферментаційних комплексів, призначених для мало- та середньотоннажного виробництва МБЗЗР. Новим поколінням цього спеціалізованого ферментаційного обладнання є економічна ферментаційна установка ФУ-500. Установка складається всього з п'яти основних апаратів та блоків: двох тонкостінних ферментерів місткістю 315 дм^3, універсального стерилізатора рідких поживних середовищ та комплектів обладнання для очищення води, повітря і викидів. Продуктивність установки становить 500 дм^3/цикл.

В установці реалізовано принципово новий підхід до технології виробництва МБЗЗР, який ґрунтується на переході від суворо асептичного до умовно-асептичного типу виробництва. Реалізація цього підходу дала можливість значно знизити вимоги до частини технологічних процесів, що відповідно позначилось на зменшенні собівартості обладнання і на зниженні експлуатаційних витрат. Тому строк окупності установки ФУ-500 не перевищує 3 років.

Проведені експериментальні дослідження з використанням макетів обладнання підтвердили працездатність і доцільність використання умовно-асептичного типу виробництва для МБЗЗР. Нині триває робота над експериментальним зразком ФУ-500, на базі якого планується створити дослідну лабораторію з розроблення процесів промислової ферментації за виробництва МБЗЗР.

Список використаних джерел до підрозділу 1.8

1. *Беспалов І. Н., Ходорчук В. Я.* Економічна ферментаційна установка для виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 1. С. 38–42
2. *Ходорчук В. Я., Ярошевський В. П.* Технологічний проєкт ферментаційної установки для малотоннажного виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин. *Механізація і електрифікація сільського господарства*: загальнодерж. зб. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2021. Вип. № 13 (112). С. 65–72.
3. *Yaroshevsky V., Osipenko T., Pilyak N.* Self contained bioreactor usage for small-scale microbial pesticides production. *Plant protection – achievements and prospects*: Proceedings of the int. sci. symposium (27–28 October 2020, Chishinau). Chishinau: Capatana Print, 2020. P. 164–167.
4. *Dutta R.* Fundamentals of biochemical engineering. Berlin: Springer, 2008. 306 p.
5. *Stanbury P. F., Whitaker A., Hall S. J.* Principles of fermentation technology. 3rd ed. Butterworth-Heinemann: Burlington, 2016. 824 p.
6. *Старчевський Ю. І., Дубровін В. О.* До питання розвитку регіональних мереж біофабрик і біолабораторій з виробництва засобів біологізації землеробства. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК»*. Київ: НУБіП, 2011. Вип. 166. Ч. 1. С. 43–55.
7. *Крутякова В. І., Беспалов І. М., Молчанова О. Д., Лобан Л. Л.* Інженерно-технологічні інновації у виробництві ентомологічних та мікробіологічних засобів захисту рослин: монографія. Одеса: ПП «Фенікс», 2017. 196 с.
8. *Крутякова В И., Осипенко Т. Н.* Технологии и оборудование для малотоннажного производства микробиологических средств защиты растений. *Защита и карантин растений*. 2017. № 9. С. 43–45.
9. *Тонкостінний* ферментаційний апарат: пат. 82696 Україна: МПК A61L 2/04, C12M 1/12. № a200511694; заявл. 08.12.2005; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9. 3 с.
10. *Автоматизований* ферментер: пат. 143007 Україна: МПК C12M 1/12. № u201911986; заявл. 17.12.2019; опубл. 10.07.2020, Бюл. № 13. 5 с.
11. *Крутякова В. І., Осипенко Т. М., Белоусов М. Ю.* Дослідження енергоресурсозбереження ферментаційного комплексу. *Біотехнологічні системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства*: матеріали доп. міжнар. наук.-практ. конф. (3–7 жовтня 2016, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 49. Одеса: ПП «Фенікс», 2016. С. 127–129.
12. *Матвеев В. Е.* Основы асептики в технологии чистых микробиологических препаратов. Москва: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. 321 с.

13. *Yaroshevsky V. P.* Energy efficiency research of fermentation medium agitation in manufacturing of microbiological plant protection products. *Agricultural Science and Practice*. 2019. V. 6. № 2. P. 76–83.
14. *Bespalov I., Yaroshevsky V., Bulgakov V., Ivanovs S.* Research of the cleaning system for thin-walled fermenter, used in the manufacturing of microbial plant protection products. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2022. V. 66. № 1. P. 121–127.
15. *Спосіб* стерилізації та пристрій для його здійснення: пат. 56342 Україна: МПК A61L 2/04, C12M 1/12. № 2001031505; заявл. 05.03.2001; опубл. 15.05.2003, Бюл. № 5. 4 с.
16. *Спосіб* стерилізації тонкостінного ферментера: пат. 150020 Україна: МПК A61L 2/04, A61L 2/20, A61L 101/00, C12M 1/00. № u202104516; заявл. 04.08.2021; опубл. 22.12.2021, Бюл. № 51. 2 с.
17. *Беспалов І. М., Ходорчук В. Я., Ярошевський В. П.* Ферментер тонкостінний для виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин. *Аграрна наука – виробництву*: наук.-інф. бюл. завершених наук. розробок. Аграрна наука, 2020. № 1. С. 26.
18. *Yaroshevsky V. et al.* Development and research of new media jet aeration scheme in a loop bioreactor producing microbiological products. *Acta Technologia Agriculturae* 2021. V. 24 (3). P. 124–128.
19. *Беспалов І. М., Осипенко Т. М.* Модернізація стерилізатора ВК-75 для використання у виробництві мікробіологічних засобів захисту рослин. *50 років досліджень Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка»: досягнення та перспективи*: матеріали доп. міжнар. наук. конф. (4–8 жовтня 2021, м. Одеса). *Інформ. бюл. СПРС МОББ.* № 58. Одеса, 2021. С. 33–35.
20. *Salazar-Rojas T., Porras-Acosta M.* Diseño de un biorreactor a partir de un autoclave en deshuso. *Tecnología en Marcha*: VI Encuentro de Investigación y Extensión. Costa Rica: Universidad de La Rioja, 2014. P. 5–11.
21. *Беспалов І. М., Ярошевский В. П., Булгаков В. М.* Система очистки тонкостенного ферментера, используемого в производстве микробиологических средств защиты растений. *50 лет исследований Инженерно-технологического института «Биотехника»: достижения и перспективы*: матеріали докл. междунар. науч. конф. (4–8 октября 2021, г. Одесса). *Інформ. бюл. МОББ ВПРС*. № 58. Одесса, 2021. С. 20–23.
22. *Yaroshevsky V. P.* Using of jet loop bioreactors for microbial pesticides production. *Prospects for the development of regional production and application of biological plant protection products against pests and diseases*: Proc. of the int. seminar on the occasion of the International Year of Plant Health – 2020 (10–11 September 2020, Odessa). Odessa, 2020. P. 44–47.

1.9. Нетермічна стерилізація води при промисловому виробництві мікробіологічних препаратів для захисту рослин

Ярошевський В. П., Беспалов І. М., Осипенко Т. М., Білоголовський В. В.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Вода відіграє важливу роль у процесах життєдіяльності мікроорганізмів. Нормальне протікання таких процесів, як зростання, обмін речовин, розмноження, можливе лише за умови наявності достатньої кількості води як всередині, так і зовні клітин. Відомо, що ферментативні реакції всередині клітини можуть проходити при вологості біомаси не менш як 20 %. Відповідно розташування мікроорганізмів у водному середовищі з розчиненими в ньому поживними речовинами є однією з умов нарощування біомаси, що лежить в основі промислової технології культивування мікроорганізмів глибинним способом.

Водночас потрапляння у поживне середовище (ПС) сторонньої мікрофлори з води або повітря призводить до порушення нормального розвитку мікроорганізмів. Часто контамінанти швидше адаптуються до умов культивування та споживають поживні компоненти середовища на рівні з основною культурою [1]. Продукти метаболізму сторонньої мікрофлори, що накопичуються у середовищі, негативно впливають на процеси життєдіяльності цільових мікроорганізмів. Спільно це призводить до того, що цільові мікроорганізми не витримують конкуренції з контамінантами, а це, своєю чергою, значно знижує якість отриманих культуральних рідин біопрепаратів. Отже, створення та підтримання асептичних умов у субстратах, зокрема у воді, є одним із найважливіших завдань промислових мікробіологічних виробництв.

Останнім часом поряд з традиційними для мікробіологічної промисловості способами стерилізації води, такими як термічне оброблення та фільтрація, набувають розповсюдження технології, що ґрунтуються на ультрафіолетовому опроміненні (УФ-опроміненні), озонуванні, електролізі, гідродинамічній та акустичній кавітації,

електрогідравлічному ударі тощо. Причиною пошуку альтернатив термічній стерилізації є її енергозатратність. Термічне оброблення супроводжується значними затратами електроенергії як на нагрівання, так і на охолодження ПС, і потребує наявності цілої низки відповідних пристроїв (теплогенераторів, автоклавів, теплообмінників тощо). Особливо гостро необхідність зниження енергозатрат відчувається при мало- та середньотоннажному виробництві мікробіологічних засобів захисту рослин (МБЗЗР). Адже великі експлуатаційні витрати збільшують собівартість біопрепаратів, зменшуючи їх конкурентоспроможність порівняно із поширенішими хімічними засобами.

В Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) уже понад 10 років розробляються і вдосконалюються технології нетермічної стерилізації рідких субстратів для промислового виробництва МБЗЗР на базі тонкостінних ферментаційних комплексів [2]. Характерна риса цього обладнання – використання ферментерів полегшеної конструкції [3], в яких не можна проводити термічну стерилізацію. Тому на комплексах застосовується технологія роздільного приготування і стерилізації складових частин ПС.

Меншу частину ПС становить рідкий концентрат середовища (1/5–1/3 частина об'єму ПС), який стерилізується в термічний спосіб. Більша частина ПС – вода (4/5–2/3 частини об'єму ПС), що стерилізується в нетермічний спосіб. Стерильні концентрат і вода подаються у тонкостінний ферментер, де, змішуючись, утворюють готове для інокуляції ПС [2]. Для забезпечення нормальної роботи ферментаційних комплексів КФМ-420 та ФУ-500 нетермічній стерилізації щодо циклу підлягає від 250 до 400 дм^3 води.

Перші розробки у сфері нетермічної стерилізації води для ферментаційних комплексів ґрунтувались на використанні УФ-опромінення [2, 4]. Для знезараження води використовувалась окрема установка [4], до складу якої входили фільтри механічного очищення, УФ-опромінювач, насос та накопичувальна ємність [2]. Розрахункова кількість води піддавалась УФ-опроміненню у проточному режимі та накопичувалась у ємності [2]. Оскільки разової дози опромінення було недостатньо для повного знезараження води, то установка працювала у режимі циркуляції.

Подальші дослідження показали, що слабким місцем розробленої технології є саме циркуляція води. Адже у трубах відбувалась її повторна контамінація сторонньою мікрофлорою. Використання серійних більш потужних пристроїв для УФ-опромінення у проточному режимі цієї проблеми не розв'язало. Такі апарати зазвичай розробляються для водопостачання, де вимоги до ступеня контамінації значно нижчі, ніж у мікробіології. За приготування питної води фіксується лише концентрація патогенних для людини мікроорганізмів, яка за нормою [5] може сягати до 10^2 КУО/см^3. Для мікробіологічних виробництв такий ступінь контамінації субстратів неприйнятний [1]. Отже, виникла потреба у вдосконаленні технології нетермічної стерилізації води.

Комплексна технологія нетермічної стерилізації води

У результаті досліджень останніх років, проведених в ІТІ «Біотехніка» НААН, було створено комплексну технологію стерилізації води на основі компонування трьох видів нетермічної обробки з принципово різною дією на мікроорганізми-контамінанти [6]. Базовим видом обробки було обрано озонування. Летальним фактором цього виду стерилізації води є дія хімічно активних речовин (насамперед озону і пероксиду водню) на оболонки клітин [7]. Для збільшення ефективності озонування йому передувала гідродинамічна кавітація, при якій клітинні мембрани мікроорганізмів піддаються механічному навантаженню, що призводить до часткового їх пошкодження. Електрохімічна активність води, що пройшла озонування, була завеликою для її подальшого використання. Для зниження цього показника після озонування використовувався електроліз. Отже, технологія стерилізації складалася з трьох послідовних стадій обробки: гідродинамічної кавітації (1 стадія); озонування (2 стадія); електролізу (3 стадія).

1 стадія – стадія попередньої обробки, яка починалась з фільтрації води. Адже відомо, що попередня фільтрація води сприяє підвищенню ефективності подальшого озонування [8] та зменшує ймовірність випадіння в осад суспендованих у воді часточок за кавітації [9, 10]. Після фільтрації вода піддавалась кавітаційній обробці.

Гідродинамічною кавітацією називається процес виділення розчинених у рідині газів при різкому падінні тиску. Зазвичай цей процес спостерігається у нагнітачах та гідравлічних опорах дросельного типу [9]. При цьому порушується стала структура води, що є причиною виникнення додаткових сил у потоці, які й створюють короткочасні механічні навантаження на оболонки клітин.

Використання гідродинамічної кавітації як окремого виду обробки дає змогу істотно знизити рівень контамінації води, проте до повної стерилізації не призводить [9]. Тому кавітацію часто використовують як додатковий спосіб обробки, поєднуючи її зі знезараженням води хімічними речовинами [10]. Варто зауважити, що поєднання гідродинамічної кавітації із озонуванням нині мало вивчене. На нашу думку, озонування води з порушеною кавітацією структурою видається перспективним поєднанням технологічних заходів. Адже клітинні оболонки перед окисненням озоном виявляються вже механічно пошкодженими, що збільшує ймовірність лізису мікроорганізмів-контамінантів.

2 стадія – стадія знезараження озонуванням. На цій стадії у воду, що пройшла кавітаційну обробку, подавалась повітряно-озонова суміш. Генерація озону відбувалась з кисню повітря у зоні бар'єрного розряду.

Для збільшення ефективності генерації озону повітря фільтрувалось та осушувалось [7]. Змішування води повітряно-озоновою сумішшю реалізовувалось із застосуванням ежектора. При цьому газ вприскується у супутній потік води крізь сопло [11]. Озонована вода накопичувалася в ємності біореактора. Деструкція залишкового озону в газових викидах на виході з біореактора відбувалась способом фільтрації відпрацьованого повітря крізь активоване вугілля.

3 стадія – стадія фінальної обробки води електролізом. Наявність цієї стадії зумовлюється специфікою водопідготовки у мікробіологічній промисловості, в якій необхідно звести до мінімуму вплив залишкових ефектів стерилізації води на ПС та цільові мікроорганізми [1, 6]. Озонована вода містить пероксид водню, іони гідроксилу та залишковий озон, тобто хімічні сполуки, які будуть окислювати поживні речовини і можуть бути шкідливими для цільових мікроорганізмів. Отже, фінальна стадія обробки мала на

меті зниження електрохімічної активності води до нешкідливого для цільових мікроорганізмів рівня. Найпростішим способом досягнення цього ефекту є електроліз, при якому іони – основні носії заряду у воді й осередки електрохімічних реакцій, – затримуватимуться кулоновою силою біля електродів. Електролізер у такому разі виконує роль «фільтра іонів».

Отже, комплексна технологія стерилізації води (рис. 1.9.1) включає фільтрацію і часткове знезараження води гідродинамічною кавітацією на першій стадії, яке посилюється озонуванням на другій. На третій стадії електрохімічні показники води, збільшені завдяки озонуванню, доводять до фонового рівня за допомогою електролізу [6].

Важливою складовою частиною будь-якої технології стерилізації води є контроль за якістю [1]. Стандартним методом оцінювання якості стерилізації води при приготуванні ПС є мікробіологічний аналіз проб [5]. Проте наявність у складі технології стерилізації води стадії озонування дає змогу використовувати й більш специфічні методи, зокрема йодометрію. У результаті цього хімічного аналізу визначається залишкова концентрація озону у воді. Відомо, що при досягненні залишкової концентрації озону понад 0,4 мг/дм^3 відбувається повна стерилізація води [8].

Варто зауважити, що обидва методи аналізу потребують певного часу і не можуть бути виконані на місці. Через що було запропоновано експрес-метод аналізу якості стерилізації води на місці. В основу методу покладено визначення електрохімічної активності води після озонування на основі вимірювання окисно-відновного потенціалу (ОВП) [12].

ОВП водопровідної води становить Eh = (+200…+300) мВ. Наявність у воді залишкового озону та інших активних іонів збільшують цей показник. Вважається, що при значенні Eh > + 600 мВ досягається повна стерильність води [12], адже ця величина відповідає концентрації залишкового озону більшій ніж 0,4 мг/дм^3. Варто додати, що склад води також впливає на ОВП, а кореляції між ОВП і концентрацією озону часто визначено лише для дистиляту [12]. Тому реальне значення Eh, за якого досягається стерильність води, має визначатись експериментально і може значно відрізнятись від наведених у літературі значень.

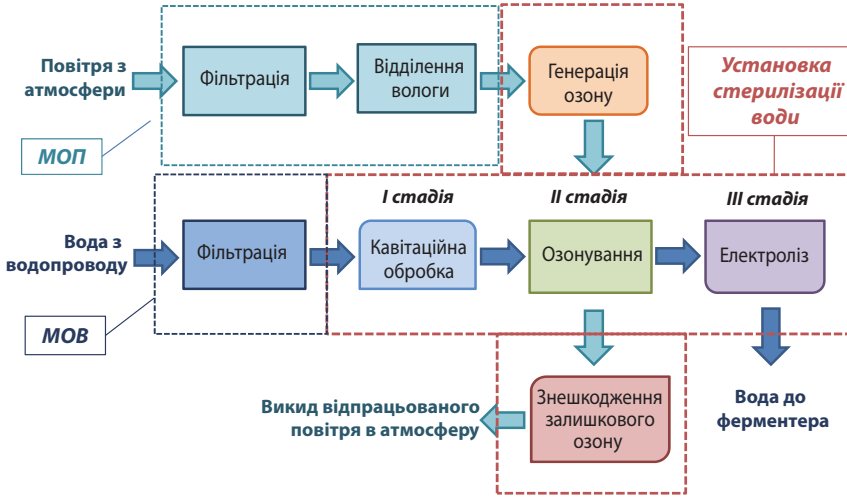


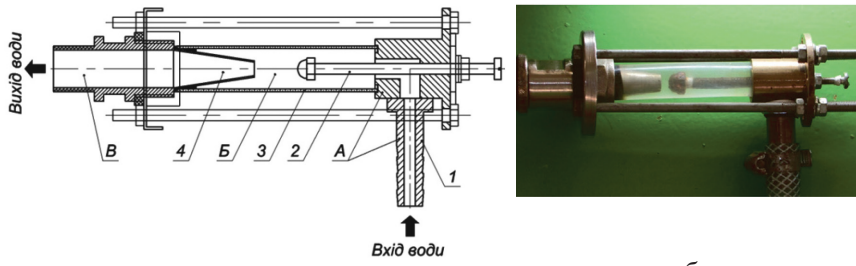
Рис. 1.9.1. **Комплексна технологія нетермічної стерилізації води:** МОП – модуль очищення повітря; МОВ – модуль очищення води

Установка стерилізації води

Комплексна технологія стерилізації води (див. рис. 1.9.1) потребувала розроблення установки для реалізації п'яти основних технологічних операцій:

- кавітаційної обробки води;
- генерації озону з кисню повітря;
- змішування води з озоном (озонування води);
- деструкції залишкового озону у викидах відпрацьованого повітря;
- електролізу води.

Для **кавітаційної обробки води** було розроблено статичний кавітатор – пристрій, який призначено для забезпечення різкого падіння напору води, що призводить до інтенсивного газовідділення у потоці. В основу конструкції кавітатора покладено принципи різкої зміни напрямку руху та перетину потоку води. Ці принципи часто мають місце в стандартних регулювальних клапанах, тому конструкція кавітатора повторює деякі їх конструктивні елементи (рис. 1.9.2).



а *б*

Рис. 1.9.2. **Кавітатор:** *а* – схема; *б* – експериментальний зразок; *А* – вхідна ділянка; *Б* – робоча ділянка; *В* – вихідна ділянка; *1* – ніпель; *2* – шток з наконечником; *3* – трубка з полікарбонату; *4* – дифузор

Кавітатор складається з вхідної ділянки *А* з ніпелем *1* під гнучкий шланг. Робоча ділянка *Б* являє собою прозору циліндричну трубку *3* з полікарбонату, всередині якої співвісно розміщуються шток *2* з наконечником (аналог регулювального органу клапана) та дифузор *4* (аналог сідла клапана).

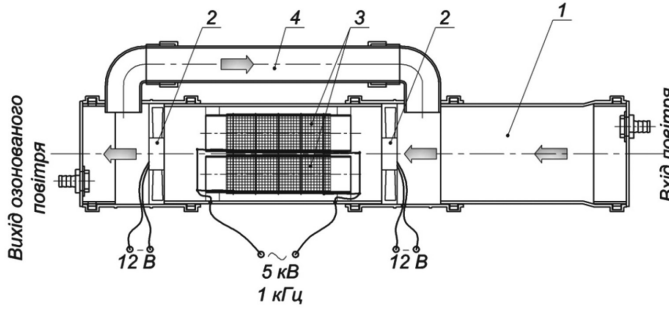
При роботі пристрою потік води долав цілий ряд перешкод. Потрапляючи на вхідну ділянку *А*, він мав повернути під прямим кутом та обтекти шток *2*. На робочій ділянці *Б* потік також оминав перешкоду – наконечник штоку *2*, а потім стискався на вході в дифузор *4* і поступово розширювався на виході з нього. Описані зміни характеру руху течії мали на меті локальне зниження тиску води нижче тиску насичених парів, що веде до утворення бульбашок, розчинених у воді газів, на вхідній ділянці *А* та їх знесення потоком уздовж робочої ділянки *Б*. Захлопування бульбашок передбачалось на вихідній ділянці *В*.

В основі **генерації озону** в установці покладено принцип пропускання повітря крізь зону бар'єрного електричного розряду [8]. Генератор озону конструктивно являє собою повітропровід із зоною бар'єрного розряду та лінією рециркуляції повітря (рис. 1.9.3).

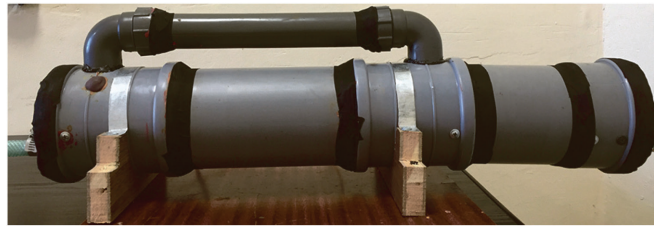
Апарат складається із вхідної ділянки *1*, яку призначено для вирівнювання швидкості вхідного потоку повітря, блока розрядників *3* для генерації бар'єрного електричного розряду, двох осьових вентиляторів *2*, що разом з лінією рециркуляції *4* призначено для збільшення інтенсивності руху повітря в зоні розряду. Корпус генератора озону діелектричний, виконано з пластикових труб.

В основу розроблення розрядників покладено модель розподілення силових ліній напруженості між сітчастим електродом і бар'єром [14]. Розрядники генератора озону являють собою блок з чотирьох скляних трубок Ø 37 мм, δ = 0,8 мм (бар'єр) із внутрішнього та зовнішнього боків обгорнутих сіткою зі стальної проволоки (електроди), до яких приєднано високовольтний контакт та контакт заземлення відповідно.

При роботі генератора озону на вхідну ділянку подавалось повітря, а до розрядників підводився перемінний струм з параметрами 5 кВ, 1 кГц. Між сітками розрядників формувався бар'єрний електричний розряд, при потраплянні в який кисень повітря починав поляризуватись, що у підсумку призводило до утворення озону. Для зниження тепловиділень при роботі розрядників всередині апарата розміщено два осьових вентилятори. Адже збільшення температури повітря може негативно вплинути на стабільність молекул озону.



а



б

Рис. 1.9.3. **Генератор озону:** *а* – схема; *б* – експериментальний зразок; *1* – вхідна ділянка; *2* – вентилятор осьовий; *3* – блок розрядників; *4* – лінія рециркуляції повітря

Процес **озонування води** ґрунтувався на змішуванні її з озонованим повітрям. Одним з найефективніших способів змішування рідин з газами є проточне струминне змішування [11]. Тонкостінні ферментери, для роботи з якими розробляється установка стерилізації води, обладнуються спеціальними повітряно-рідинними ежекторами – струминними аераторами [11, 15]. Отже, необхідність застосування окремого пристрою для озонування відпадає. До того ж таке технічне рішення дало змогу використовувати ферментер для накопичення озонованої води. Це, своєю чергою, сприяло не тільки скороченню апаратного складу установки, а й додатковому знезараженню внутрішніх поверхонь ферментера. Адже озонована вода сама є специфічним дезінфектантом.

Деструкція залишкового озону ґрунтувалась на фільтрації озоновмісного газу крізь активоване вугілля [8, 12]. Для реалізації цього процесу використовувався окремий фільтр відпрацьованого повітря, аналогічний тому, яким оснащуються тонкостінні ферментери типу ФТ та ФТУ.

Зниження електрохімічної активності води, що пройшла озонування, передбачалось з використанням проточного електролізера. Зазначимо, що в літературі не знайдено аналогів використання електролізера як специфічного «фільтра іонів» для зниження електрохімічної активності води. Проте фізична основа процесу досить проста: вода після озонування містить значну кількість вільних іонів, які утворюються внаслідок розпаду озону і вторинних сполук. Іони є носіями заряду, а значить підпадають під дію кулонової сили, тобто притягуються до електричних зарядів протилежного знака. Отже, при пропусканні озонованої води через електролізер електроди являтимуть собою специфічний фільтр, який затримуватиме іони з протилежним знаком заряду. Наслідком такої обробки буде зниження електрохімічної активності води, що напряму залежить від загальної кількості вільних та може бути проконтрольовано за ОВП.

Оскільки в розділенні каталіту й аналіту у цьому разі не було потреби, то електролізер було запроєктовано проточним із Z-подібною формою проточної частини і системою сітчастих електродів всередині (рис. 1.9.4).

Конструкція електролізера складалася з корпусу *1*, який побудовано з діелектричних матеріалів – пластикових труб Ø 50 мм. Електроди *2* всередині корпусу *1* зібрано у касету за допомогою сталевих шпильок *5* та гайок *4*. Електроди *2* у касеті виконано зі сталевої тканої сітки. Вони мають форму кола Ø 45 мм. Шпильки *5* виведено назовні та додатково ізольовано гумовими ковпаками *7*.

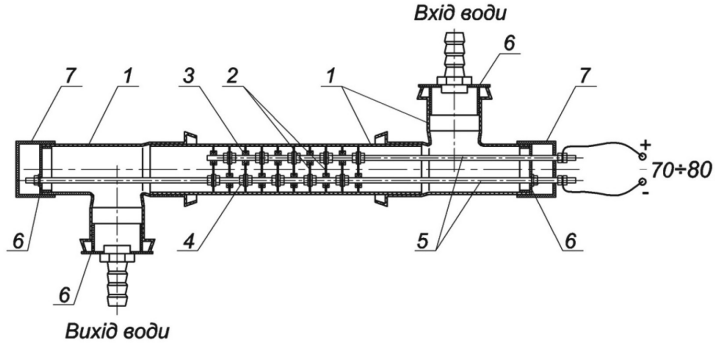


Рис.1.9.4. **Схема електролізера:** *1* – корпус; *2* – електроди з нержавіючої сталевої сітки; *3* – гумова ізолювальна прокладка; *4*, *5* – гайки та шпильки; *6* – заглушки; *7* – гумові ізолювальні ковпаки

При роботі на електроди *2* по шпильках *5* подається електричний струм зі стабілізованою напругою 70–80 В, а до електролізера підводиться озонована вода з малою витратою. При проходженні води крізь сітки електродів іони затримуються біля їх поверхні. В результаті електролізу ОВП води має знизитись з +600 мВ до +250 мВ, тобто до рівня, який нешкідливий для цільових мікроорганізмів.

Узагальнюючи описані технічні й технологічні рішення, було розроблено **схему установки стерилізації води** (рис. 1.9.5).

Знезараженню водопровідної води в установці передує її фільтрація у модулі очищення води (МОВ) – окремій установці у складі тонкостінних ферментаційних комплексів [2]. Після цього вода під напором водопровідної мережі подається до установки стерилізації. Кавітаційна обробка води відбувається у кавітаторі *1*. Для підвищення напору води на вході у кавітатор *1* використовується насос *4*.

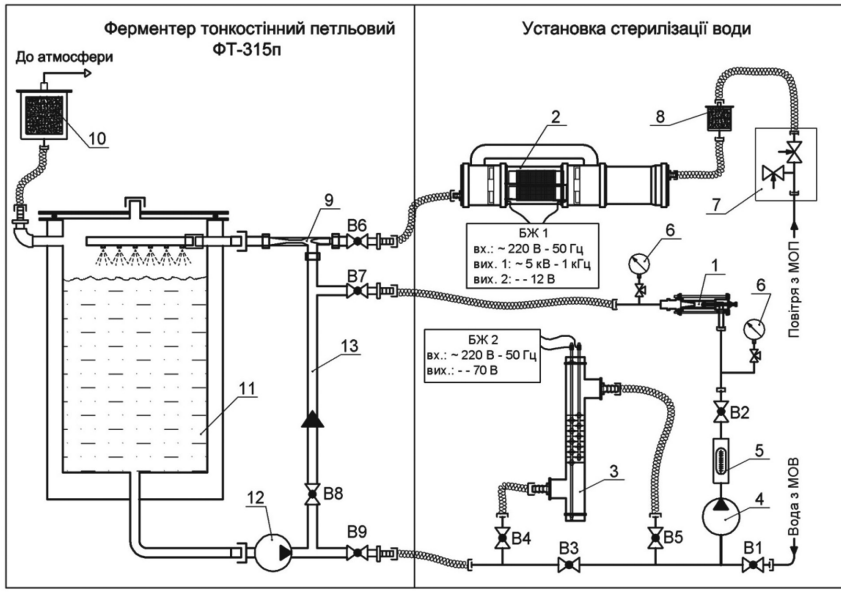


Рис. 1.9.5. **Схема установки стерилізації води, яку приєднано до тонкостінного ферментера ФТ-315п з робочим об'ємом 250 дм³:**
1 – кавітатор; *2* – генератор озону; *3* – електролізер; *4* – насос; *5* – ротаметр; *6* – манометри; *7* – блок регулювання витрати повітря; *8* – осушувач; *9* – струминний аератор ферментера; *10* – фільтр вугільний, *11* – ферментаційна ємність 315 дм³, *12* – насос ферментера; *13* – зовнішня лінія циркуляції (петля) ферментера; БЖ 1 – блок живлення озонатора; БЖ 2 – блок живлення електролізера; В1-В9 – кульові крани; МОП – модуль очищення повітря; МОВ – модуль очищення води

Паралельно з цим відбувається попередня обробка повітря у модулі очищення повітря (МОП) – фільтрація і відділення вологи. МОП так само, як і МОВ, є складовою частиною тонкостінних ферментаційних комплексів. Повітря компресором МОП подається до установки. За допомогою регулювальних вентилів *7* установлюється необхідна витрата повітря. Далі повітря проходить крізь осушувач *8* та потрапляє у зону бар'єрного електричного розряду у генераторі озону *2*.

Озоноване повітря і вода після кавітаційної обробки змішуються у струминному аераторі (ежекторі) ферментера *9*, а отримана

суміш накопичується у ферментаційній ємності *11*. Деструкція залишкового озону відбувається у вугільному фільтрі *10*, крізь який відпрацьоване повітря виводиться в атмосферу.

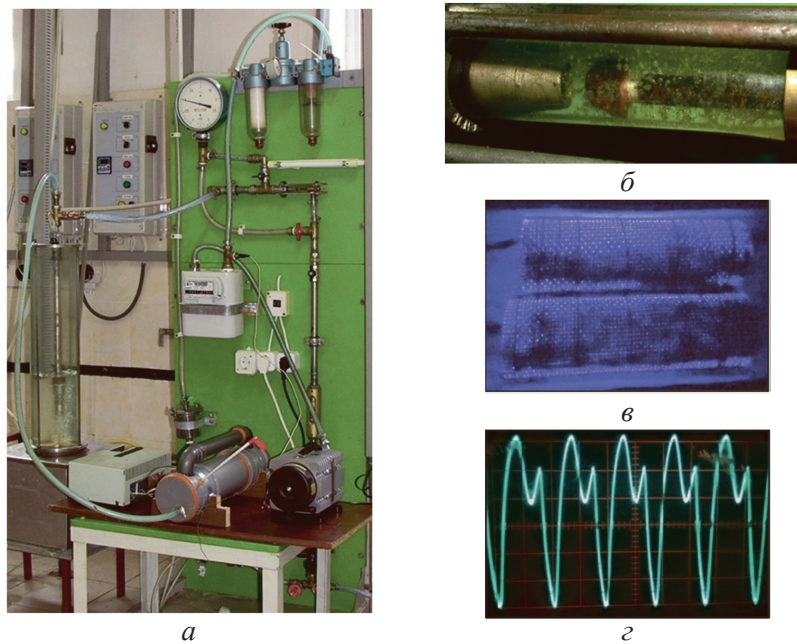
Після того, як у ферментаційній ємності *11* накопичиться розрахунковий об'єм води, її забір з водопровідної мережі припиняється. З води беруться проби і вимірюється ОВП. Якщо $Eh < +600$ мВ, вода піддається кавітаційній обробці та озонуванню у режимі циркуляції. Після повної однократної циркуляції всього накопиченого у ферментері об'єму води крізь установку повторюється процес зняття проб і визначення ОВП. Стерилізація вважається закінченою при $Eh \geq +600$ мВ.

Після цього починається стадія фінальної обробки води. За допомогою насоса *12* налаштовується циркуляція води з ферментаційної ємності *11* крізь електролізер *3* та лінію кавітаційної обробки назад до ферментера. Обробка вважається закінченою при досягненні $Eh = (+200…+300)$ мВ.

На основі схеми установки стерилізації води було виготовлено **експериментальний стенд** (рис. 1.9.6, *а*) [16]. Стенд включав обладнання для моделювання перших двох стадій обробки води в установці: гідродинамічної кавітації та озонування. Для реалізації цих двох процесів було використано розроблені експериментальні зразки кавітатора (див. рис. 1.9.2, *б*) та генератора озону (див. рис.1.9.3, *б*). Обв'язка цих двох пристроїв по повітрю і воді повністю відтворювала схему установки стерилізації води (див. рис. 1.9.5) у зменшеному масштабі з тією відмінністю, що замість ферментера місткістю 315 дм^3 використовувався лабораторний біореактор місткістю лише 10 дм^3. Стенд також включав додаткові вимірювальні пристрої, зокрема, осцилограф для визначення параметрів електричних імпульсів, необхідних для формування бар'єрного розряду (див. рис. 1.9.2, *в, г*).

Під час експериментальних досліджень було перевірено підхід до розроблення експрес-методу оцінювання якості стерилізації за електрохімічною активністю обробленої води. У статичний об'єм дистильованої води в біореакторі барботувалась повітряно-озонова суміш, а потім вимірювалась концентрація озону методом йодометрії і визначалась електрохімічна активність води вимірюванням

ОВП. У результаті було встановлено відповідність отриманої кореляції між ОВП та концентрацією озону у дистиляті літературним джерелам [12]. Однак аналогічна процедура, яку виконано з водопровідною водою, показувала значне відхилення від такого ідеального варіанта, що пов'язано з наявністю у складі води солей жорсткості, сполук хлору та інших речовин. У результаті залишковій концентрації озону відповідає значно менше ОВП, ніж для озонованого дистиляту. Отже, перед використанням на виробництві експрес-метод має бути скориговано відносно конкретного складу води.



а *б* *в* *г*

Рис. 1.9.6. **Експериментальний стенд:** *а* – зовнішній вигляд; *б* – кавітаційна течія на робочій ділянці кавітатора; *в* – іонізація газу у бар'єрному розряді на розрядниках генератора озону; *г* – осцилограма генерації бар'єрного розряду U_A = 8,4 кВ, 1 кГц

Ряд досліджень було присвячено процесу гідродинамічної кавітації та її впливу на обсіменіння води. Дослідження проводились у двох напрямах: вивчалась інтенсивність кавітації як гідродина-

мічного процесу поряд з чим визначався вплив обробки на стан мікрофлори у воді.

Інтенсивність кавітації визначалась на основі числа кавітації (cavitation index) – універсальної характеристики кавітації у дросельних пристроях (вентилях, кранах тощо) [17], яке розраховувалось за формулою:

$$\sigma = \frac{H_2 - H_v}{H_1 - H_2}, \qquad (1.9.1)$$

де σ – безрозмірне число кавітації; H_1, H_2 – гідростатичний напір, бар, до та після кавітатора; H_v – напір насичених парів, бар.

Визначене під час експериментів число потрапляло у діапазон значень $0{,}1 < \sigma < 0{,}5$, що відповідає області кавітації з інтенсивним виділенням розчинених газів [18] для всіх досліджених режимів. Візуальні спостереження за процесами підтвердили запропоновану модель утворення бульбашок на вхідній ділянці кавітатора та захлопування на вихідній. На робочій ділянці кавітатора (рис. 1.9.6, *б*) спостерігалося знесення бульбашок, кількість та розміри яких корелювали зі значенням σ.

Вплив гідродинамічної кавітації на обсіменіння води визначався на основі мікробіологічного аналізу відібраних проб. У результаті експериментів було встановлено, що гідродинамічна кавітація спричиняє часткове знезараження води. Так, оброблення води впродовж 25 хв дало можливість знизити загальне мікробне число [5] у 1,5 раза: від 58 до 38 КУО/см^3.

Також було проведено попередні дослідження спільної дії кавітації та озонування на воду з водопроводу смт Хліободарське Біляївського р-ну Одеської обл. Результати підтвердили посилення стерилізувального ефекту від застосування двох різновидів [10] обробки порівняно з окремо взятим озонуванням[12] чи кавітацією [12]. На нашу думку, це свідчить про правильність підходу до поєднання у рамках технології знезараження видів обробки з різним впливом на мікроорганізми-контамінанти.

Висновок

У результаті проведених досліджень було розроблено комплексну технологію нетермічної стерилізації води на базі компонування різних за впливом на мікроорганізми процесів обробки: гідродинамічної кавітації, озонування, електролізу. Для реалізації цієї технології було запроєктовано спеціальну установку, яку пристосовано для використання на тонкостінних ферментаційних комплексах КФМ-420 та ФУ-500, а також запропоновано експрес-метод оцінювання якості стерилізації води на місці.

Для верифікацій прийнятих технічних рішень було проведено моделювання процесів перших двох стадій обробки. З цією метою було створено багатофункціональний експериментальний стенд для дослідження нетермічних способів стерилізації води. Експериментальні дослідження загалом підтвердили функціональність розроблених пристроїв та дієвість запропонованих процедур. Водночас вони поставили ряд технологічних і наукових питань, відповісти на які можуть лише подальші дослідження.

Список використаних джерел до підрозділу 1.9

1. *Матвеев В. Е.* Основы асептики в технологии чистых микробиологических препаратов. Москва: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. 321 с.
2. *Крутякова В. І., Беспалов І. М., Молчанова О. Д., Лобан Л. Л.* Інженерно-технологічні інновації у виробництві ентомологічних та мікробіологічних засобів захисту рослин: монографія. Одеса: ПП «Фенікс», 2017. 196 с.
3. *Автоматизований* ферментер: пат. 143007 Україна: МПК C12M 1/12. № u201911986; заявл. 17.12.2019; опубл. 10.07.2020, Бюл. № 13. 5 с.
4. *Автоматизований* модуль водопідготовки: пат. 108123 Україна: МПК C02F 9/12 C02F 1/00. № u201509945; заявл. 12.10.2015; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13. 4 с.
5. *МВ* 10.2.1-113-2005. Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води. Затвердж. наказом МОЗ України від 03.02.2005 № 60.
6. *Ярошевський В. П., Осипенко Т. М.* Вдосконалення технології нетермічної стерилізації води при виробництві біопрепаратів на ферментаційному комплексі. *Перспективи розвитку регіонального виробництва і застосування біологічних засобів захисту рослин від*

шкідників і хвороб: матеріали міжнар. семінару з нагоди Міжнародного року здоров'я рослин – 2020 (10–11 вересня 2020, м. Одеса). Одеса, 2020. С. 53–58.
7. *Технический* справочник по обработке воды: в 2 т.: Т. 1: пер. с фр. СПб: Новый журнал, 2007. 878 с.
8. *Орлов В. А.* Озонирование воды. Москва: Стройиздат, 1984. 88 с.
9. *Gogate P. R.* Application of hydrodynamic cavitation for food and bioprocessing. *Ultrasound technologies for food and bioprocessing. Food engineering series;* ed. H. Feng et al. New York: Springer Science+Business Media. 2011. Chapter 6. P. 141–173.
10. *Jyoti K. K., Pandit A. B.* Hybrid cavitation methods for water disinfection: Simultaneous use of chemicals with cavitation. *Ultrason. Sonochem.* 2003. V. 10. Is. 4–5. P. 225–264.
11. *Yaroshevsky V. et al.* Development and research of new media jet aeration scheme in a loop bioreactor producing microbiological products. *Acta Technol. Agric*. 2021. V. 24 (3). P. 124–128.
12. *Ozone* – potential application in depuration systems in the UK. Cefas discussion document. Cefas Weymouth Laboratory. 2010. 26 p.
13. *Save S. S., Pandit A. B., Joshi J. B.* Microbial cell disruption: Role of cavitation. *Chem. Eng. J.* 1994. № 55. P. B67–B72.
14. *Озеров И. Н., Гуляев П. В., Гуляева Т. В., Дерипаскин П. С.* Озонатор компрессорного типа. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2016. № 119 (05). С. 74–84.
15. *Ходорчук В. Я., Ярошевський В. П.* Технологічний проєкт ферментаційної установки для малотоннажного виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин. *Механізація і електрифікація сільського господарства*: загальнодерж. зб. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2021. Вип. № 13(112). С. 65–72.
16. *Ярошевський В. П., Беспалов І. М., Білоголовський В. В.* Багатофункціональний експериментальний стенд для дослідження систем знезараження води у виробництві мікробіопрепаратів для захисту рослин. *50 років досліджень Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка»: досягнення та перспективи*: матеріали доповідей міжнар. наук. конф. (4–8 жовтня 2021, м. Одеса). Одеса, 2021. С. 52–56.
17. *Арзуманов Э. С.* Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. Москва: Энергия, 1978. 304 с.
18. *Rahmeyer W. J.* Cavitation limits for valves. *J. Am. Water Works Ass.* 1981. 73 (11). P. 582–585.

1.10. Автономний біореактор для малотоннажного виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин

Ярошевський В. П., Осипенко Т. М., Пиляк Н. В.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Виробництво мікробіологічних засобів захисту рослин (МБЗЗР) в Україні на сьогодні реалізується на базі невеликих біофабрик та біолабораторій [1]. В основі технічного оснащення більшості таких підприємств лежать промислові мікробіологічні качалки. Це надійне, але енергозатратне і застаріле обладнання, використання якого передбачає велику частину ручної праці на доферментаційній та постферментаційній стадіях виробництва.

Стандартним способом уникнення недоліків качалочної технології є застосування ферментерів. Проте спеціалізоване ферментаційне обладнання для виробництва МБЗЗР в нашій країні майже не випускають. Тому біофабрики укомплектовуються біореакторами, розробленими для харчової промисловості, або хімічними реакторами, що переоснащено для мікробного синтезу [2]. Використання цих апаратів має ряд обмежень, адже їх конструкцію не розраховано на особливості ферментаційних процесів виробництва мікробіопрепаратів для захисту рослин. Часто вони оснащуються занадто потужними мішалками зі значною швидкістю обертів, потребують цілої низки додаткових апаратів (парогенераторів, теплообмінників, змішувачів тощо) та пристроїв (кран-балок, дробин, містків тощо) для обслуговування й експлуатації. Це є нормою для промислових мікробіологічних або харчових виробництв, проте спричиняє складнощі для малотоннажного виробництва МБЗЗР, особливо в умовах сільської місцевості [1]. Отже, створення спеціалізованого ферментаційного обладнання для мало- і середньотоннажного виробництва МБЗЗР нині є актуальним завданням, від успішного вирішення якого у підсумку залежать перспективи біологізації та екологізації землеробства в Україні.

Вирішенням цього завдання в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) займаються

з початку 2000-х років. За цей час було розроблено та створено кілька автоматизованих технологічних ліній – тонкостінних ферментаційних комплексів, спеціалізованих для виробництва МБЗЗР [3, 4]. Особливістю цього обладнання є застосування біореакторів полегшеної конструкції – тонкостінних ферментерів [5]. За рахунок зменшення товщини стінок ферментаційних ємностей (ФЄ) знижується вартість цих апаратів, водночас це не дає змоги проводити стандартну для мікробіологічної промисловості процедуру термічної стерилізації поживних середовищ (ПС) [3–5]. Тому приготування і стерилізація ПС відбувається в інших апаратах, що входять до складу ферментаційних комплексів. Тонкостінні ферментери призначено лише для розмноження готової посівної культури мікроорганізмів на рідких ПС [3, 4]. Однак напрацювання посівної культури в таких ферментерах не дає змоги отримати необхідну для інокуляту концентрацію мікроорганізмів і чистоту культури саме через відсутність термічної стерилізації ПС в апараті.

При розробленні тонкостінних ферментаційних комплексів питання напрацювання посівних культур вирішувалось або з використанням стандартної качалочної технології [3], або – стерилізаторів ВК-75-01, переоснащених під інокуляційні ферментери [1]. Збільшення місткості ферментерів, що входять до складу комплексів, реалізоване в останніх розробках [6], зі 100 дм^3 до 315 дм^3 призвело до необхідності збільшення об'єму посівної культури, якого необхідно для інокуляції ПС в одному ферментері, до 50–65 дм^3. Відповідно для всього ферментаційного комплексу потреба в інокуляті становить 100–130 дм^3. Для отримання такої кількості інокуляту доцільно використовувати окремий ферментер-стерилізатор повною місткістю не менше 150 дм^3.

Саме розроблення такого автономного біореактора, що було метою досліджень останніх років, проведено в ІТІ «Біотехніка» НААН. Основними вимогами до біореактора було поєднання в одному апараті функцій стерилізатора і ферментера для культивування аеробних мікроорганізмів.

Для стерилізації важливим є процес нагріву та витримки впродовж розрахункового часу рідкого ПС при температурі більшій ніж 120 °С. Тиск всередині біореактора при цьому може досягати

2,5 бар. Отже, функція стерилізації висуває до апарата вимоги, аналогічні вимогам до посудин, що працюють під тиском [7]. Стандартна конструкція стерилізаторів передбачає наявність проміжного теплоносія – води або пароводяної суміші, що зазвичай перебуває в сорочці апарата та нагрівається ТЕНами. Отже, основні конструктивні рішення, зумовлені функцією стерилізації, стосуються товщини стінок апарата, якості виконання поверхонь і стиків [7], а також наявності водяної сорочки з електричними нагрівачами.

На відміну від стерилізації для стадії ферментації важливими є одразу кілька процесів, необхідних для створення і підтримання найсприятливіших умов для розмноження мікроорганізмів. Це перемішування, аерація і термостабілізація ферментаційного середовища (ФС) [8]. Найпоширенішим способом перемішування є застосування механічних мішалок з електричним приводом, а аерації – барботаж стиснутого повітря в нижню частину ФЄ [8, 9]. Комплексно перемішування і аерація мають забезпечувати належний рівень абсорбції кисню аераційного повітря у ФС, адже цей показник зазвичай лімітує нормальний розвиток більшості аеробних мікроорганізмів [9, 10]. Конструктивні рішення, зумовлені цією необхідністю, торкаються не лише конструкції мішалки й аератора, а й пропорцій ФЄ. Адже чим більшою є висота ФЄ, тим довшим є шлях бульбашок повітря від днища до гори апарата і відповідно тим довшим є час перебування цього повітря у ФС. А це, своєю чергою, – запорука збільшення інтенсивності масообмінних процесів у ФС [11].

Стандартне відношення висоти ФЄ до діаметра для біореакторів з механічним перемішуванням становить 2:1 та 3:1 [11, 12] на фоні частоти обертів мішалки 100–500 об./хв [8, 10]. В окремих випадках ферментаційна технологія потребує дбайливішого перемішування для зниження стресу на культуру мікроорганізмів. Це зумовлює зниження обертів мішалки до 50–100 об./хв і зменшення відношення висоти до діаметра до 1:1 [9, 11]. Одним із таких випадків є необхідність збереження міцеліальних згустків грибних культур, що утворюються при напрацюванні мікробіопрепаратів для захисту рослин [2].

Терморегуляція середовища на стадії ферментації – це процес підтримання найсприятливішої для розвитку мікроорганізмів

температури з відхиленням не більше 2 °С [3], адже вихід за межі температурного діапазону лімітує розвиток культури [8, 9]. Оскільки процес мікробного синтезу часто супроводжується виділенням теплоти, то, крім нагрівання ФС для компенсації тепловтрат у навколишній простір, потрібно передбачити також компенсацію надлишків теплоти. Для обох цих процесів використовуються водяні сорочки або контактні теплообмінники, занурені в об'єм ФС. Другий варіант є складнішим у плані миття і стерилізації поверхні теплообміну, крім того, він потребує наявності зовнішнього джерела теплової енергії. Використання ж водяної сорочки апарата не спричиняє таких складнощів за обслуговування.

Отже, конструктивні рішення, зумовлені вимогами до процесів стадії ферментації, стосуються наявності водяної сорочки, розміщення всередині ФЄ механічної мішалки та барботера, а також геометричних пропорцій самої ємності. Спільно з вимогами до стерилізації середовища отримуємо те, що автономний біореактор – це апарат, що працює під тиском, який оснащено водяною сорочкою з ТЕНами для термостабілізації, механічною мішалкою для перемішування ФС з частотою 50–100 об./хв та барботером для аерації середовища.

З боку зручності експлуатації загальна висота апарата має бути такою, щоб для його обслуговування непотрібно було використовувати драбини або містки. Також спрощенню експлуатації сприяє відсутність необхідності застосування додаткових підйомних механізмів для зняття кришки біореактора. Обидві ці вимоги можна реалізувати, якщо відношення висоти до діаметра ФЄ даватиме змогу відкидати кришку біореактора на шарнірному кріпленні у збірці з мішалкою (рис. 1.10.1).

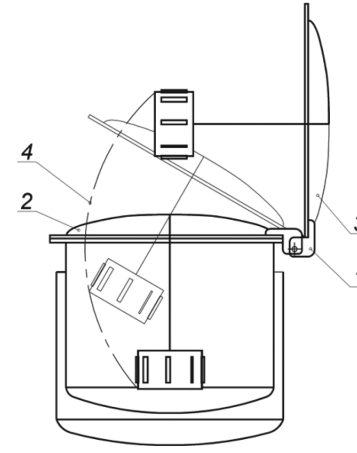
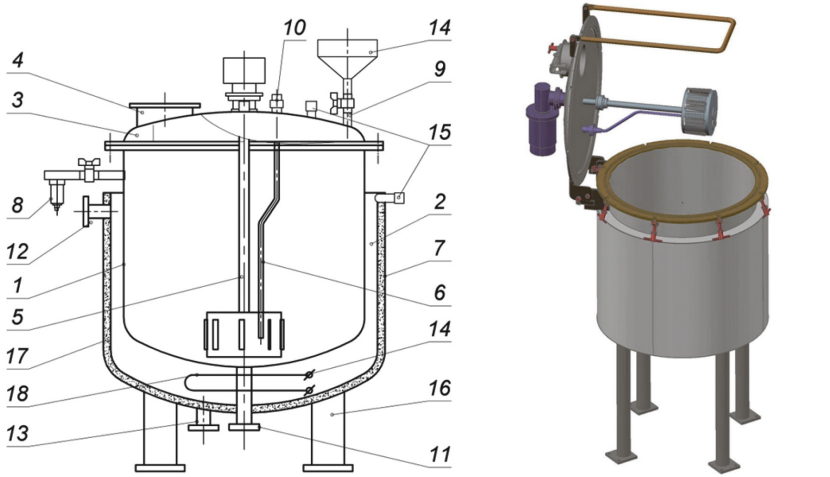


Рис. 1.10.1. **Схема відкривання кришки:** *1* – шарнірне кріплення кришки; *2* – кришка в закритому стані; *3* – кришка у відкритому стані; *4* – траєкторія відкривання

Розрахунки показують, що для цього необхідним і достатнім є відношення висоти до діаметра ФЄ 1:1,2 [2, 13, 14] спільно з використанням компактної турбінної мішалки, яку розроблено для тонкостінних біореакторів [5]. Також ці геометричні пропорції ФЄ сприятимуть дбайливішому перемішуванню середовища [2], адже геометричні пропорції ФЄ близькі до 1:1 [10].

На основі узагальнення описаних рішень було розроблено конструкцію автономного біореактора АФ-0,170 (рис. 1.10.2) [15, 16]. Апарат побудовано за принципом теплообмінника «труба в трубі», де внутрішня ємність *1* являє собою ізольовану порожнину об'ємом 170 дм^3 для проведення ферментативних реакцій, а зовнішня – водяна сорочка *2* із зануреними у теплоносій ТЕНами *14* для нагрівання та патрубками *12, 13* для підключення зовнішнього контуру охолодження. Біореактор оснащено відкидною кришкою на шарнірному кріпленні *3*, крізь яку проходить вал мішалки *5* і патрубок підведення аераційного повітря *10*. Відповідно сама мішалка *5* і



а *б*

Рис. 1.10.2. **Автономний біореактор АФ-0,170:** *а* – схема; *б* – тривимірна модель; *1* – ферментаційна ємність; *2* – водяна сорочка; *3* – кришка відкидна; *4* – технологічний лючок; *5* – турбінна мішалка з електричним приводом; *6* – барботер; *7* – сталевий зовнішній кожух; *8* – фільтр випускний; *9–13* – патрубки технологічні; *14* – воронка заливна; *15* – клапан запобіжний; *16* – опори; *17* – теплоізоляція; *18* – ТЕНи

барботер 6 виймаються з об'єму рідини в ємності *1* при відкиданні кришки *3*. На поверхні кришки *3* також розміщується електричний привід мішалки, запобіжний клапан *15*, патрубок для заливу інокуляту *9* та технологічний лючок *4*.

Особливістю системи аерації автономного біореактора є барботування стиснутого повітря крізь малі отвори барботера *6* у зону всмоктування мішалки *5*. Малі бульбашки повітря, що виходять з барботера, підхоплюються відцентровою силою, яку створює обертання турбіни, і розносяться об'ємом ФС. Така схема аерації сприяє збільшенню рівномірності насичення середовища аераційним повітрям [2].

Біореактор спирається на чотири опори *16*. Загальна висота апарата при закритій кришці становить усього 1,55 м. Для відкидання кришки використовується спеціальний важіль, який дає змогу відкривати кришку реактора одній людині, стоячи біля нього на підлозі (див. рис. 1.10.2, *б*) [15].

На основі розробленої конструкції було виготовлено експериментальний зразок автономного біореактора АФ-0,170 (див. рис. 1.10.3) [2, 14]. Технічні характеристики апарата наведено у *табл. 1.10.1*.



Рис. 1.10.3. **Загальний вигляд експериментального зразка автономного біореактора АФ-0,170**

Таблиця 1.10.1. **Технічні характеристики автономного біореактора АФ-0,170**

№ з/п	Технічні характеристики	Значення
1	Місткість м^3 (дм^3): повна	0,170 (170)
2	робоча	0,132 (132)
3	Мішалка механічна:	
	привід електричний	
	електрична потужність двигуна, кВт	0,37
	тип перемішувального пристрою – турбіна	
	максимальна частота обертання мішалки, об./хв.	75
4	Сорочка водяна:	
	об'єм, дм^3	62
	електрична потужність ТЕНів, кВт	12,5
5	Барботер:	
	діаметр трубки, мм	10
	діаметр отворів, мм	1,5
	кількість отворів, шт.	16
6	Габаритні розміри, мм	850 × 750 × 1550 (h)
7	Маса, кг	150

На науково-технічній базі Цебриківського дослідного біосектору ІТІ «Біотехніка» НААН було проведено дослідження особливостей роботи біореактора в умовах дослідного малотоннажного виробництва грибних і бактеріальних препаратів для захисту рослин [2, 13, 14] (рис. 1.10.4).

На доферментаційній стадії ПС готувались безпосередньо у ємності біореактора в кількості 120 дм^3 на цикл. Потім проводилась його стерилізація при температурі 120 °С з витримкою впродовж 60 хв та подальшим охолодженням до температури засіву. Для напрацювання грибних препаратів використовувались пептонно-дріжджові ПС, а для бактеріальних – кукурудзяно-мелясні [2, 3]. Посівні культури мікроорганізмів напрацьовувались з використанням мікробіологічної качалки у кількості 12 дм^3 на цикл. Стадія ферментації для

бактеріальних культур (*Pseudomonas fluorescens*) відбувалась упродовж 48 год при температурі 29±1 °С. Грибні культури (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*) напрацьовувались при 26±1 °С впродовж 72 год. Якість отриманих біопрепаратів оцінювалась на основі мікробіологічного аналізу проб (*табл. 1.10.2*).



Рис. 1.10.4. **Автономний біореактор АФ-0,170 у роботі**

За результатами досліджень було встановлено, що концентрація цільових мікроорганізмів у отриманих культуральних рідинах препаратів становить 10^8–10^9 КУО/см^3. Це є порівняним з титрами препаратів, які отримуються на качалках [13, 14]. Посіви культуральних рідин на селективні середовища показали рівень контамінації препаратів сторонньою мікрофлорою не більше 0,3 %. Тобто у результаті досліджень було отримано культуральні рідини препаратів, чистота і концентрація мікроорганізмів в яких дає змогу використовувати їх як посівні культури для тонкостінних ферментерів.

Таблиця 1.10.2. **Результати експериментальних досліджень роботи автономного біореактора**

Препарат	Базовий мікроорганізм	Вихід препарату, дм^3/цикл	Рівень контамінації, %	Отриманий титр, КУО/см^3
Боверин БТ	*Beauveria bassiana* шт. 71661	132	0,3	$9{,}0 \cdot 10^8$
Метаризин БТ	*Metarhizium anisopliae (Metschnikoff) Sorokin*. шт. МАЛИ	132	0,3	$2{,}0 \cdot 10^8$
Флуоресцин БТ	*Pseudomonas fluorescens* шт. 2	132	0,3	$7{,}0 \cdot 10^9$
Планриз БТ	*Pseudomonas fluorescens* шт. АР-33	132	0,3	$8{,}0 \cdot 10^9$

Отже, автономний біореактор АФ-0,170 технічно може бути використано як інокуляційний ферментер для тонкостінних ферментаційних комплексів КФМ-420 та ФУ-500. З економічного погляду використання автономного біореактора є значно вигіднішим, ніж промислових мікробіологічних качалок КПМ 30/90Т, що нині застосовуються. При однаковій тривалості стадії ферментації питомі енергозатрати на отримання інокуляту порівняної якості на качалках становлять 1,15 кВт·год/дм^3, а в автономному біореакторі – 0,75 кВт·год/дм^3, тобто в 1,5 раза менше. При цьому вихід продукту за цикл з однієї качалки становить лише 54 дм^3, а з біореактора – 132 дм^3 [14]. Відповідно для ферментаційного комплексу ФУ-500 одна качалка покриває потреби в інокуляті лише для одного тонкостінного ферментера. Для повної загрузки комплексу необхідно дві качалки КПМ 30/90 Т або лише один автономний біореактор АФ-0,170. Таке заміщення не лише зекономить електроенергію, а й зменшить потребу у виробничій площі більше ніж удвічі. При цьому окупність автономного біореактора АФ-0,170 за розрахунками становить лише 5,4 міс.

Під час подальших досліджень було проведено масштабування автономного біореактора АФ-0,170, результатом чого стало виготовлення апарата місткістю 270 дм^3 – АФ-0,270 [15]. На основі цих двох апаратів у Цебриківському дослідному біосекторі Інституту було створено дослідно-промислову ферментаційну установку ДПФУ-330 (рис. 1.10.5), яка, крім ферментаційних апаратів, включає також лінії підготування води і повітря.



Рис. 1.10.5. **Дослідно-промислова ферментаційна установка ДПФУ-330 на базі автономних біореакторів АФ-0,270 (***зліва***) та АФ-0,170 (***справа***)**

Установка ДПФУ-330 нині використовується для дослідження та відпрацювання технологічних режимів роботи біореакторів за культивування різних видів мікроорганізмів, масштабування ферментаційних процесів, дослідження роботи допоміжних систем та обладнання. Одним із запланованих результатів цих досліджень є апаратне забезпечення виробництв МБЗЗР із продуктивністю до 330 дм^3/цикл, а також технічне переоснащення наявних біолабораторій.

Висновок

Автономний біореактор являє собою зразок ферментаційного обладнання спеціалізований не лише до процесів ферментаційної технології виробництва МБЗЗР, а й до умов малотоннажних мікробіовиробництв як таких. Використання біореакторів типу АФ дасть змогу провести технічне переоснащення біолабораторій та невеликих біофабрик з мінімальними, порівняно із закордонними аналогами, затратами. Експлуатаційні витрати на роботу цього обладнання є значно нижчими, ніж для наявного ферментаційного обладнання – мікробіологічних качалок або переоснащених до потреб виробництва МБЗЗР хімічних і харчових реакторів.

Створення ферментаційних установок на базі автономних біореакторів АФ різної місткості надалі дасть можливість забезпечувати потреби в посівних культурах тонкостінних ферментаційних комплексів майже будь-якої продуктивності і бути незалежною технічною і технологічною основою біофабрик.

Список використаних джерел до підрозділу 1.10

1. *Беспалов І. М., Ходорчук В. Я.* Економічна ферментаційна установка для виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 1. С. 38–42.
2. *Ярошевський В. П., Осипенко Т. М., Пиляк Н. В.* Розроблення автономного біореактора для малотоннажного виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8 (821). С. 47–54.
3. *Крутякова В. І., Беспалов І. М., Молчанова О. Д., Лобан Л. Л.* Інженерно-технологічні інновації у виробництві ентомологічних та мікробіологічних засобів захисту рослин: монографія. Одеса: ПП «Фенікс», 2017. 196 с.

4. *Крутякова В. И., Осипенко Т. Н.* Технологии и оборудование для малотоннажного производства микробиологических средств защиты растений. *Защита и карантин растений*. 2017. № 9. С. 43–45.
5. *Автоматизований* ферментер: пат. 143007 Україна: МПК C12M 1/12. № u201911986; заявл. 17.12.2019; опубл. 10.07.2020, Бюл. № 13. 5 с.
6. *Ходорчук В. Я., Ярошевський В. П.* Технологічний проєкт ферментаційної установки для малотоннажного виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин. *Механізація і електрифікація сільського господарства*: загальнодерж. зб. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2021. Вип. № 13 (112). С. 65–72.
7. *ДНАОП* 0.00-1.07-94* Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском (зі змінами та доповненнями). 1994.
8. *Stanbury P. F., Whitaker A., Hall S. J.* Principles of fermentation technology. 3rd ed. Butterworth-Heinemann: Burlington, 2016. 824 p.
9. *Doran P. M.* Bioprocess engineering principles, 2nd ed. Oxford: Academic Press, 2013. 455 p.
10. *Dutta R.* Fundamentals of biochemical engineering. Springer: Berlin, 2008. 306 p.
11. *Panda T.* Bioreactors. Analysis and design. New Delhi: Tata McGraw Hill, 2011. 514 p.
12. *Schirmer C. et al.* Development, engineering and biological characterization of stirred tank bioreactors. *Biopharmaceuticals*. by Yeh M.-K., Chen Y.-C. eds. London: IntechOpen. 2018. P. 87–108.
13. *Yaroshevsky V., Osipenko T., Pilyak N.* Self contained bioreactor usage for small-scale microbial pesticides production. *Plant protection – achievements and prospects*: Proceedings of the international scientific symposium (27–28 October, 2020, Chishinau). Chishinau: Capatana Print, 2020. P. 164–167.
14. *Біореактор* з відкидною кришкою: пат. 148369 Україна: МПК C12M 1/12. № u202102186; заявл. 26.04.2021; опубл. 28.07.2021, Бюл. № 30. 4 с.
15. *Біореактор* для виробництва біопестицидів: пат. 150021 Україна: МПК A61L 2/04, A61L 2/20, C12M 1/12. № u202104517; заявл. 04.08.2021; опубл. 22.12.2021, Бюл. № 51. 4 с.
16. *Yaroshevsky V. P., Osipenko T. M.* Scale-up of self-contained bioreactor for microbial pesticides production. *50 years of age to the Engineering and Technological Institute «Biotekhnika»: reaching that perspective*: Proceedings of the international scientific conference assigned to the 50th ETI «Biotekhnika» (4–8 October 2021, Odessa). Odessa, 2021. P. 45–48.

РОЗДІЛ 2

Теоретичні та практичні основи створення засобів біологізації землеробства

2.1. Центр маточних культур – основа успішної реалізації цільових програм промислової ентомології

Крутякова В. І., Маркіна Т. Ю., Шейкін Б. М., Молчанова О. Д.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Розвиток сільського господарства України – це передусім розвиток органічного землеробства. Необхідно вирощувати конкурентоспроможну продукцію, яка буде потрібна європейському ринку. Для забезпечення сільських господарств необхідною кількістю біоматеріалу в Україні потрібно створити розгалужену систему біофабрик і біолабораторій, які забезпечили б їх ним. Треба визначити, що якість ентомологічних біопрепаратів безпосередньо залежить від якості стартового біоматеріалу для напрацювання. Щоб створити маточну культуру певного ентомологічного препарату, потрібно пройти дуже складний шлях від поля або резерватора до атестованої маточної культури. При цьому треба визначити, що ентомокультури різного призначення створюються за дещо відмінними принципами. Робота Центру маточних культур (ЦМК) має забезпечувати всі виробництва Південного регіону України маточними культурами комах у достатній кількості.

Потреба у масовому розведенні комах останнім часом зростає у всьому світі [1]. Це пов'язано з їх усебічним використанням. За даними Міжнародної організації біологічного захисту рослин (МОБЗР) у світі майже 230 видів комах-ентомофагів розводять у

штучних умовах і успішно використовують для захисту рослин у відкритому та захищеному ґрунті [1–3].

Успішна реалізація цільових програм технічної ентомології можлива лише за умов теоретичного обґрунтування та практичного втілення методик створення маточних культур комах, які є надійним гарантом ефективного виробництва ентомокультур. Аналіз літературних джерел дає підставу стверджувати, що культури комах, створених людиною, є штучними популяціями із заданими властивостями, що успадковуються. Існування таких популяцій обмежено умовами техноценозу. У процесі їх формування виокремлюють кілька етапів, що є необхідною передумовою створення ЦМК.

Етап 1. Відбір вихідного матеріалу, що відповідає вимогам програми розведення. На цьому етапі здійснюють всебічне еколого-генетичне оцінювання популяції комах і ступеня її придатності як вихідного матеріалу для закладки культури і вирішення питань програми розведення.

Етап 2. Введення біоматеріалу в техноценоз і створення вихідної популяції (засновників). При цьому вирішують питання звільнення біоматеріалу від хижаків, паразитів, патогенів, супутніх видів та сумісності різних популяцій у техноценозі, синхронізації циклів розвитку для гетерогенних популяцій, оцінювання можливості адаптації до умов техноценозу.

Етап 3. Оптимізація культивування за основними параметрами утримання, типізація і стандартизація культури. На цьому етапі через необхідність завершення адаптації комах до умов техноценозу основну увагу приділяють вибору харчового субстрату, що забезпечує фізіологічні потреби комах, створенню оптимальних умов їх цілорічного утримання, проводять типізацію культур певного типу і домагаються стандартизації культури за основними біологічними й етологічними ознаками.

Етап 4. Додання культурі заданих, стабільно успадкованих властивостей. До цього етапу можна приступити лише після типізації та стандартизації. Основним тут є селекційно-генетичний метод оптимізації культури в потрібному напрямі – селекція за заданими ознаками.

Етап 5. Закладка племінної (маточної) культури для тривалого відтворення комах із заданими властивостями.

Етап 6. Створення і масове виробництво культур комах із заданими властивостями і прийнятною собівартістю виробленого біоматеріалу.

На цьому етапі істотного значення набуває пошук методів оптимізації ведення культури під заданий рівень продукції з використанням еволюційного планування за допомогою ЕОМ і поточних ліній з програмованим управлінням [4–6]. Цей етап належить до найменш розроблених.

Створення та підтримання маточних культур для реалізації програм масового виробництва передусім передбачає збереження культурою заданих властивостей, що неможливо без застосування певних методів розведення, так званої охоронної селекції [7–10].

У наш час під селекцією (від лат. *selectio* – добір) розуміють сукупність прийомів з виведення і поліпшення порід через систематичний добір, гібридизацію (схрещування) і спрямовані зміни організмів під впливом умов навколишнього середовища та оптимізацію життєдіяльності способом створення оптимальних умов середовища. Головним завданням селекції є виведення порід, які повинні будуть мати високу життєздатність і продуктивність [2, 10].

Основні принципи селекції комах мають низку значних відмінностей, зумовлених особливостями їх біології. Передусім – це відносно короткий цикл розвитку комах, який в ряді випадків дає змогу селекціонерам отримати кілька поколінь комах за один рік, що прискорює процес селекції. Друга особливість комах – висока репродуктивна особливість самок і відносна легкість контролю за спарюванням. Складності селекції комах пов'язані з неповними знаннями їх біології та екології, а також недостатністю досвіду селекційної роботи з дикими видами [10].

За характером розведення комах усі програми діляться на лабораторні й масові (промислові). У дослідженнях щодо масового розведення комах можна виділити два напрями, дещо відмінних за завданнями, які вирішуються. Перше з них – розведення з метою отримання культур комах для наступного використання за реалізації програм, що пов'язано із біологічним пригніченням шкідливих

видів, та комах-запилювачів рослин, друге – розведення господарсько корисних видів комах-продуцентів сировини, харчових продуктів, медичних і біологічних препаратів, утилізаторів відходів та ін. [7, 9, 10].

Основні принципи підбору видів комах для стартових колоній ентомокультур ЦМК

Відомо, що успіх усіх програм технічної ентомології щодо масового розведення комах залежить від вдалого добору вихідного біоматеріалу для закладання культури [8]. Аналіз літературних джерел показав, що для підбору комах для створення стартових колоній слід керуватися такими положеннями.

1. Добір вихідного матеріалу за створення стартової колонії слід проводити способом випадкової вибірки особин з природних або лабораторних популяцій для проведення аналізу стану популяції і її відповідності вимогам майбутньої програми розведення.

2. Організувати детальний збір інформації про біологію, екологію, фізіологію, біохімію і генетику виду, що планується для введення в культуру. Вивчення популяційних характеристик (чисельності, щільності, величини ареалу) вихідної природної популяції.

3. Збирання вихідного матеріалу здійснювати на стадії діапаузи, що дає можливість детально вивчити характеристики особин. Враховують фази градації для видів, що дають спалахи масового розмноження.

4. Проведення детального оцінювання якості біоматеріалу на зараженість мікроорганізмами є одним з важливих показників придатності його використання як вихідного матеріалу для створення стартової колонії.

5. Проведення оцінювання якості біоматеріалу на стадії личинки, лялечки, імаго за відомими методиками. Основним показником якості можна вважати життєздатність особин на всіх стадіях розвитку і показник загальної життєздатності та перспективного росту чисельності популяції, що визначається за формулою Злотіна, Чепурної.

6. Для запобігання генетичній елімінації культури та збереженню її гетерогенності початковий розмір стартової колонії має бути не менше 25000 особин.

Обґрунтування асортименту ентомокультур ЦМК

Створення ЦМК комах підпорядковується основним програмам розведення, що може бути реалізовано у сучасному сільськогосподарському виробництві:

1. Розведення комах з наступним випуском у природу для підтримки шкідливих видів нижче порогу шкодочинності.

2. Розведення комах-продуцентів сировини, харчових продуктів, лікарських засобів; розведення комах-редуцентів (для переробки гною, промислових відходів та ін.).

Своєю чергою, програми першого циклу поділяються на кілька напрямів:

- виробництво ентомофагів для захищеного ґрунту;
- виробництво ентомофагів для відкритого ґрунту;
- виробництво фітофагів як корму для вирощування ентомофагів.

Якщо програма розведення передбачає тривалу підтримку культури або масове виробництво комах, найважливішою умовою її успішної реалізації є закладка племінної культури [7, 5, 11].

Племінне розведення починається з моменту надання культурі стабільних заданих властивостей. Його основним завданням є збереігання і поліпшення заданих властивостей у культурі впродовж тривалого часу.

Нині у племінній роботі з комахами може бути використано селекційно-генетичні прийоми оптимізації культур. Відбір і підбір пар схрещування за ознаками, пов'язаними з життєздатністю і продуктивністю:

- інтенсивність відродження і розвитку личинок, час виходу імаго і відкладання яєць;
- тривалість життя і опірність імаго до дії несприятливих чинників;
- стійкість окремих стадій розвитку комах до дії несприятливих/сприятливих факторів середовища;
- реакція на дію екологічних факторів (температуру, вологість, світло, хімічні речовини);
- чутливість самців до статевих феромонів;
- типовість поведінки;
- інтенсивність фізіологічних процесів.

Відбір і підбір пар

Відбір і підбір пар для схрещування за зумовленими генетично ознаками:

- гетерозисний ефект; гетерогенні схрещування; короткочасні і багаторазові спарювання; екологічні схрещування;
- «прилиття» крові;
- забарвлення яєць, забарвлення і малюнок гусениць (генетичні маркери селекціонованих ознак);
- співвідношення статей.

Ефективність племінної роботи багато в чому залежить від методів розведення комах. Найбільш поширений спосіб внутрішньопородного розведення – лінійне розведення. Лінія – це потомство, яке отримано від однієї пари особин способом тривалого цілеспрямованого відбору і тісно-родинного розведення. Такий матеріал набуває високу однорідність за морфологічними, біологічними і господарським ознаками.

Неспоріднене чистопородне розведення передбачає схрещування неспоріднених особин, що належать одній породі (породній групі, культурі). Таке розведення забезпечує підтримку гетерозиготності і високої життєздатності потомства, яку пов'язано з нею.

При внутрішньопородному неспорідненому розведенні вигодовують паралельно кілька сімей, відбирають кращі за селекціонованими ознаками сім'ї і схрещують особин-рекордистів з різних сімей.

Міжпородне розведення застосовують у селекції для створення нових порід для промислової гібридизації. Потомство, яке отримано при міжпородному розведенні, називають гібридним. Існують міжпородні, міжвидові і навіть міжродові гібриди.

Всі ці принципи використано при створенні племінних культур Центру, з яких відбираються маточні культури для біовиробництв [8, 11].

Прийняті культури ЦМК

Золотоочка звичайна (збірна назва комплексу видів) *Chrysoperla carnea* Steph. 1836 (рис. 2.1.1, *а, б*) належить до сітчастокрилих комах (*Neuroptera*) родини золотоочок (*Chrysopidae*).

Кінцевими продуктами виробництва є яйця та личинки (див. рис. 2.1.1, *б*) ентомологічного препарату «золотоочка звичайна» (далі – золотоочка), які одержують через розведення біологічного об'єкта в техноценозі. Поживне середовище – суміш метеликів та яєць зернової молі, які непридатні для зараження трихограмою. Ентомологічні препарати – яйця та личинки золотоочки застосовують у захищеному й відкритому ґрунті для захисту рослин від м'якотілих шкідливих комах та кліщів. Золотоочка знищує павутинних кліщів, попелиць, білокрилок, трипсів, яйця, які відкладено відкрито, й личинок лускокрилих та інших комах.

Трихограма *Trichogramma* sp. належить до родини *Trichogrammatidae* ряду перетинчастокрилих – *Hymenoptera.*

Кінцевим продуктом виробництва є яйця зернової молі (*Sitotroga cerealella* Oliv.), паразитовані трихограмою (*Trichogramma pintoi* Voeg., *T. evanescens* West., *T. semblidis* Auriv., *T. dendrolimi* Mats., *T. cacoeciae* March.), в них ентомофаг перебуває на стадії передлялечки, лялечки або сформованого імаго. Трихограму 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.

Бракон (*Habrobracon hebetor* Say 1857) (див. рис. 2.1.1, *в*). Ентомофага бракона за наявною технологією вирощують на гусеницях млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella* Zell.). Бракон – паразит комплексу совок (мальвової, капустяної, бавовняної), стеблового метелика та інших шкідників польових та овочевих культур (усього понад 60 видів гусениць лускокрилих).

Галиця афідіміза (*Aphidoletes aphidimyza* Rondani, 1847) належить до двокрилих комах (*Diptera*) родини галиць (*Ceccidomyidae*). Це космополіт, значно поширений в Європі, Азії та Америці.

Ентомологічний препарат – кокони галиці – застосовують у захищеному й відкритому ґрунті для захисту рослин від різних видів попелиць.

Звичайна злакова попелиця (*Schizaphis graminum* Rondani, 1852) належить до класу комахи (Insecta), ряду рівнокрилих (*Homoptera*) та родини попелиці афідіди (*Aphididae*). Попелиці є



а



б



в



г



д



е

Рис. 2.1.1. **Культури комах ЦМК** *(фото авторів, 2016–2020 рр.): а* – золотоочка звичайна у стадії імаго; *б* – золотоочка звичайна у стадії личинки; *в* – бракон у стадії імаго; *г* – міль зернова у стадії імаго; *д* – воскова міль у стадії імаго; *е* – млинова вогнівка у стадії імаго

основними шкідниками овочевих, зелених і квіткових культур захищеного ґрунту. Використовують як жертву для вирощування деяких ентомофагів у штучних умовах.

Міль зернова (*Sitotroga cerealella* Olivier, 1789) (див. рис. 2.1.1, *г*), родина виїмчастокрилі молі (*Gelechiidae*), ряд лускокрилі (*Lepidoptera*). Зернова міль – фітофаг, синантропний вид, комірний шкідник, що розводиться у зерносховищах. Розведення зернової молі спрямовано на одержання яєць, які застосовуються для паразитування трихограмою як корм для розведення хижих комах з метою використання їх у захисті рослин від шкідників та для відтворення власної популяції.

Воскова міль (*Galleria mellonella* Linnaeus, 1758) (див. рис. 2.1.1, *д*), родина вогнівки (*Phycitidae*), ряд лускокрилі (*Lepidoptera*). Воскова міль є шкідником бджільництва, гусениці руйнують стільники, живлячись воском, медом та пергою.

Розведення воскової молі спрямовано на одержання яєць, які застосовуються як корм для розведення хижих комах передусім хижих клопів – *Perillus biocularus* Fabv. та *Podisus maculiventris* Say., з метою використання їх у захисті рослин від шкідників та для відтворення власної популяції.

Млинова вогнівка (*Ephestia Anagasta kuehniella* Zeller, 1879) (див. рис. 2.1.1, *е*), родина вузькокрилі вогнівки (*Phycitidae*), ряд лускокрилі (*Lepidoptera*), шкідник усіх видів рослинних продуктів на складах.

Основними споживачами млинової вогнівки є біофабрики, що вирощують бракона, трихограму та хижих комах.

Отже, на цьому етапі досліджень виявлено 8 перспективних видів для створення маточних культур Центру. Вибір зумовлено:

- потребами сучасного сільського господарства за вирішення питань біологічної боротьби зі шкідниками;
- досконалим знанням біології та екологічних особливостей обраних видів;
- існуванням методик їх розведення в умовах техноценозу для отримання біоматеріалу у необхідній кількості та певного фізіологічного стану;
- розробкою способів ефективного застосування в системі захисту рослин від шкідників.

Культивування комах

Технологічна система – це сукупність функціонально пов'язаних предметів виробництва та виконавців технологічного комплексу для здійснення в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів. Масове розведення певного виду комах з метою відтворення та експлуатації лабораторної популяції здійснюється в рамках так званої біотехнологічної системи (БТС), в якій предметами праці є комахи на різних стадіях онтогенезу і сировина для їх харчування.

Технологічний комплекс (ТК) розведення ентомофагів – сукупність функціонально взаємопов'язаних засобів технологічного оснащення для виконання в регламентованих умовах заданих технологічних процесів.

Загалом біотехнологічний комплекс (БТК) – підсистема БТС. Основним завданням БТК є створення певних умов техноценозу для кожної культури [8, 9, 12]. У процесі виконання роботи визначено принципи створення техноценозів ЦМК і основні вимоги їх забезпечення.

Оцінювання якості ентомофагів ґрунтується на показниках, що визначають їх складний стан при культивуванні в умовах техноценозів. З одного боку, це ті якості, які дають можливість керувати процесами онтогенезу при промисловому розведенні на біофабриках та у біолабораторіях, тобто ті якості, які роблять їх значною мірою доместикованою культурою [7, 13, 14].

З другого боку, потрібно зберегти ті якості, заради яких створювалися племінні культури, тобто «польові».

Окрему групу комах становлять ентомофаги та акарифаги. Їх складно узагальнити, оскільки вони мають різне походження і завданням створення ентомокультур є закріплення в них «польових» якостей при гнучкій експлуатації в умовах техноценозів. Отже, технології їх культивування мають бути оптимізовані. Комахи легко відтворюються у штучних умовах та ефективні за експлуатації. Деякі показники для них можуть бути узагальнені:

- довжина розвитку преімагінальних стадій;
- дата початку розмноження;
- плодючість;

- статевий індекс;
- тривалість генерації;
- пошукова здатність;
- біотичний потенціал [7].

Загалом, ЦМК має підтримувати культури комах навіть одного класу з різними якостями для відповідності потребам замовників, перед якими стоять різні завдання з використання комах.

Культури комах-фітофагів можуть використовуватися для різних цілей, тому вимоги до них можуть значно відрізнятися. Комахи можуть у вигляді товарної продукції відбиратися з циклів на різних стадіях онтогенезу. Вимоги передусім стосуються тієї стадії, що необхідна для подальшого споживання (яйце, гусениця, лялечка, імаго). Окремо стоять вимоги до комах фітофагів, що використовуються у генетичному методі боротьби в системах біозахисту.

Параметри репродуктивного циклу, визначені в результаті досліджень, виступають у ролі технологічних показників, що характеризують кількісний та якісний взаємозв'язок між функціональними групами ентомокультури і структурними елементами – основними технологічними (апаратурними) ділянками репродуктивного та повного виробничого циклів, тобто є експлуатаційними характеристиками як ентомокультури, так і апаратів її культивування. Ці характеристики описуються за допомогою елементарних фізичних понять: чисельність, маса, об'єм, час і умовно поділяються на три групи.

Техноценоз ЦМК

Техноценоз ЦМК має певні складові:

- будівельні конструкції;
- основне виробництво;
- допоміжне виробництво;
- загальне інженерне забезпечення.

Вимогами до будівельних конструкцій є забезпечення необхідних об'ємів приміщень, тепло- та гідроізоляція.

Основне виробництво має забезпечувати такі вимоги складових техноценозів.

1. Об'єми проживання: для ентомофагів на різних стадіях онтогенезу, для фітофагів на різних стадіях онтогенезу та для зараження фітофагів ентомофагами [15].

2. Кліматичне забезпечення (загальне для приміщення або для окремих кліматичних камер): температура повітря; вологість повітря; газообмін; аерація; освітленість [7, 12].

3. Допоміжне обладнання: транспортне; дозувальне тощо.

4. Загальна асептична обробка приміщень.

Допоміжне виробництво має забезпечити потреби у поживних середовищах (натуральних або штучних), асептичне оброблення об'ємів проживання комах багаторазового використання та утилізацію відходів виробництва.

Загальне інженерне забезпечення Центру має включати постачання електроенергії, теплопостачання, вентиляцію, водопостачання, каналізацію, інтернет.

Концепція ЦМК

Місце ЦМК у системі захисту рослин

За розгляду питання створення Центрів маточних культур комах, що використовуються в біометоді, слід визначити їх структуру та визнати, що вона ґрунтується на двох напрямах.

Перший – це технічна ентомологія.

Технічна ентомологія – галузь прикладної ентомології, що ставить перед собою завдання вивчення теоретичних і практичних аспектів відтворення культур комах із заданими якостями. Вона ґрунтується на: фізіології, генетиці, екології та етології комах, екологічній фізіології, фізіологічній екології, екологічній та популяційній генетиці, селекції.

Культури комах із заданими якостями за своєю суттю – це і є племінні культури, створенню і підтримці яких присвячено діяльність певної частини Центру [7, 8, 10].

До цієї частини ЦМК слід зарахувати і структуру резерваторів комах, які забезпечують його необхідним первинним біоматеріалом, що є основою для створення племінних ентомокультур.

Отже, слід визнати, що створення і підтримки племінних культур ґрунтується на технічній ентомології.

Інша частина Центру підтримує маточні культури комах, що є базовим елементом промислової ентомології.

Промислова ентомологія – це науковий напрям, що ставить своїм завданням розробку наукових і практичних принципів експлуатації ентомокультур у промислових умовах з метою отримання товарної продукції у вигляді частини культур комах або продуктів їх життєдіяльності.

За своїми принципами промислова ентомологія є частиною біотехнології та ґрунтується на: технічній ентомології; теорії систем; принципах біотехнології; принципах розвитку промислових виробництв; принципах кліматичної і холодильної техніки; теоретичній метрології; теоретичних і практичних основах автоматизації і механізації технологічних процесів; теоретичних основах інформаційного забезпечення; технології машинобудування; принципах стандартизації виробничих процесів.

Галузь промисловості, як відомо, являє собою сукупність підприємств, що характеризується єдністю економічного призначення продукції, що виробляється, однорідністю матеріалів, що використовуються, спільністю технічної бази та технологічних процесів, специфічним професійним складом кадрів, специфічними умовами праці.

Усім цим вимогам відповідає система виробництв засобів біологізації рослинництва, що дає можливість виокремити її у самостійну галузь промисловості. При цьому весь цей напрям виробництва включає в себе всі форми організації виробництва:

- концентрацію, тобто процеси зосереджено на великих підприємствах в оптимальних розмірах, саме у випуску устаткування для біофабрик і біолабораторій, випуску окремих засобів, потреба в яких велика в усіх регіонах України;
- спеціалізацію – процеси зосередження певних видів продукції на окремих підприємствах, що показує потребу деяких регіонів у випуску окремих видів засобів біологізації;
- комбінування – об'єднані на окремому підприємстві кілька спеціалізованих виробництв ентомологічних засобів захисту рослин.

Крім того, слід визнати, що промислова ентомологія сформувалась як напрям промисловості, що має однотипні технології і своє коло споживачів [13, 14].

Отже, Центри маточних культур є ланцюгом, що пов'язує між собою технічну й промислову ентомологію, і є початковим елементом у створенні біотехнологічних систем, які є основою біофабрик і біолабораторій, що забезпечують біометод ентомологічними засобами захисту рослин, та є базою для створення, наприклад, вірусних інсектицидів.

Структура Концепції ЦМК

Як відомо, Концепція складається з визначення провідних ідей, завдань Центру та системи способів їх вирішення (рис. 2.1.2) [15].

Захист рослин за допомогою біологічних методів неможливий без системи біофабрик та біолабораторій, що випускають біозасоби, одним з основних елементів яких є комахи-ентомофаги. Організації, що застосовують біозасоби у захисті рослин, зацікавлені у якісній товарній продукції. Для забезпечення якості кінцевої товарної продукції біовиробництв потрібний якісний стартовий матеріал, тобто якісні маточні культури комах. Маточні культури є часткою племінних ентомокультур, які створюються, стабільно та постійно підтримуються в певних лабораторіях Центру.

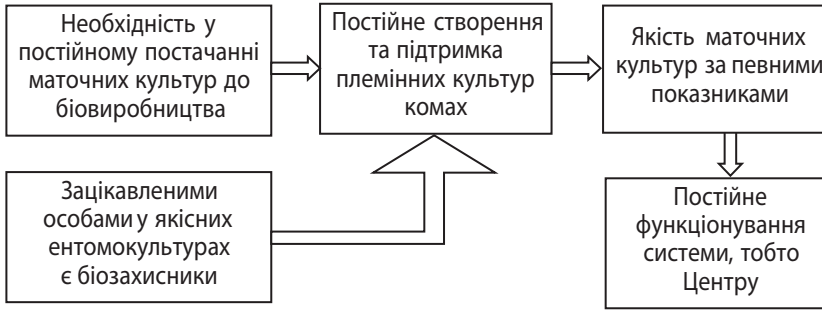


Рис. 2.1.2. **Структура концепції**

Для постійного контролю за якістю культур комах при Центрі необхідне створення лабораторії якості як племінних, так і маточних ентомокультур за певними показниками, що визначаються для

кожної культури. Така структура забезпечить постійне та стабільне функціонування Центру як системи і забезпечить якісними маточними культурами біовиробництва свого регіону. Після того, як визначено місце ЦМК та структури Концепції його створення, розглянемо програму її реалізації (рис. 2.1.3).

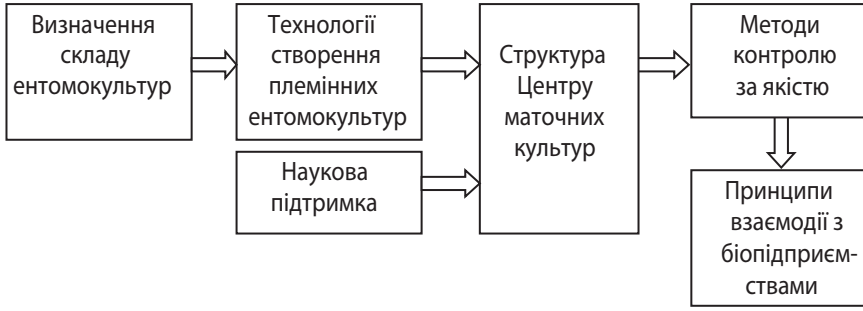


Рис. 2.1.3. **Програма досягнення мети**

Для забезпечення якості прийнятих ентомокультур розроблено технології створення племінних ентомокультур, які ґрунтуються на загальних принципах технічної ентомології.

Забезпечення стабільного функціонування ЦМК ґрунтується на науковій підтримці таких установ, як Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, який займається ідентифікацією ентомокультур, що використовують у роботі Центру (відділи: систематики ентомофагів та екологічних основ біометоду, акарології, загальної та прикладної ентомології). До другої групи наукових організацій входять інститути НААН: Захисту рослин (сектор застосування ентомофагів), Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» (відділ промислової ентомології). Завданням цих інститутів є розробка технологій створення та використання ентомофагів для захисту рослин та контролю за якістю ентомокультур.

На основі такої наукової та технологічної бази пропонується структура Центру, до якої будуть входити лабораторії створення та підтримки наведених вище ентомокультур, резерватори (база для відбору культур комах, які буде використано за створення та підтримки племінних культур комах), лабораторія якості ентомокультур, інженерне забезпечення умов техноценозів для комах.

ЦМК має отримати методичну, технологічну документацію розведення племінних культур базового асортименту, а також комп'ютерну базу даних на їх основі.

Центр необхідно забезпечити стабільною фінансовою підтримкою та кваліфікованими кадрами, визначити принципи взаємодії з біопідприємствами та контроль з боку Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів.

Загальна структура Центру

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) має для ЦМК певну інженерну базу (її необхідно розширити), розроблено технологічні регламенти напрацювання широкого спектра ентомокультур, розроблену і частково затверджену нормативну базу: ДСТУ 7878:2015; ДСТУ 8450:2015; ДСТУ 8668:2016; ДСТУ 8669:2016; ДСТУ 8632:2016; ДСТУ 5616:2005; СОУ 74.3-37-264:2005, шість ТУ У.

Розроблено методики розрахунків технологічних процесів виробництв ентомофагів та фітофагів, що є основою для їх культивування в умовах техноценозів. Вченими інституту розроблено загальні принципи створення та функціонування біотехнологічних систем у промисловій ентомології та окремих їх складових.

Після того, як визначено основні принципи створення та функціонування Центру, слід зупинитись на основних принципах проєктування та функціонування реального ЦМК комах при ІТІ «Біотехніка» НААН. Нині змінюються не лише об'єкти проєктування, змінюється й сама сутність проєктної діяльності, яка стає досить складною, потребує організації та управління. При цьому відбувається розчленування проєктування складної технічної системи за такими ознаками: за спеціалізацією підсистем; у відповідності за сформованими організаційними підрозділами. Процес проєктування має певні етапи [16, 17].

Запропоновано для вирішення питань розробки проєктування та функціонування ЦМК комах використати системотехніку, тобто розробити системно-технічний проєкт Центру. Етапи розробки ЦМК як системи ґрунтуються на загальних принципах системного

проєктування. З початку було розроблено функціональну модель ЦМК комах у вигляді схеми (рис. 2.1.4).

Першочерговим завданням є створення племінних культур, що визначено при започаткуванні Центру. Першим етапом є створення лабораторних культур, за основу розробки яких покладаються культури комах, що відбирають з відповідних резерваторів, де вони підтримуються в природних умовах. На основі лабораторних культур утворюються еліти та супереліти відповідних ентомокультур, з яких на основі стабілізації вибраних параметрів створюються та підтримуються племінні культури.

Наступним етапом є відбір та підтримка відповідних маточних культур комах, що стають товарною продукцією ЦМК і поставляються на промислові виробництва, де вони стають основою для культивування і, своєю чергою, отримана продукція стає товаром для них.

Після того, як визначено принципи функціонування Центру, на їх базі розроблено структурну модель (рис. 2.1.5) з визначеним



Рис. 2.1.4. **Функціональна модель ЦМК**

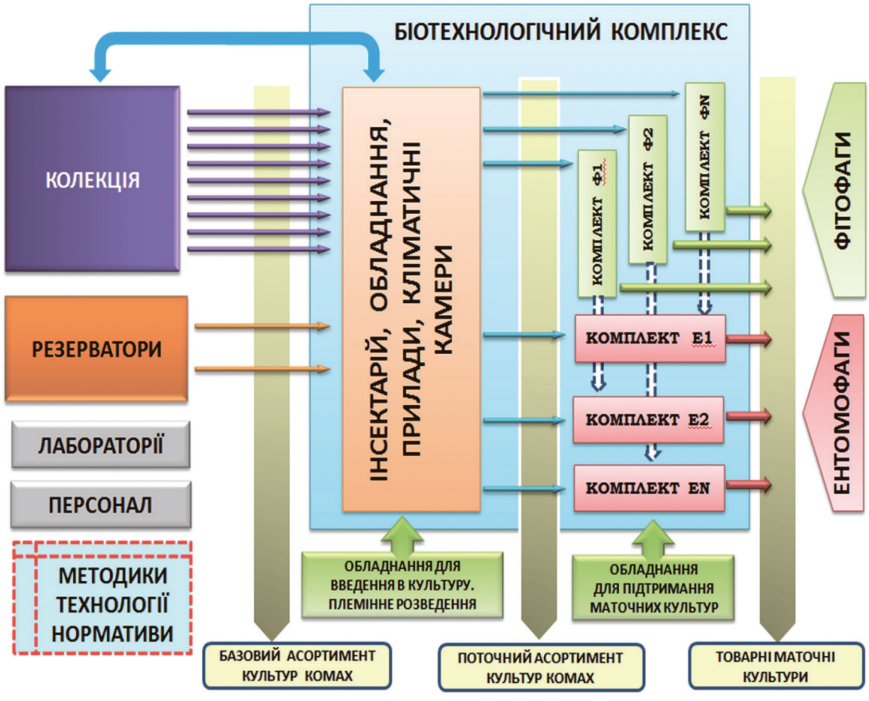


Рис. 2.1.5. **Структурна модель ЦМК комах**

набором структурних одиниць та способами їх поєднання, що дає можливість реалізувати функції, покладені на систему. Вона включає в себе колекцію культур, резерватори, лабораторії, персонал, технологічне нормативне забезпечення.

Створення ентомокультур відбувається у біотехнологічному комплексі, який складається з біотехнологічних систем створення кожної необхідної структури.

Системно-технічний проєкт дає змогу комплексно вирішувати питання створення будь-якої системи. А Центр – це система. Для вирішення завдань, що стоять перед ЦМК, було розроблено:

- функціональну модель ЦМК, у якій визначено загальні принципи створення та підтримки племінних ентомокультур, контролю за племінними та маточними культурами;

- на основі функціональної моделі було розроблено структурну модель, яка визначила принципи та методи реалізації функціональної моделі;
- визначено технологічне та теоретичне забезпечення ЦМК, зокрема принципи створення техноценозів для ентомокультур Центру;
- способи фінансування ЦМК;
- підпорядкованість ЦМК, його контроль та кадрове забезпечення.

Він складається з приміщень та обладнання для підтримки процесів онтогенезу комах та допоміжного устаткування, що створює необхідні умови цих процесів. Устаткування є як для створення та підтримки племінних та маточних культур комах ентомофагів, так і фітофагів.

В Інституті визначено методи культивування ентомокультур в умовах техноценозів, принципи та методи забезпечення техноценозів ЦМК, на базі яких розроблено методики культивування культур комах, що входять до складу Центру.

Проєкт ЦМК

На основі системно-технічного проєкту було розроблено проєкт розміщення та оснащення прийнятих лабораторій ентомокультур, які на сьогодні складають структуру ЦМК комах при ІТІ «Біотехніка» НААН.

Основні приміщення для напрацювання племінних культур, що є базою для товарної продукції Центру, який забезпечує маточними культурами біовиробництва Півдня України, розташовано на двох поверхах будівлі інституту (рис. 2.1.6, 2.1.7).

Лабораторний комплекс Центру ґрунтується на загальних принципах створення та функціонування біотехнологічних систем у промисловій ентомології та окремих їх складових, розроблених в Інституті. Загальні принципи створення окремих племінних культур комах розглянуто раніше.

Розглянемо питання будівельної структури, яка забезпечує можливість розміщення біолабораторій напрацювання окремих ентомокультур.

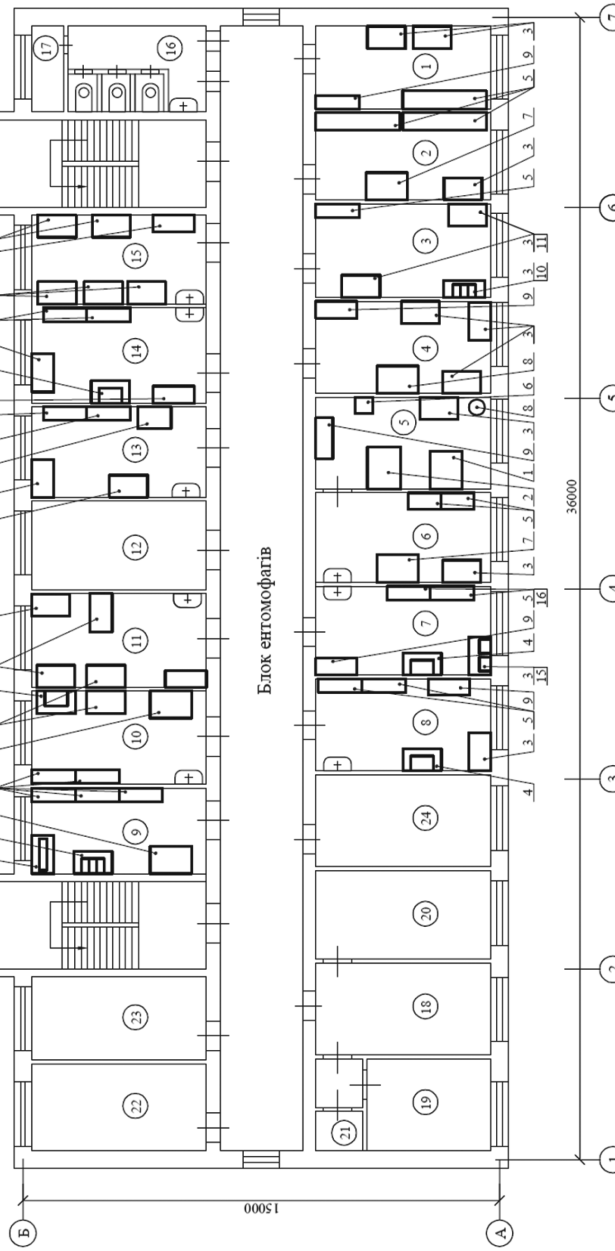


Рис. 2.1.6. **Блок ентомофагів:** *1* – лаборантська; *2* – вирощування трихограми еванесценс (*Trichogramma evanescens* (Westwood, 1833)); *3* – аналітична лабораторія вирощування трихограми еванесценс; *4* – робоча кімната; *5* – вирощування бракона (*Habrobracon hebetor* (Say, 1836)), виготовлення брикетів; *6* – аналітична лабораторія вирощування бракона; *7* – вирощування галиць афідімізи (*Aphidoletes aphidimiza* (Rondani, 1847)); *8* – аналітична лабораторія вирощування галиць афідімізи; *9* – вирощування трихограми пінтої (*Trichogramma pintoi* (Voegele, 1982)); *10* – аналітична лабораторія вирощування трихограми пінтої; *11* – кабінет зав. лабораторії; *12* – дільянка підготовча; *13* – розведення золотоочка (*Chrysoperla* (=*Chrysopa*) *Carnea* (Stephens, 1836)); *14* – аналітична лабораторія розведення золотоочки; *15* – робоча кімната персоналу; *16* – вбиральня; *17* – душова з роздягалкою; *18* – приймальня; *19* – кімната відпочинку; *20* – кабінет директора; *21* – вбиральня

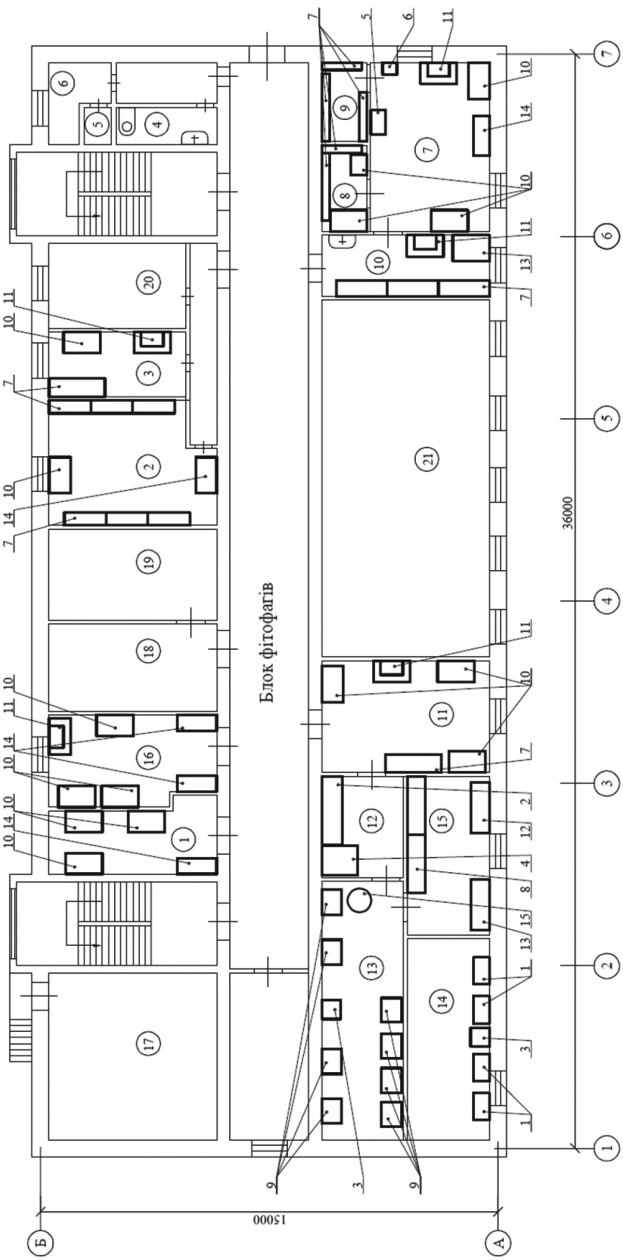


Рис. 2.1.7. **Блок фітофагів:** *1* – робоча кімната; *2* – вирощування злакової попелиці (*Schizaphis gramінum* (Rondani, 1852)); *3* – аналітична лабораторія вирощування злакової попелиці; *4* – вбиральня; *5* – душ; *6* – роздягалка; *7* – ділянка підготовча; *8* – вирощування млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879)); *9* – вирощування великої воскової молі (*Galleria mellonella* (L., 1758)); *10* – аналітична лабораторія вирощування млинової вогнівки та великої воскової молі; *11* – аналітична лабораторія вирощування зернової молі; *12* – ділянка підготовча; *13* – ділянка зараження зерна; *14* – ділянка отримання імаго зернової молі; *15* – ділянка отримання імаго яєць зернової молі; *16* – лаборантська

На другому поверсі розташовано лабораторії та відбувається вирощування й аналітичні дослідження таких ентомокультур ентомофагів:

- трихограми еванесценс (*Trichogramma evanescens*) – приміщення № 1–3;
- бракона (*Habrobracon hebetor*) – приміщення № 4–6;
- галиці афідімізи (*Aphidoletes aphidimiza*) – приміщення № 7–9;
- трихограми пінтої (*Trichogramma pintoi*) – приміщення № 9, 10;
- золотоочки звичайної (*Chrisoperla Carnea*) – приміщення № 13, 14.

Крім того, на цьому поверсі розташовано приміщення персоналу лабораторій та керівництва інституту.

Приміщення підвального поверху використовуються для напрацювання фітофагів:

- звичайної злакової попелиці (*Schizaphis graminum*) – приміщення № 1–3;
- великої воскової молі – приміщення № 7–10;
- зернової молі (*Sitotroga cerealella*) – приміщення за № 11–15.

Крім того, у підвалі розташовано приміщення для персоналу.

Кожне приміщення для створення ентомокультур оснащено основним та допоміжним обладнанням, що забезпечує реалізацію технологічних процесів (*табл. 2.1.1, 2.1.2*).

Варто зауважити, що всі лабораторії обох поверхів забезпечено загальноінженерними структурами: електроенергією, теплом, вентиляцією, водопостачанням, каналізацією, Інтернетом.

Розроблені вище принципи становлять концепцію ЦМК комах. З огляду на ситуацію, що склалася на сьогодні з проблемами контролю за застосуванням засобів захисту рослин в Україні, постає завдання визначення Центрів маточних культур у межах систем виробництва біологічних засобів захисту рослин.

Таблиця 2.1.1. **Обладнання блока ентомофагів**

№ з/п	Обладнання	Кількість, шт.
1	Марміт	1
2	Стелаж для брикетів	1
3	Стіл	19
4	Стіл лабораторний	5
5	Стелаж	17
6	Термостат	1
7	Холодильник	5
8	Центрифуга	1
9	Шафа	7
10	Мультиплікатор	2
11	Визначник якості	2
12	Блок вентиляційний	1
13	Стелаж для сажків з личинками	1
14	Стелаж для сажків імаго	1
15	Сажок для розведення галиці	1
16	Підставка під піддони	1

Таблиця 2.1.2. **Обладнання блока фітофагів**

№ з/п	Обладнання	Кількість, шт.
1	Бокс	4
2	Ємність технологічна	1
3	Зволожувач	2
4	Кондиціонер	1
5	Кормоподрібнювач	1
6	Пристрій для збору метеликів	1
7	Стелаж	15
8	Стелаж: для сажків	2
9	зараження	8
10	Стіл	15
11	Стіл: лабораторний	5
12	маніпуляційний	1
13	Шафа витяжна	2
14	Шафа	5
15	Установка безкасетного розведення молі	1

Висновок

Успішна реалізація цільових програм технічної ентомології можлива лише за умов теоретичного обґрунтування та практичного втілення методик створення маточних культур комах. З цією метою в ІТІ «Біотехніка» НААН було проведено комплексні дослідження, результатом яких стало створення при інституті Центру маточних культур (ЦМК) комах.

До Центру було включено вісім перспективних видів комах: фітофагів і ентомофагів. Добір видів було зумовлено як потребами сучасного сільського господарства при вирішенні питань біологічної боротьби зі шкідниками, так і наявністю методик їх розведення в умовах техноценозу для отримання біоматеріалу у необхідній кількості та певного фізіологічного стану.

Підтримання належної якості ентомокультур є однією з важливих завдань Центру. Для постійного контролю за якістю при ЦМК було створено спеціальну лабораторію якості. Оцінювання якості відбувається як для племінних, так і для маточних ентомокультур за показниками, що визначають їх стан при культивуванні в умовах техноценозів.

Центри маточних культур є ланцюгом, що пов'язує між собою технічну і промислову ентомологію. Вони є початковим елементом у створенні біотехнологічних систем – основи біофабрик і біолабораторій. З огляду на ситуацію, що склалася на сьогодні в Україні з контролем застосування засобів захисту рослин, створення ЦМК у межах систем біовиробництв є важливим завданням.

Список використаних джерел до підрозділу 2.1

1. *Бойчук Ю. Д.* Принципи і методи добору вихідного матеріалу для культивування комах: автореф. дис. … канд. біол. наук: 03.00.09. Харків. держ пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. Харків, 1996. 25 с.
2. *Головко В. А., Чепурная Н. П., Злотин А. З.* Селекция и контроль качества культур насекомых. Харьков: Оригинал, 1995. 169 с.
3. *Гринберг Ш. М.* Научные основы биотехнологии производства и применения трихограммы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ленинград, 1991. 56 с.
4. *Злотин А.З.* Техническая энтомология. Киев: Наукова думка, 1989. 182 с.

5. *Злотин А.З., Тремлъ Н.А., Ковалик А.И.* Приемы повышения продуктивности зерновой моли. *Докл. ВАСХНИЛ*. 1986. № 7. С. 21–22.
6. *Злотин А. З.* Селекция насекомых. *Энтомология*. Т. 10. Москва: ВИНИТИ, 1990. 70 с.
7. *Маркіна Т. Ю.* Теоретичні основи підтримання гомеостазу штучних популяцій комах і способи управління їх станом: автореф. дис. … д-ра біол. наук: 03.02.16. Дніпропетровський нац. ун-т ім. О. Гончара. Дніпропетровськ, 2016. 48 с.
8. *Ткачук А. П., Ким М. В., Савицкий В. Ю., Савицкий М. Ю.* Перспективы использования трансгенных насекомых в программах биоконтроля. *Журнал общей биологии*. 2011. Т. 72. № 2. С. 93–110.
9. *Руснак А. Ф.* Некоторые аспекты генетики и стратегии массового разведения трихограммы (*Hymenoptera, Tricliogramtna*). *Трихограмма в защите растений.* Москва: Агропромиздат, 1988. С. 22–35.
10. *Руснак А.Ф.* Эффективная численность стартовой колонии и пути ее увеличения. *Трихограмма (биология, разведение, применение)*: тезисы докл. второго Всесоюз. конф. по трихограмме (14–18 октября 1985, г. Кишинев). Кишинев: Штиинца, 1985. С. 7–8.
11. *Шагов Е. М., Новикова Л. К.* Особенности формирования культур насекомых с заданными биологическими свойствами в условиях технобиоценоза. *Сельскохозяйственная биология.*1985. № 6. С. 86–89.
12. *Raubenheimer D., Rothman J. M.* Nutritional ecology of entomophagy in humans and other primates. *Annu. Rev. Entomol*. 2013. V. 58. P. 141–160.
13. *Крутякова В. И.* Биотехнологический комплекс разведения маточных культур энтомофагов для биологической защиты растений. *Биологическая защита растений: успехи, проблемы, перспективы*: материалы докл. XII сессии Ген. ассамб. ВПРС МОББ (24–27 апреля 2017, г. Санкт-Петербург). Санкт-Петербург: ФГБНУ ВИЗР, 2017. С. 183–186.
14. *Шейкин Б. М., Бельченко В. М., Беспалов И. Н., Шейкина Е. Б.* Биотехнологические системы в промышленной энтомологии. *Защита растений*: сб. науч. тр. 2014. № 38. С. 245–250.
15. *Системное* проектирование в машиностроении: метод. пособ.; сост. Л. Б. Аксенов. Санкт-Петербург, 2011. 54 с.
16. *Гослинг У.* Проектирование технических систем. Москва: Дело, 1991. 176 с.
17. *Хорошев А. Н.* Основы системного проектирования технических объектов. Москва: МФТИ, 2011. 125 с.

2.2. Створення маточної культури ентомофага *Trichogramma dendrolimi* Matsu. для промислового виробництва ентомологічного засобу захисту плодових культур від листовійок

Молчанова О. Д., Баркар В. П.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Трихограма (*Trichogramma*) – ентомофаг, яйцеїд використовується для регуляції чисельності шкідливих лускокрилих (різні види совок, біланів, вогнівок, листовійок, плодожерок тощо) на зернових, зернобобових технічних та овочевих культурах, багаторічних травах, у садах тощо. Напрацювання трихограми високої якості є нагальним завданням виробників ентомопродукції. Використання маточних культур трихограми дає змогу підвищити продуктивність промислового розведення на 35–40 % завдяки підвищенню виживання та плодючості. На сьогодні у світі масово застосовують *Trichogramma pintoi* Voegelé, 1982*, Trichogramma evanescens* Westwood, 1833 та *Trichogramma brassicae* Bezdenko, 1968. Ці види ентомофага ефективно знищують шкідників у різних ярусах трав'яних рослин та кущів.

Плодові сади в Україні займають близько 250 тис. га. *Trichogramma dendrolimi* Matsumura, 1926 – дендрофільний вид, який добре пристосований для пошуку та знищення листовійок та яблуневої плодожерки у садах. Цей вид ентомофага є одним з найефективніших біологічних засобів захисту плодових культур від лускокрилих. Тому при введенні цього виду трихограми у систему біологічного захисту рослин України постало питання розробки технології формування його маточної культури. В організаційному плані для формування маточних культур рекомендують передбачити спеціалізовані біолабораторії, у яких виконують масове розведення основних живителів трихограми (совок (*Noctuidae*), огнівок (*Pyralidae*), листовійок (*Tortricidae*)). Також створюють на яйцях цих хазяїв маточну культуру трихограми (еліту) та потім передають іншим лабораторіям, де напрацьовується промислова культура трихограми на яйцях зернової молі та її реалізація.

Створення лабораторної культури

Збирання трихограми в природних умовах

Зимують представники роду у фазі передлялечки в яйцях совок, п'ядунів, коконопрядів, пильщиків, біланів. У трихограми, як і в інших багатоїдних паразитичних перетинчастокрилих, не спостерігається синхронності в розвитку з живителем. Критичним в їх розмноженні у помірному поясі внаслідок обмеженості кількості живителів наприкінці сезону є період формування зимувального запасу [1, 2].

Формування стартової колонії *T. dendrolimi* Matsu. здійснювали способом збирання паразитованих трихограмою в природних умовах яєць та ідентифікації видів у кожній кладці окремо [3]. Враховуючи можливості локальної адаптації популяції, засновників для створення культури бажано збирати в районі майбутнього застосування біологічного агенту або близькому до нього [4–9]. Збирання діапаузуючої трихограми здійснювали в холодну пору року (з січня по березень) у приватних садочках Біляївського району Одеської області. У садочках, в яких останні два роки не випускали трихограму для захисту від лускокрилих.

Пошук хазяїв, паразитованих трихограмою, займав значний час для обстеження біотопів. Кладки яєць листовійок зазвичай було розміщено на корі стовбура (частіше гладенькій поверхні), у розвилках гілок або на найтовстіших гілках дерева. Щоб не пошкодити яйця, паразитовані трихограмою, їх вирізали з частиною кори стовбура. За цей період було зібрано понад 120 кладок листовійок.

У лабораторії для зменшення ураження кладок грибками їх поверхню стерилізували, зануривши на 5–10 хв у 3 %-й перекис водню, після чого промивали дистильованою водою [10]. Яйця підраховували, розділяли на групи та розміщували у пробірки. Кладки та окремі яйця утримували індивідуально, що пов'язано з можливістю паразитування навіть однієї кладки кількома видами трихограми [11–13]. Кладки яєць можуть бути не цілком заселено трихограмою, гусениці біланів та багатьох совок після відродження поїдають свій хоріон, а іноді й яйця, розміщені поблизу. Важливо своєчасно видалити відроджених гусениць, а яйця, що залишились, знов помістити у пробірку [14–16].

Кожну кладку переносили в окрему пробірку. Для реактивації діапаузуючої трихограми з біоматеріалу, який зібрано в холодний період року, створювали гігротермічні умови за відомою методикою. Для запобігання висиханню яєць в пробірки поміщали ватні тампони, змочені водою. Щодня матеріал необхідно перевіряти на наявність відродженої трихограми і личинок живителя. Зазвичай личинки господаря з непаразитованих яєць з'являються за 6–7 діб раніше трихограми.

З кожної яйцекладки відродилися від 1 до 4 особин ентомофага. Їх розташовували окремо та додавали паперові смужки з яйцями зернової молі. Після отримання нащадків з кожної пробірки для аналізу відбирали по одній особині самців і самок та робили препарат для швидкого використання за допомогою лугу. За час досліджень виготовлено 15 постійних препаратів трихограми з використанням канадського бальзаму та 50 тимчасових препаратів [13, 17].

Введення *T. dendrolimi* Matsu. в культуру

Імаго, що відродилися з пробірок та ідентифіковано як *T. dendrolimi* Matsu., було використано для подальшого введення в лабораторну культуру.

За створення стартової колонії не можна відгородитися від домішок інших видів трихограми. У результаті чого один вид цілком витісняє інший із лабораторної культури. Тому на стадії створення культури виду потрібно здійснювати жорсткий видовий контроль яйцеїда і підтримку чистоти культури. Для створення маточної культури необхідно використовувати приміщення, що ізольовано від приміщень, в яких здійснюють культивування інших видів трихограми. Введення в культуру здійснювали за схемою (рис.2.2.1).

У процесі культивування трихограми використовували свіжовідкладені яйця зернової молі або ті, що зберігались при температурі (3±1) °С і відносній вологості (80±5) % не більше 10 діб. Яйця попередньо очищали від пилу, екскрементів, сухих зламаних вусиків і ніжок метеликів. Наносили яйця на внутрішні стінки скляних ємностей, а за використання пробірок, поки культура в малому об'ємі, на смужки паперу. Смужки змочували водою з одного боку та прикладали до яєць, які шаром розміщались у чашці Петрі. Після

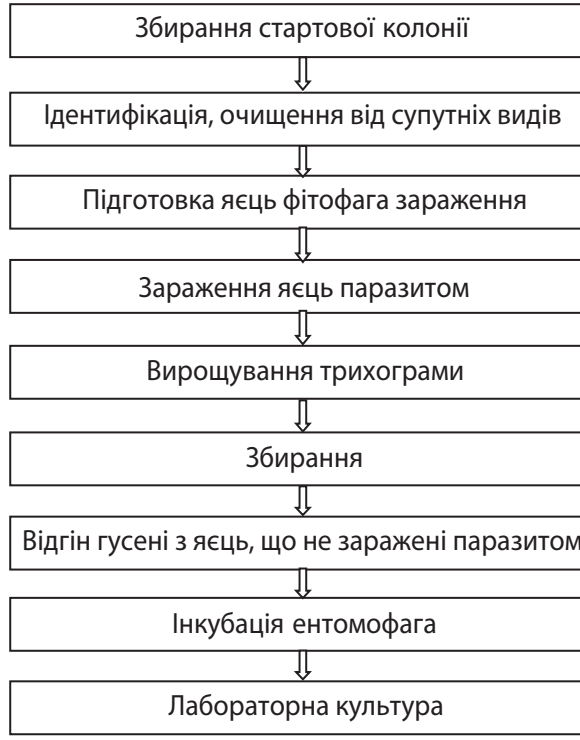


Рис. 2.2.1. **Схема введення в культуру *T. dendrolimi* Matsu.**

цього в ємності або пробірки з яйцями живителя вносили відроджену трихограму. Співвідношення самок трихограми до яєць зернової молі при зараженні становила 1:20. Впродовж двох діб процес зараження проходив при константних гігротермічних режимах: температурі повітря (25±1) °С, відносній вологості (70±5) %.

Освітлення поверхонь із нанесеними яйцями живителя було рівномірним. Термін утримання – до почорніння яєць.

Після почорніння яєць, що паразитовано трихограмою, їх змітали з поверхонь м'якою щіткою або разом зі смужками паперу розміщували на паперових підстилках (пластикових кюветах) над водою для відгону гусениць. Потім яйця просіювали через сито з вічками 1 × 1 мм, коли паразитовані яйця на смужках – їх там само й залишали.

Очищені яйця з паразитом розфасовували у пакети і розміщували у термостат для подальшої інкубації. Інкубацію здійснювали в термостаті при температурі (25±1) °С, відносній вологості повітря (70±5) %, фотоперіоді 16:8. Після отримання імаго паразита приступають до наступного циклу розведення ентомофага.

Фітофаги для формування маточної культури

Проведено порівняння біологічних показників *T. dendrolimi* Matsu., які вирощено впродовж послідовних поколінь, отриманих на різних живителях. Дослідження було проведено з лабораторною культурою дендролімі нащадками другого покоління, яку вирощено на яйцях зернової молі. Метою дослідів було визначити найпривабливішого живителя, при вирощуванні на якому біологічні показники ентомофага будуть мати стабільні біологічні показники та зберігатимуть їх найбільшу кількість поколінь. Для дослідів було використано яйця млинової вогнівки та зернової молі лабораторних живителів, а також яйця капустяної совки природної популяції. Для отримання яєць капустяної совки використовували імаго фітофага, яких збирали за допомогою світлової пастки. Отриманий біоматеріал ідентифікували та відбирали метеликів капустяної совки. Метеликів розміщували у садки розробки Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН (рис. 2.2.2).

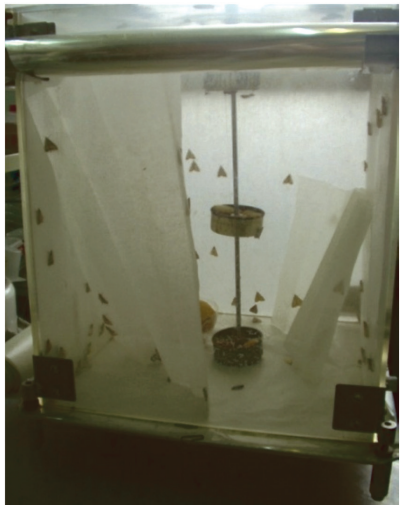


Рис. 2.2.2. **Пристрій для отримання яєць капустяної совки**

Бокові та верхні поверхні виконано з прозорого матеріалу, як яйцеприймач використовують паперові стрічки. В садку передбачено ємності для годування метеликів. Годування здійснювали розчином меду з масовою часткою меду 20 %. У садок для метеликів розміщували імаго капустяної совки, збирання яєць проводили один раз на добу. Яйцекладки вирізали разом зі шматочками паперової стрічки.

Отримані яйця використовували одразу для зараження паразитом або після короткочасного зберігання.

Під час дослідів визначались такі біологічні показники:

- заселення яєць хазяїна;
- відроджування з яєць, що паразитовано трихограмою;
- частка самок;
- середня плодючість однієї самки.

Визначено, що на яйцях капустяної совки природної популяції біологічні показники були вище, ніж на млиновій вогнівці та зерновій молі, зберігалися постійними найбільшу кількість поколінь (*табл. 2.2.1–2.2.3*). За вирощування на яйцях зернової молі біологічні показники погіршувались після п'ятого покоління, вирощені на яйцях млинової вогнівки – після сьомого покоління, за вирощування на яйцях капустяної совки природної популяції – після десятого покоління. Але отримання яєць з комах природної популяції за необхідності формування маточної культури потрібні у великому об'ємі, що дуже трудомістко та потребує багато часу.

Таблиця 2.2.1. **Біологічні показники *T. dendrolimi* Matsu., вирощених на яйцях зернової молі впродовж послідовних поколінь**

Показник	№ генерації										
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}
Заселення, %	89	85	79	78	78	73	74	70	65	63	63
Відродження, %	92	85	81	80	81	78	75	75	73	73	73
Частка самок, %	65	63	63	63	63	60	55	55	55	51	50
Плодючість самок, яєць/самку	34	34	34	33	34	31	32	33	30	29	27

Тому яйця капустяної совки потрібно використовувати лише для пасажування ентомофага в процесі формування маточної культури *T. dendrolimi* (далі – МКТд). За порівняння вирощування ентомофага на яйцях млинової вогнівки та зернової молі визначено, що плодючість паразита на яйцях млинової вогнівки вища, ніж на яйцях зернової молі на 20 %, а також біологічні показники не погіршуються впродовж восьми поколінь, на яйцях зернової молі показники погіршуються на п'ятому поколінні.

Для формування маточної культури обрано млинову вогнівку на стадії яйця та для пасажування паразита яйця капустяної совки природної популяції.

Таблиця 2.2.2. **Біологічні показники *T. dendrolimi* Matsu., вирощених на яйцях млинової вогнівки впродовж послідовних поколінь**

Показник	№ генерації										
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}
Заселення, %	95	96	96	96	95	95	93	89	85	85	85
Відродження, %	96	91	92	90	92	88	88	80	81	82	80
Частка самок, %	68	67	66	67	67	67	64	60	55	55	55
Плодючість самок, яєць/самку	58	58	57	57	58	56	56	50	45	45	47

Таблиця 2.2.3. **Біологічні показники *T. dendrolimi* Matsu., вирощених на яйцях капустяної совки впродовж послідовних поколінь**

Показник	№ генерації										
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}
Заселення, %	95	93	94	93	94	94	93	92	92	93	85
Відродження, %	95	92	91	90	92	91	90	91	90	90	84
Частка самок, %	67	65	66	66	65	66	65	65	64	65	60
Плодючість самок, яєць/самку	116	118	118	116	117	115	114	113	113	113	111

Методи відбору для формування маточних культур

Формування ефективної робочої культури трихограми багато в чому визначається якістю її маточної культури. При формуванні маточної культури заданої якості необхідно здійснювати відбір за біологічними показниками, які дадуть можливість зробити масовий відбір.

Суть масового відбору за поведінковими реакціями полягає в тому, що особини трихограми, які виявляють необхідний рівень активності, отримують можливість паразитувати яйця хазяїна, тоді як слабкі особини елімінуються. Метод відбору за пошуковою активністю засновано на обчисленні співвідношення уражених (або

паразитованих) яєць хазяїна до загальної кількості яєць, які придатні для ураження в інтегральному визначнику якості («ОКИ-2») (рис. 2.2.3).

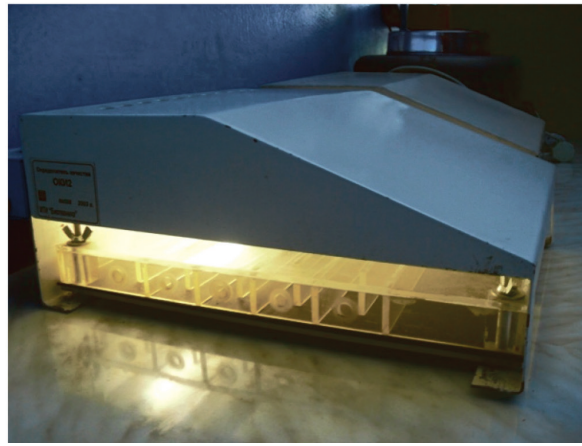


Рис. 2.2.3. **Інтегральний визначник якості**

З культури трихограми відбирають три проби по 100 яєць, що паразитовано трихограмою. Кожну пробу розміщують в окрему ємність, закривають та ставлять у термостат (температура повітря – 25 °С, відносна вологість повітря – 80 %) для інкубації. Після відродження трихограми ємності з комахами переносять у камеру визначника якості. З іншого боку камери розташовують карточку з яйцями зернової молі (співвідношення паразит-хазяїн – не менше 1:20). Картку з паразитованими яйцями розміщують у термостаті за тих самих умов. Після почорніння яєць підраховують кількість уражених яєць зернової молі та загальну кількість яєць.

Відбір за активністю руху здійснюють, використовуючи сепаратор за активністю руху (рис. 2.2.4), який складається зі скляної затемненої відгінної ємності, прозорої вінілової трубки, внутрішній діаметр якої близько 3 мм, завдовжки два і три метри. На протилежному її кінці, який направлено до джерела світла, трубка відкривається у ємність-приймач (0,25 л) з нанесеними на його стінки яйцями живителя. Комахи першої доби сепарації – вищої якості порівняно з трихограмою подальших днів сепарації та несепарованою.



Рис. 2.2.4. **Сепаратор за активністю руху**

Яйця для зараження трихограмою наклеюють на стінки ємності-приймача, змоченого вологою ганчіркою, якщо вони не перебувають на паперовому або іншому субстраті для відкладання яєць фітофагами, або вкладають в ємність разом з субстратом.

Подальший розвиток трихограми в яйцях живителя відбувається при гігротермічних умовах і фотоперіоді, що відповідають нормальним умовам розвитку ентомофага. Термін утримання у ємностях – до почорніння яєць.

Формування маточної культури *Trichogramma dendrolimi* Matsu.

Напрацювання МКТд потрібно здійснювати згідно з процесами, визначеними у загальній схемі формування культури (рис. 2.2.5). Формування на перших трьох етапах здійснюється у яйцях капустяної совки, а на останніх етапах (до передачі для масового виробництва товарної трихограми) – у яйцях млинової вогнівки.

Початковим матеріалом для вирощування МКТд є яйця фітофагів (колонія-засновник), паразитовані трихограмою в природних умовах.

Після зараження яєць совок потрібно слідкувати за відродженням гусениць з непаразитованих яєць, які можуть пошкодити трихограмовані яйця. Тому залежно від інтенсивності зараження їх можна вилучати або вручну, або з використанням харчових атрактантів (таким може слугувати пилок квітів), або, розмістивши біоматеріал у низьких кюветах на сітчастій платформі над водою, в якій гусениці потонуть.

Після створення стартової колонії трихограми постає питання включення в репродуктивний процес лише найжиттєздатніших особин трихограми, тобто усунути менш життєздатних особин на початкових етапах створення маточної культури трихограми.

Такого ефекту досягли способом сепарації відродженої трихограми за активністю руху та активністю пошуку. Сепарацію здійснювали за допомогою сепараторів за активністю руху та активністю пошуку.

Другий та наступні цикли напрацювання ентомофага в яйцях природних живителів здійснюють аналогічно (не менше 3 циклів). Для підготовки трихограми до індукції діапаузи попередньо оцінюють якісні показники (кількість паразитованих яєць, відродження, статевий індекс) батьківського покоління трихограми. Зараження яєць фітофагів проводять в період масового відродження трихограми (використовують лише трихограму з компактним відродженням: за 24–36 год має відродитися не менше 75–80 % особин).

Існує вплив умов розвитку материнського покоління на схильність до діапаузи дочірнього покоління (оптимально при температурі (22±2) °С та відносній вологості (70±5) %. Тривалість світлового дня має сягати 10 год.

У період масового відродження батьківського покоління заражують нову партію яєць природних живителів з розрахунку 1 самка на 10 яєць хазяїна. Експозиція – 48 год при зазначених вище гігротермічних параметрах та фотоперіоді. Після цього біоматеріал переносять для розвитку в умови з постійною температурою 10 °С, відносною вологістю повітря (80±5) % та повною темрявою. Для підвищення надійності формування діапаузи після почорніння 40–50 % яєць живителя (орієнтовно на 20–22 добу) біоматеріал упродовж 5–7 діб утримують при змінних температурах (16 год за 3 °С та 8 год за 10 °С). На цьому процес формування діапаузи вважається завершеним і біоматеріал поміщають на тривале зберігання. Трихограму, введену в діапаузу, зберігають за температури (3±1) °С та відносній вологості (80±5) %. Неприпустимою є зміна заданих гігротермічних параметрів упродовж усього періоду зберігання.

Виведення трихограми з діапаузи починається не раніше ніж через 2 міс. зберігання. У цей період діапауза характеризується високою глибиною та низькою зворотністю фізіологічних процесів при реактивації, що негативно позначається на відродженні трихограми, тому виживають комахи з найкращими біологічними показниками. Таким чином здійснюється природна елімінація ослаблених комах.

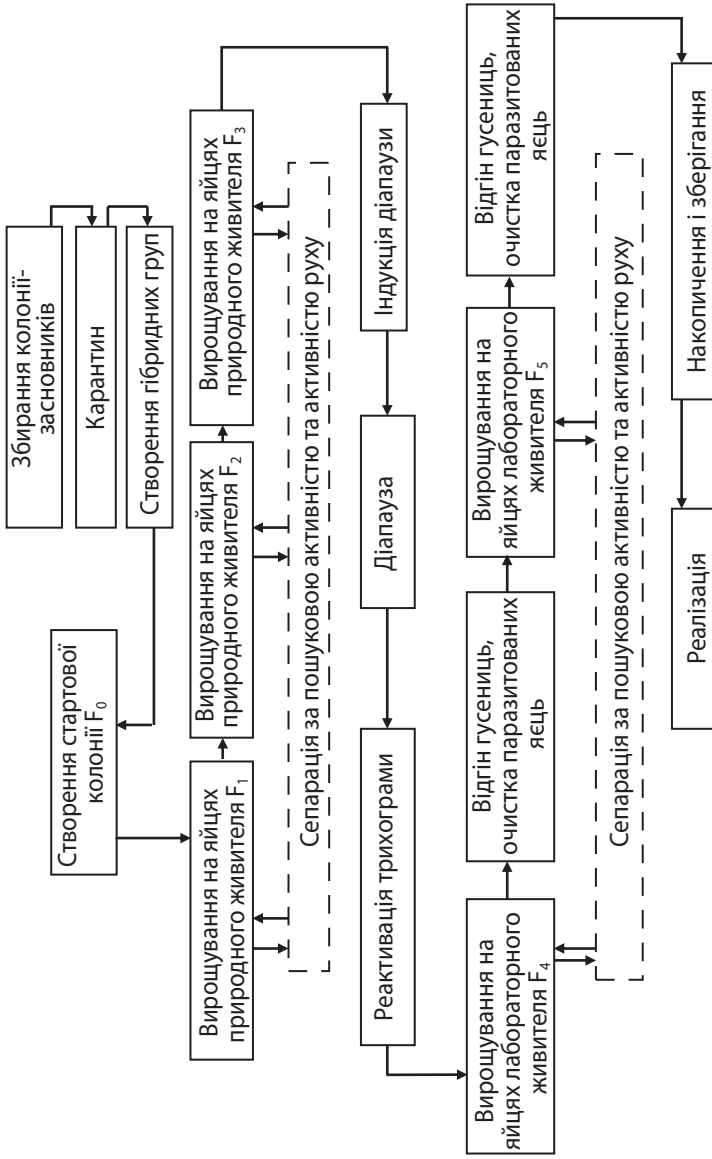


Рис. 2.2.5. **Схема формування маточної культури *T. dendrolimi* Matsu.**

У процесі масового розведення трихограми використовуються свіжовідкладені яйця млинової вогнівки або ті, що зберігались за температури (3±1) °С і відносної вологості (80±5) % не більше 10 діб. Яйця наносяться на внутрішні стінки скляних ємностей. У скляні ємності з нанесеними на робочі поверхні яйцями живителя вноситься відроджена трихограма та додається вуглеводне підживлення. Подальший розвиток трихограми в яйцях лабораторного живителя відбувається при гігротермічних умовах оптимальних для паразита. Термін утримання – до почорніння яєць. Очищені яйця з трихограмою розфасовують у пакети або пенали і розміщують їх у термостат на подальшу інкубацію.

Другий цикл напрацювання ентомофага в яйцях лабораторних живителів аналогічно попередньому циклу. Партія маточної культури трихограми формується з кількості яєць млинової вогнівки, що одноразово пройшли другий етап напрацювання трихограми на яйцях лабораторного живителя після реактивації з діапаузи. Маточну культуру трихограми (паразитовані яйця млинової вогнівки) видають споживачам за 2–3 доби до відродження. Кожна партія маточної культури трихограми повинна мати паспорт (документ) якості, кожна упаковка – етикетку.

Норми витрат технологічної сировини для виробництва 1 кг маточної культури трихограми становить: яйця совок – 0,1 кг, яйця млинової вогнівки – 2,1 кг. Для отримання 1 кг товарної трихограми потрібно від 8 до 10 г маточної культури трихограми.

Висновки

Отже, на основі комплексу проведених досліджень було сформовано перелік вимог щодо створення маточної культури трихограми для промислового виробництва ентомологічного засобу захисту плодових культур від листовійок.

1. Формування стартової колонії *T. dendrolimi* Matsu. потрібно здійснювати способом збирання яєць, паразитованих трихограмою в природних умовах, та ідентифікації видів у кожній кладці окремо.

2. На стадії створення лабораторної культури виду потрібно здійснювати жорсткий видовий контроль яйцеїда і підтримку

чистоти культури. Для створення маточної культури слід використовувати приміщення, що ізольовано від приміщень, в яких здійснюють культивування інших видів трихограми.

3. Для формування маточної культури обрано млинову вогнівку на стадії яйця та для пасажування паразита яйця капустяної совки природної популяції.

4. За формування маточної культури заданої якості потрібно здійснювати відбір за біологічними показниками, які дадуть можливість зробити масовий відбір. Суть масового відбору за поведінковими реакціями полягає в тому, що особини трихограми, які виявляють необхідний рівень активності, отримують можливість паразитувати яйця хазяїна, тоді як слабкі особини елімінуються.

5. Використання маточної культури як стартової при виробництві гарантує напрацювання ефективної робочої культури.

Список використаних джерел до підрозділу 2.2

1. *Сорокина А. П., Калюга Т. В*. Влияние группового содержания и суперпаразитизма на плодовитость и соотношение полов у *Trichogramma evanescens* Westw. *(Hymenoptera, Trichogrammatidae). Трихограмма (биология, разведение, применение)*: материалы докл. 2-го Всесоюз. совещ. по трихограмме (14–18 октября 1985, г. Кишинев). Кишинев: Штиинца, 1985. С. 13.
2. *Barnay O., Hommay G., Gertz C., Barnay O.* Survey of natural populations of Trichogramma *(Hym., Trichogrammatidae)* in the vine yards of Alsace (France). *J. Appl. Ent*. 2001. V. 125. P. 469–477.
3. *Абашкин А. С., Гринберг Ш. М., Горбан В. П.* Состояние вопроса и перспективы производства трихограммы на биофабриках. *Трихограмма в защите растений*. Москва: Агропромиздат, 1988. С. 3–12.
4. *Адашкевич Б. П*. Выявление и разделение местных видов трихограммы. *Защита растений*. 1981. № 8. С. 50.
5. *Еремьянц Н. М., Старовойтова Е. Н.* Трихограмма на хлопчатнике. *Защита растений.* 1983. № 12. С. 15.
6. *Коваленков В. Г., Мещерякова Т. В.* Маточник-резерватор трихограммы и хаброракона. *Защита растений*. 1983. № 12. С. 16–17.
7. *Колядко Н. Н.* Результаты отбора линий трихограммы, эффективных в борьбе с *Barathra brassicae*. *Биологический метод защиты растений*: материалы докл. науч.-производ. конф. (10–11 октября 1984, г. Минск). Минск: Бел. НИИ ЗР, 1984. С. 55–56.

8. *Тамарина Н. А.* Техническая энтомология – новая отрасль прикладной энтомологии. *Итоги науки и техники ВИНИТИ.* Москва: ВИНИТИ, 1987. Вып. 7. С. 35.
9. *Тамарина Н. А.* Основы технической энтомологии. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 204 с.
10. *Костылева Р. Н., Михайловская И. Н., Лопаткин А. В.* Обоснование режимов поверхностной стерилизации яйцекладок насекомых. *Вторая Всесоюзная конференция по промышленному разведению насекомых*: материалы докл. (26–28 декабря 1989, г. Москва). Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1989. С. 164–166.
11. *Гринберг Ш. М., Руснак А. Ф.* Получение трихограммы высокого качества. Москва: Агропромиздат, 1985. 8 с.
12. *Лешишак О. В.* Удосконалення технології промислового розведення трихограми. *Карантин і захист рослин.* 2014. № 7. С. 8–10.
13. *Фурсов В. Н., Сторожева Н. А.* Выявление, определение и районирование хозяйственно важных видов яйцеедов рода *Trichogramma* Westw. в агроценозах Украины. Киев: Институт зоологии АН УССР, 1990. 49 с.
14. *Методическое* руководство по выявлению, определению и изучению трихограммы; под ред. В. А. Щепетильниковой. Москва: ВАСХНИЛ, 1979. 58 с.
15. *Фурсов В. Н.* Как собирать насекомых-энтомофагов (Сбор, содержание и выведение паразитических перепончатокрылых насекомых). Киев: Логос, 2003. Отд. издание № 01.2003. 66 с.
16. *Сорокина А. П.* Определитель видов рода *Trichogramma* Westw. *(Hymenoptera, Trichogrammatidae)* мировой фауны. Москва: Колос, 1993. 78 с.
17. *Фасулати К. К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных. Москва.: Высшая школа, 1988. 278 с.

2.3. Біологічні основи введення в культуру та розведення хижих клопів для захисту рослин

Молчанова О. Д., Маркіна Т. Ю., Баркар В. П.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Використання впродовж багатьох років великих обсягів хімічних засобів захисту рослин і мінеральних добрив спричинило накопичення токсичних речовин і порушення стабільності біоценозів. На сьогодні значно розширився асортимент біологічних засобів захисту рослин, які забезпечують поліпшення якості продукції. Тепличні господарства України виявляють дедалі більшу зацікавленість до контролю за чисельністю сисних шкідників, що завдають істотної шкоди овочевим і квітково-декоративним культурам у захищеному ґрунті, використовуючи корисних комах і кліщів. Основними шкідниками захищеного ґрунту нині є як традиційні об'єкти – теплична білокрилка, тютюновий трипс, так і нещодавно завезені в результаті інтродукції рослини – тютюнова білокрилка, західний каліфорнійський трипс.

Як ентомофаги сисних шкідників багато років широко застосовуються клопи роду *Macrolophus* родини Меріда (Hemiptera, Miridae), представники яких на відміну від вузькоспеціалізованих біологічних агентів (монофагів) на прикладі енкарзії або фітосейулюса є поліфагами [1–6]. Застосування монофагів при певних обставинах є істотним недоліком, оскільки в теплицях дуже часто наявні і шкодять одночасно два і більше видів шкідників.

Рід *Macrolophus* – багаторядні клопи зеленого кольору (рис. 2.3.1). У різних видів можуть зимувати яйця, личинки або дорослі особини. Як дорослі особини, так і личинки активно шукають свою здобич. Знайшовши її, проколюють хоботком і висмоктують уміст. Від жертв залишаються лише порожні оболонки. Життєвий цикл включає сім етапів: яйце, п'ять личиночних стадій та імаго. Дорослі особини завдовжки 3–6 мм, зеленого забарвлення. Самці трохи менше самок, більш стрункі і рухливі.

Самки відкладають яйця в тканину листя і молодих стебел. Личинки, від жовто-зеленого до жовтого кольору, частіше сидять

уздовж стебел або на нижньому боці листків. При пошуках здобичі швидко пересуваються по рослині.

Macrolophus pygmaeus (Rambur, 1839) живиться білокрилками, попелицями, трипсами, павутинними кліщами, яйцями молі, але за можливості в живленні віддає перевагу білокрилкам (див. рис. 2.3.1). В умовах дефіциту основного джерела їжі живиться соком і пилком.



а *б*

Рис. 2.3.1. **Хижий клоп *M. pygmaeus* (***фото авторів***):**
а – стадія імаго; *б* – стадія личинки

Рентабельність застосування клопів значною мірою залежить від продуктивності і стабільності технології їх масового розведення, яка повинна забезпечувати отримання необхідної для застосування кількості ентомофага до заданого терміну.

Створення лабораторної культури клопа

Збирання в природних умовах засновників для лабораторної культури

Для створення лабораторної культури *M. pygmaeus* було сформовано колонію засновників, тобто здійснено вибірку природної популяції клопів. Збирання комах проводили способом косіння за допомогою ентомологічного сачка (на 50 помахів), а також методом збирання, який здійснювали ентомологічним ексгаустером і струшуванням з рослин. Цю роботу проводили в травні – червні у ценозах Біляївського району та селі Фонтанка Одеської області. Вибір періодів збирання було визначено з урахуванням сезонного

циклу цих комах. У травні ці види клопів помітно активізуються після раннього весняного періоду, що настає за зимовою діапаузою або холодовим оціпенінням. Спостерігається циклічність розвитку та виходу імаго. Також вибір періоду пов'язано з тією обставиною, що культура має формуватися з урахуванням прийнятного фізіологічного стану комах – у вказаний період клопи мають достатньо їжі у своїх природних умовах.

Введення в лабораторну культуру

У результаті косіння було зібрано 75 клопів макролофуса у стадії імаго. Карантинні заходи проводилися з метою запобігання проникненню у лабораторну культуру комах, уражених хворобами та паразитами. Також було візуально визначено фізіологічний стан та здійснено елімінацію слабких та деформованих особин.

Процеси введення в лабораторну культуру здійснювали згідно із загальною схемою (рис. 2.3.2). Вирощували клопа у садках. Садки являли собою скляні ємності циліндричної форми діаметром 150 мм, заввишки 300 мм, зверху та знизу затягнуті ситотканиною. В ємності розміщували рослини тютюну зі справжніми 4–5-ма листками, що сформувалися. Рослини розташовували разом з ємностями та ґрунтом і підсаджували особин макролофуса.

Для годування клопа на листя тютюну наносили попередньо заморожені яйця зернової молі (*Sitotrogacerealella*, Olivier, 1789) та додавали листя тютюну, заражені білокрилкою лабораторної популяції. Використання білокрилки зумовлено тією обставиною, що ця комаха є природним кормом для макролофуса. Їжу в ємності подавали щодня. Здійснювали спостереження за рослинами та фіксували появу личинок. Були складності з контролем за відкладанням яєць. Це зумовлено тим, що яйця макролофус відкладає всередину листка, що ускладнює спостерігання та підрахунок кількості відкладених яєць. Тому надалі плодючість визначали за кількістю личинок, яких отримано з однієї самки. Макролофуса в лабораторії утримували за температури повітря (26±1) °С та відносної вологості повітря (80±10) %.



Рис. 2.3.2. **Схема введення в лабораторну культуру**

Техноценоз для вирощування макролофуса

Рослинні субстрати для відкладання яєць клопами

Проведено досліди з визначення оптимальних рослинних субстратів для відкладення яєць макролофусом. Для розведення клопа використовували рослини: тютюн сорту Самсун, квасолю сорту Ластівка та сою сорту Мрія. У скляні садки встановлювали рослини, на які розміщували імаго макролофуса: 5 самок та 5 самців. Використовували комах, що тільки досягли стадії імаго. Щодня клопів пересаджували в нові циліндри до моменту загибелі клопів і підраховували кількість відроджених з яєць личинок та витягували їх з циліндрів. Визначали середню кількість відроджених личинок (*табл. 2.3.1*).

Таблиця 2.3.1. **Середня кількість личинок, отриманих з однієї самки залежно від виду рослин, що використовувались для відкладання яєць**

№ з/п	Вид рослин	Середня кількість личинок, отриманих з однієї самки, шт.
1	Соя Мрія	21,0±1,0
2	Тютюн сорту Самсун	59,0±2,1
3	Квасоля Ластівка	57,3±2,0

На рослинах сої було отримано найменшу кількість личинок, а також рослини, що були у штучних умовах з недостатнім освітленням, потребували додаткової опори. Також спостерігалось швидке старіння та раннє скидання листків на рослинах.

При використанні рослин квасолі та тютюну отримано приблизно однакові результати, але рослини квасолі потребують опори при вирощуванні, що робить їх нетехнологічними для використання.

У результаті проведених досліджень установлено високу технологічну придатність тютюну для масового виробництва макролофуса.

Вплив абіотичних факторів на розвиток макролофуса

Проведено дослідження з визначення оптимальних абіотичних параметрів, а саме: температури повітря та відносної вологості для вирощування макролофуса в штучних умовах. Годування хижих клопів у процесі досліджень здійснювали яйцями зернової молі.

У раціон макролофуса додатково додавали тютюнову білокрилку (*Bemisiatabaci* Gennadius, 1889) у всіх стадіях розвитку.

Для досліджень з клопами використовували описані вище скляні садки. У підготовлені ємності розміщували імаго одного терміну обертання у стадію в кількості 8 особин – 4 самки і 4 самці та рослину тютюну для відкладання яєць. Кожні дві доби годували комах яйцями зернової молі та білокрилки. Також через добу рослини з відкладеними яйцями переміщували у нову заготовлену ємність для відродження личинок з яєць та отримання імаго. У ємність з імаго розміщували нову рослину для наступного відкладання яєць. За проведення дослідів спостерігали за розвитком від яйця до стадії імаго, життєздатністю личинок та тривалістю життя імаго.

У процесі досліджень спостерігалась кореляція біологічних показників макролофуса від гігротермічних умов. При збільшенні температури повітря збільшувалась плодючість самок та зменшувався термін розвитку. При зміні температури повітря від 18 до 30 °С термін розвитку від яйця до імаго скорочувався від 44 до 18 діб. Відсоток життєздатності личинок зростав кожного разу за підвищення вологості повітря. Відродження личинок з яєць та розвиток личинок скоротився до 24 діб. Упродовж досліджень при зміні абіотичних параметрів частка самок залишалась незмінною. Спостереження за плідністю показало, що при низьких та високих температурах самки хижака відкладають мало яєць. Стабільність спостерігалась при 24–26 °С та становила від 74 до 76 яєць. За таких самих температур при вологості повітря 70–80 % життєздатність личинок показала найкращі результати – від 87 до 89 % – та була більш-менш стабільною, тривалість життя імаго становила 43–45 діб. Отже, оптимальні параметри для розвитку макролофуса: t = (24–26) °С; φ = (70–80) % (рис. 2.3.3).

На основі результатів досліджень було отримано експериментальну залежність середньої плодючості однієї самки від температури та відносної вологості повітря:

$$n(x,y) = 10808,06926 - 101,9 \cdot x + 2,269285714 \cdot x^2 - 0,022 \cdot x^3 +$$
$$+ 0,000079 \cdot x^4 - 1566,555195 \cdot y + 98,45965909 \cdot y^2 -$$
$$- 2,677840909 \cdot y^3 + 0,026657197 \cdot y^4, \qquad (2.3.1)$$

де n – середня плодючість однієї самки, шт. личинок; x – відносна вологість повітря, %, x = 50, 60, 70, 80, 90; y – температура повітря, °С, y = 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30.

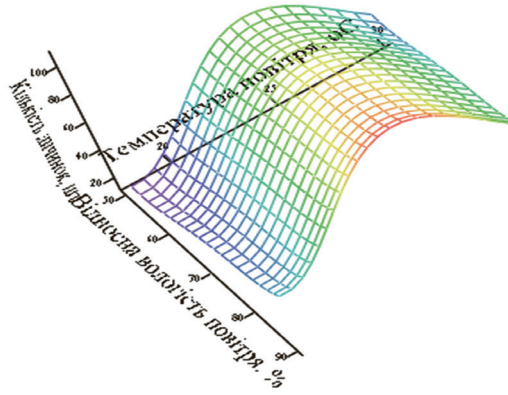


Рис. 2.3.3. **Залежність середньої плодючості однієї самки від гігротермічних умов утримання**

Визначення параметрів системи забезпечення мікроклімату для вирощування комахи

Для вирощування комах використовувалось приміщення прямокутної форми з розмірами приміщення, м: ширина – 2,77, довжина – 2,75, висота – 3,2. Об'єм приміщення становив 24,5 м^3.

Витрата вентиляційного повітря розраховувалася з огляду на необхідність забезпечення п'ятикратного повітрообміну – мінімальної кратності повітрообміну для виробничого приміщення ентомологічного виробництва. Витрата вентиляційного повітря, таким чином, становила: 24,5·5=122,5 (м^3/год).

Витрата зовнішнього повітря приймалась згідно із санітарними нормами для постійного перебування у приміщенні однієї людини і становила 20 м^3/год. Отже, витрату рециркуляційного повітря може бути визначено як різницю між витратами вентиляційного і зовнішнього повітря: 122,5–20=102,5 (м^3/год).

Враховуючи визначену витрату повітря, а також оптимальні значення температури і вологості повітря (див. рис. 2.3.3), було визначено склад системи забезпечення параметрів мікроклімату (*табл. 2.3.2*).

Таблиця 2.3.2. **Склад системи забезпечення параметрів мікроклімату для вирощування комах**

№ з/п	Технічна характеристика	Електрична потужність, кВт	Кількість, шт.
1	Вентилятор (до 170 Па)	До 0,25	1
2	Повітронагрівач	1,5	1
3	Повітроохолоджувач	2,5	1
4	Компресорно-конденсаторний блок	2,5	1
5	Зволожувач, 1,98 кг/год	–	1
6	Фільтр класу очищення не нижче G4	–	1
7	Камера змішування	–	1
8	Шумопоглинач, 50–60 Дб	–	1
9	Система автоматики	–	1

Споживання корму макролофусом на всіх стадіях розвитку

Досліджено споживання корму макролофусом на всіх стадіях розвитку. Під час досліджень як корм для клопів було використано яйця зернової молі. Дослідження проводили при оптимальних тепловологісних параметрах повітря (t = (24–26) °С; φ = (70–80) %).

Експерименти проводились у пробірках Флоринського. У 10 пробірок було розміщено по одній стеблині квасолі (в кожну пробірку). Попередньо з рослини зрізали листя, верхівку та коріння. Довжина стеблин становила приблизно 350 мм. Далі у кожну пробірку зі стеблиною розміщували по одній личинці комахи І віку. Також у кожну пробірку щодня розміщували від 5- до 20-ти яєць зернової молі.

Кожну добу підраховували кількість яєць, що залишилися у пробірці (через добу після їх розміщення). Яйця, що не було з'їдено, вилучали з пробірки та додавали наступну порцію корму. У міру висихання стеблин їх замінювали на свіжі. Повторність експерименту – триразова.

При побудові графіка залежності середньої кількості яєць, спожитих однією особиною, від віку комахи (часу перебування комахи в пробірці) було відзначено фази розвитку: вік личинки та дорослої особини. Це дає змогу детально дослідити динаміку споживання

корму комахами та сформулювати відповідні висновки. За даними експерименту було побудовано графік динаміки споживання корму макролофусом залежно від доби розвитку (рис. 2.3.4).

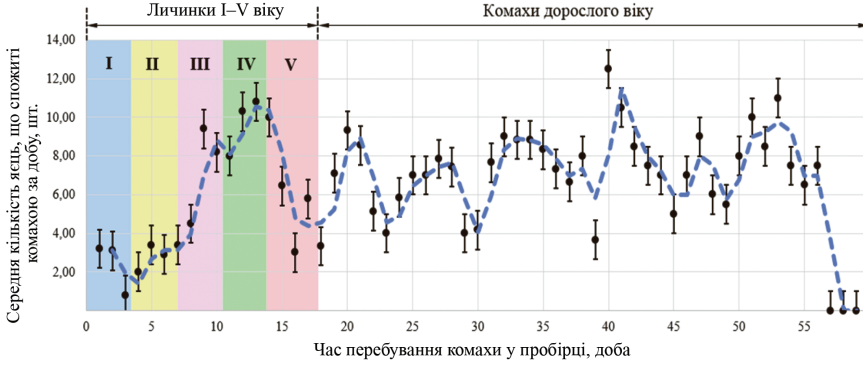


Рис. 2.3.4. **Динаміка споживання корму макролофусом залежно від доби розвитку**

Впродовж усього часового інтервалу реєстрації спостерігаються значні амплітуди розкиду близько розташованих значень залежної змінної – кількості спожитих комахою яєць. У разі формування лінії тренду, використовуючи ковзний середній у період від личинки з I по IV вік, спостерігається збільшення споживання корму комахами. Впродовж часу між стадією личинки I віку та личинки III віку середнє споживання яєць за добу збільшилось із 3,2 до 9,4 шт. Починаючи з V віку личинки та впродовж всього дорослого віку комахи, має місце синусоподібне коливання значення вказаної вище залежної змінної з амплітудою близько 2–3 (розмахом 4–6) та періодом аргументу від 5 до 10 діб.

Під час досліду було встановлено, що максимальна зареєстрована кількість спожитих за добу однією комахою яєць – 19 шт., середнє значення спожитих за добу однією комахою яєць, яке розраховане за весь період спостереження, становило 6,47 шт. Усього за життя комаха споживає в середньому 381,84 шт. яєць, що за масою становить близько 5,7 мг. Спожито на стадії личинки в середньому 98,56 шт. яєць. Спожито на стадії імаго в середньому 283,29 шт. яєць.

Садки для розведення макролофуса

Створено садок для розведення макролофуса (рис. 2.3.5). Садок являє собою пряму призму з основою 510 × 520 мм і висотою 535 мм. Внутрішні розміри садка – 400 × 400 мм і висотою 440 мм. Стіни призми із профілів для склопакетів без скла завтовшки 60 мм [7]. На передній стінці дверцята *1*. Отвір у дверцятах *2* розміром 220 × 280 мм затягнуто ситотканиною. Дверцята кріпляться до торцевої стінки та відкриваються зліва направо. З лівого боку всередині дверцят міститься засув з ручкою *3*.

У лівій стінці садка у верхній її частині розміщено отвір *4* розміром 125 × 115 мм з прикріпленим до нього рукавом завдовжки 500 мм. Рукав, крізь який відбувається годування макролофуса, має бути виготовлений з ситотканини. При необхідності рукав зав'язується вузлом для того, щоб запобігти розповзанню клопів. Решта отвору в лівій стінці закрито склом. Отвори двох інших стінок і стелі садка також затягнуто ситотканиною. Підлогу садка виконано з пластику для зручності обслуговування. Садок забезпечує герметичність для уникнення поширення комах у всіх стадіях, завантаження рослин та їх полив, а також процес годування хижака.

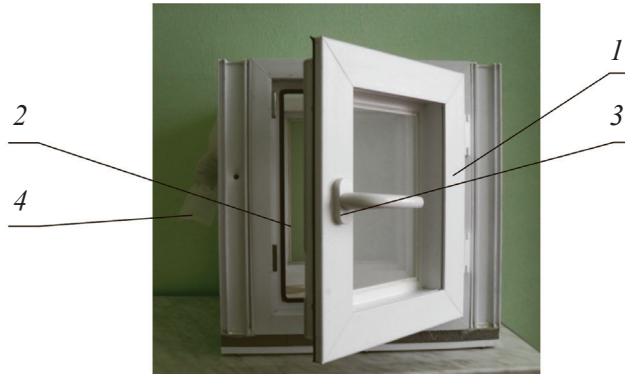


Рис. 2.3.5. **Садок для розведення макролофуса:** *1* – дверцята; *2* – отвір затягнутий ситотканиною; *3* – засув з ручкою; *4* – отвір з рукавом

Також запропоновано ще одну конструкцію садка для розведення та розселення макролофуса (рис. 2.3.6), який виготовлено з двох пляшок для води ПЕТ, з ручкою ємністю 5 л. З однієї пляшки на від-



Рис. 2.3.6. **Садок для розведення макролофуса**

стані 235 мм від дна зрізано верхню частину [8]. З двох боків симетрично зроблено два отвори завширшки 50 мм та заввишки 120 мм на відстані 60 мм від дна.

Отвори затягнуто ситотканиною. З другої пляшки зрізано верхню частину на відстані 205 мм від дна. Верхня частина пляшки встановлюється до опору на відрізану частину пляшки з отворами. Горловина пляшки закривається ситотканиною, що фіксується гумовим кільцем. У садок розміщуються рослини тютюну та імаго клопа одного дня відродження з яєць, годування яйцями зернової молі здійснюється через горловину. Коли у садку розвивається потрібна кількість клопів для використання, їх разом з садком заносять у теплицю та відкривають, комахи поширюються у ценозі.

Оптимальні параметри техноценозу для утримання та вирощування клопа

Розведення клопа здійснюють за схемою (рис. 2.3.7). Як корм, використовують яйця зернової молі та додатково вводять білокрилку у всіх стадіях розвитку.

При розведенні клопів відбувається взаємодія факторів об'єму простору мешкання за рівнями впливу на розмноження хижака (рис. 2.3.8).

Параметри техноценозу розведення клопів, які мають вплив на їх онтогенез: матеріал для виготовлення об'єму мешкання; проникнення світла скрізь матеріал, з якого виконано об'єм мешкання; форма об'єму мешкання; субстрат для відкладання яєць; щільність комах при відкладанні яєць; корм; температура повітря; відносна вологість повітря; добовий ритм; аерація повітря в об'ємі мешкання (рис. 2.3.9).

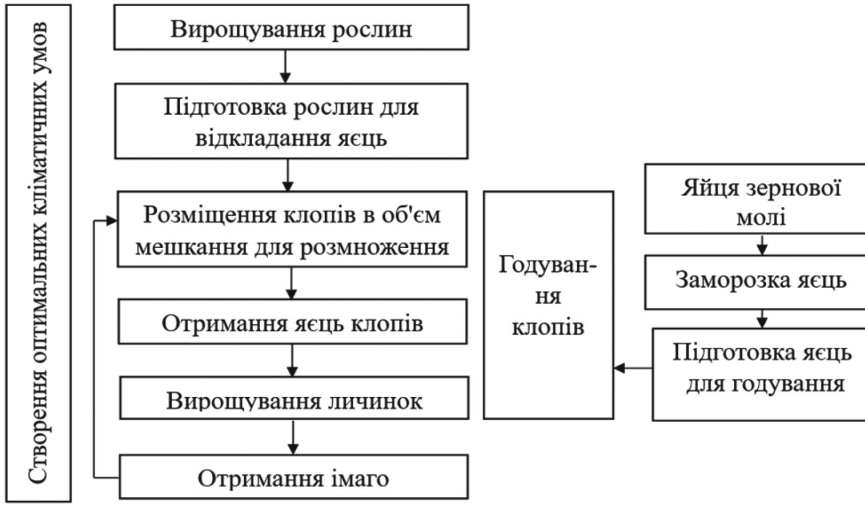


Рис. 2.3.7. **Загальна схема вирощування**



Рис. 2.3.8. **Взаємодія факторів об'єму простору мешкання за рівнями впливу на розмноження хижих клопів**

Методичні основи селекції хижого клопа *Macrolophus* spp. за показниками життєздатності та продуктивності самок

Загальні основи селекції комах

Сучасні стратегії захисту рослин передбачають застосування широкого спектра ентомофагів. При цьому основним завданням біоконтролю є не суцільне знищення шкідника, а підтримання стійкості екосистем, в яких спостерігається успішне довгострокове співіснування шкідників та ентомофагів за оптимальної щільності обох видів.

Створення та стійке підтримання штучних популяцій комах потребує пошуку прийомів оптимізації біоматеріалу, які сприяли б підвищенню ефективності реалізації цільових програм розведення. Визначну роль у цьому процесі відіграє селекція комах.

Загальні принципи селекції комах практично не розроблялись, їх запозичено з тваринництва та модифіковано [9–17]. Селекція в практичному плані передбачає штучний відбір, який спрямовано на досягнення певних змін ознак організмів в ряді послідовних поколінь. Штучний відбір грунтується на знаннях біологічних особливостей виду. Селекція зводиться до спрямованої зміни генетичної структури популяції – генотипів і частоти алелів у результаті елімінації певних фенотипів у процесі відбору [16, 18].

Основні принципи селекції комах мають ряд відмінностей, зумовлених особливостями їх біології. Саме вони є основою методик проведення селекційних заходів з культурами комах. Передусім це відносно короткий цикл розвитку комах, що дає змогу в деяких випадках отримати кілька поколінь комахи в один рік, що прискорює процес селекції. Друга особливість комах – висока репродуктивна здатність самок і відносна легкість контролю за спарюванням [19].

Труднощі селекції комах пов’язано з відсутністю або неповнотою знання їх біології та екології, а також недостатнім досвідом селекційної роботи з дикими видами. У ряді випадків селекцію ускладнює брак достатньої інформації про якісні та кількісні ознаки похідного матеріалу, особливості етіології, а також відсутність спеціальної апаратари для ведення селекційного процесу.

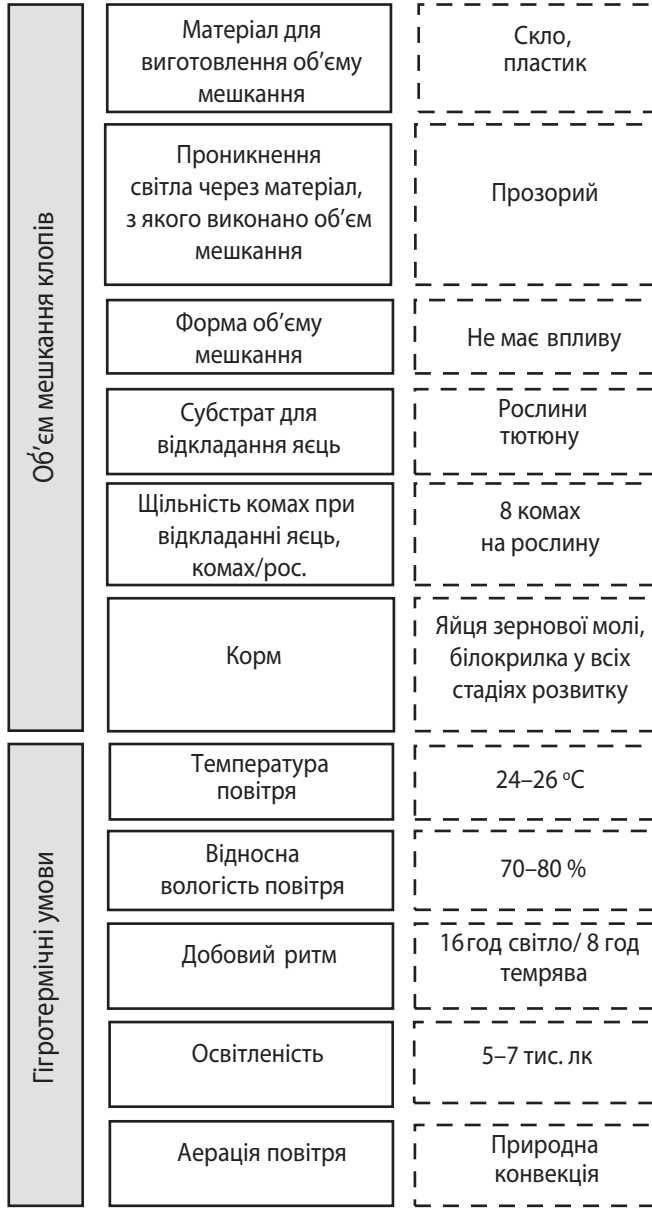


Рис. 2.3.9. **Параметри техноценозу для утримання макролофуса**

Необхідність та актуальність проведення селекції комах в лабораторних умовах є безперечною. Через генетичні маніпуляції та селекційний відбір у лабораторії можна створювати ознаки, яких немає в природі, індукувати мутації опроміненням, здійснювати міжвидові схрещування, що не відбуваються в природі, стимулювати відкладання яєць на невластивому хазяїну і виводити нові харчові раси. Відбір у лабораторії значно прискорює створення культур з бажаними властивостями [18, 20–24]. В основі селекції ентомофагів лежить генетична мінливість, яку в умовах лабораторії можна посилити різними способами: опроміненням, створенням критичних гідротермічних умов та умов освітлення [19, 25].

Для успішної селекції передусім має бути вирішене питання про те, які властивості культури слід поліпшувати. У селекційній роботі з комахами використовують два методи штучного відбору: масовий та індивідуальний. Масовий відбір ведеться за фенотипом. Ефективною формою масового відбору є груповий відбір, суть якого полягає в розподілі відібраних на плем'я особин, на групи відповідно до мети селекції. Масовий відбір знайшов практичне застосування у шовківництві та бджільництві [9, 19, 25]. Індивідуальний відбір – досконаліший метод селекції, оскільки батьків оцінюють за показниками нащадків. На підставі спостережень і відбору за кращими показниками дається порівняльна оцінка кожної пари.

Селекція за життєздатністю та продуктивністю

Селекція включає кілька етапів (рис. 2.3.10).

З рис. 2.3.10 видно, що процес селекції може бути поділений на три основні етапи:

- добір вихідного матеріалу та закладання ліній з урахуванням достатньої кількості особин для проведення подальшого схрещування і створення синтетичних ліній;
- селекція на поліпшення в лініях, яка проводиться методами масової (мас-селекція) та сімейної (сім-селекція) селекції;
- визначення ступеня генетичної стабільності ознаки та оцінювання ознаки впродовж 5–10 поколінь.

З метою підвищення ефективності розведення комах-ентомофагів за культивування хижих клопів *Macrolophus* spp. найдоцільніше

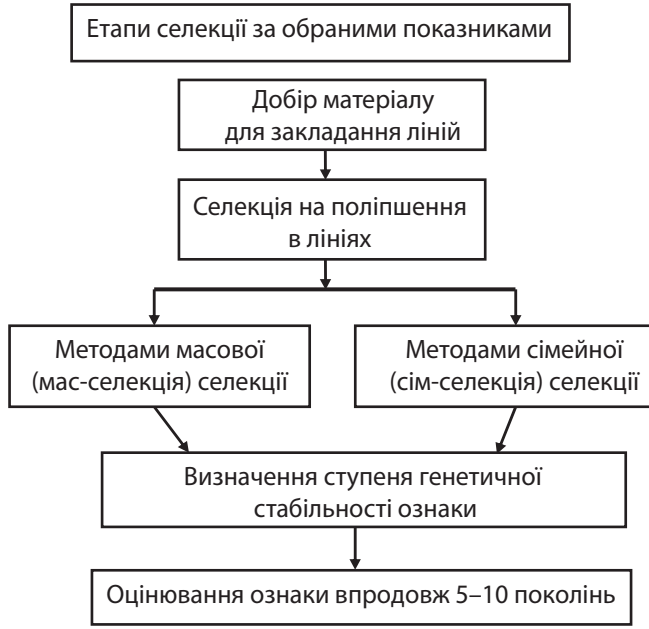


Рис. 2.3.10. **Основні етапи селекції хижого клопа *Macrolophus* spp.**

проводити селекцію за ознаками життєздатності та продуктивності, застосовуючи добір сімей з максимальними значеннями цих ознак, а надалі серед них пар-рекордистів за цими ознаками.

Методика відбору, спрямованого на поліпшення штучної популяції *Macrolophus* spp., за параметрами продуктивності самок та життєздатності

Метою роботи було створення популяцій клопів з високими параметрами продуктивності та життєздатності самок. Це було здійснено способом відбору за визначеними ознаками в окремих лініях комах, засновники яких мають генотипну схожість.

У процесі відбору в окремих особин популяції першої генерації виникають спадкові зміни, які в результаті вільного схрещування поширюються в популяції. У наступних генераціях у процесі відбору кількість особин з ознаками, за якими ведеться відбір, мають збільшуватися.

Відбір здійснювали за такими ознаками: привабливість рослин для відкладання яєць комахами, маса тіла, тривалість життя, стійкість до залишкових кількостей інсектицидів.

За характеристиками субстрату для відкладання яєць і селекцією обраних ліній для відбору у процесі досліджень використовували рослини сої, тютюну та квасолі. Вибір рослин зумовлено швидкістю їх росту до фази, яка придатна для відкладання яєць клопами.

Під час досліджень у садок установлювали кілька видів рослин з ґрунтом і запускали дорослих клопів у кількості 30 шт. Дослід включав три повторності. Кожного дня рослини з відкладеними яйцями діставали з садків і розміщували в окремі ємності. Визначали плодючість на кожному виді рослин за виходом личинок. Життєздатність визначали від стадії личинок до дорослої особини для макролофуса. Для проведення подальшої селекції залишали лише лінії хижаків, які розвивалися на рослинах, що мають найбільшу швидкість росту. Подальшу селекцію проводили з комахами, яких вирощено на обраних рослинах.

Таблиця 2.3.3. **Варіанти розміру клопів за проведення селекції**

№ варіанта	Стать та розміри	
	♀	♂
I	Великі	Великі
II	»	Дрібні
II	Дрібні	Великі
IV	»	Дрібні

За добору за масою тіла з лабораторної культури відбирали найважчих самок і самців, спираючись на встановлену пряму залежність між масою самок і кількістю відкладених яєць, та схрещували за схемою, наведеною нижче. Селекцію проводили в чотирьох варіантах, кожний з яких нараховував по три повторності (табл. 2.3.3).

Відбір здійснювали до моменту отримання істотної різниці між батьківським та дочірніми поколіннями. Селекцію за тривалістю життя проводили способом добору особин, які довго живуть, і попарно їх схрещували. Особини, які довго живуть, продуктивніші і дають найжиттєздатніше потомство. У пластикові ємності з рослинами розмістили попарно клопів та годували яйцями зернової молі. Кожні десять днів пересаджували клопів у нові ємності до моменту їх загибелі. Для подальшого розмноження використовували

потомство особин з найбільшою тривалістю життя. Відбір здійснювали впродовж п'яти поколінь.

У системі інтегрованого захисту рослин у захищеному ґрунті поряд із застосуванням біоагентів використовують обробку хімічними препаратами. Через це є потенційна загроза загибелі біоагентів від залишкових кількостей інсектицидів або їх дериватів у рослинах. Саме тому є потреба у лініях хижаків, стійких до залишкових кількостей інсектицидів.

Селекцію на стійкість до отрутохімікатів проводили після отримання культурою ознак високої життєздатності. Для селекції було обрано інсектицид, який найчастіше використовують у тепличних господарствах – «Хорус». Препарат дає змогу нейтралізувати колорадського жука, тепличну білокрилку, попелицю, трипсів, каліфорнійську щитівку, листомінувальні молі та яблуневу плодожерку. Діючою речовиною препарату є імідаклоприд.

Добір стійких до інсектицидів комах здійснювали через обприскування рослин розчином препарату, який апріорі призводить до загибелі 50–30 % популяції комах. Добір стійких особин здійснювали впродовж 3 поколінь. Обчислювання ефекту здійснювали за допомогою пробіт-аналізу.

Дослідження процесу селекційного поліпшення штучної популяції *Macrolophus* spp.

Проведено дослідження процесу селекційного поліпшення штучної популяції *Macrolophus* spp. Лабораторна культура макролофуса вирощувалась на рослинах тютюну, тому при відкладанні яєць клопи у першому поколінні віддали перевагу цій самій рослині, відкладено 54,29 % яєць (табл. 2.3.4). У наступних поколіннях спостерігалось звикання клопів до обраних рослин, у третьому поколінні на тютюнові з однієї самки отримано личинок на 7 % більше, ніж на квасолі, та на 20 % більше, ніж на сої.

На наступному етапі добір здійснювали за масою тіла, тривалістю життя, стійкістю до залишкових кількостей інсектицидів. Відбір за масою тіла здійснювали згідно з даними *табл. 2.3.3*. Визначення найбільших та найдрібніших особин здійснювали візуально та ваговим методом. Визначали середню масу самців та самок. Особини, що мали масу більшу за середню, вважались великими,

меншу – відповідно малими (за межами статистичної похибки). При появі імаго послідовних поколінь визначали середню масу самок та самців окремо (*табл. 2.3.5*).

Упродовж послідовних поколінь макролофуса збільшувалась маса тіла самок та самців. У результаті відбору у варіанті великі ♀ / великі ♂ маса тіла самок збільшилась на 6,67 %, самців – на

Таблиця 2.3.4. **Кількість личинок, відкладених *Macrolophus* spp. на рослини впродовж послідовних поколінь однією самкою**

Вид рослини	Середня кількість отриманих з однієї самки личинок, шт.±SE			
	F_0 клопам для відкладання яєць запропоновано усі види рослин	F_1	F_2	F_3
Тютюн	38±1,90	72±3,60	69±3,45	75±3,75
Квасоля	16±0,80	30±1,50	45±2,25	70±3,50
Соя	16±0,80	28±1,40	35±1,75	60±3,00

Таблиця 2.3.5. **Середня маса імаго послідовних поколінь у процесі відбору макролофуса**

Покоління	Стать	Середня маса, мг			
		великі ♀ великі ♂	великі ♀ дрібні ♂	дрібні ♀ великі ♂	дрібні ♀ дрібні ♂
F_0	♀	1,4±0,07	1,4±0,07	1,0±0,05	1,0±0,05
	♂	1,0±0,05	0,6±0,03	1,0±0,05	0,6±0,03
F_1	♀	1,4±0,07	1,4±0,07	1,0±0,05	1,0±0,05
	♂	1,0±0,05	0,6±0,03	0,9±0,05	0,6±0,03
F_2	♀	1,5±0,06	1,4±0,07	1,0±0,05	1,0±0,05
	♂	1,1±0,04	0,6±0,03	1,0±0,05	0,6±0,03
F_3	♀	1,5±0,08	1,5±0,08	1,1±0,04	0,9±0,05
	♂	1,2±0,05	0,7±0,03	1,2±0,05	0,5±0,02
F_4	♀	1,6±0,06	1,5±0,08	1,2±0,05	0,9±0,05
	♂	1,2±0,05	0,8±0,03	1,2±0,05	0,6±0,03
F_5	♀	1,5±0,06	1,6±0,06	1,3±0,05	0,8±0,03
	♂	1,2±0,05	0,8±0,03	1,2±0,05	0,5±0,02

16,67 %. Дослідження показали, що на 4-му поколінні показник маси тіла максимально збільшується та залишається стабільним у послідовному поколінні. Також було визначено плодючість хижаків після селекції у всіх варіантах, контроль – клопи, які не піддавалися відбору (рис. 2.3.11).

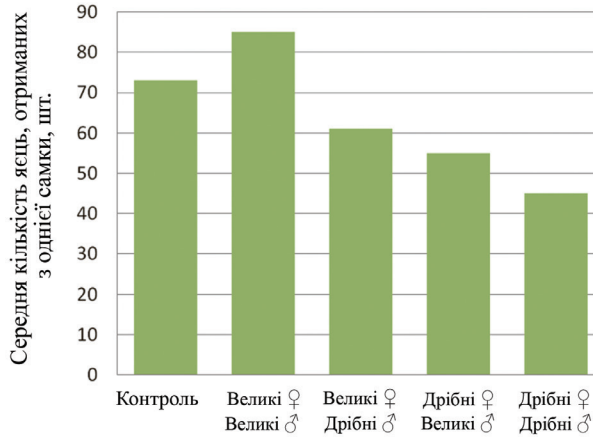


Рис. 2.3.11. **Середня кількість яєць, отриманих з однієї самки макролофуса на четвертому поколінні відбору за ознакою маси тіла**

У клопів з найбільшою масою тіла збільшилась кількість личинок, яких отримано з однієї самки, на 14,12 % та становила 85 шт. личинок. Проведено відбір за тривалістю життя. Для подальшого розмноження використовували потомство особин з найбільшою тривалістю життя.

Найвища тривалість життя спостерігалась на 5-й генерації, після цього цей показник не змінювався (*табл. 2.3.6*). Тривалість життя збільшилась на 4 доби, тривалість життя самців – на 3 доби.

Для отримання хижаками стійкості до отрутохімікатів, для відкладання яєць клопами спочатку рослини за допомогою пульверизатора обробляли розчином інсектициду. Розчин виготовляли таким чином: у воду додавали інсектицид у співвідношенні 1:10000. Чекали, коли рослини висохнуть, після цього розміщували їх у садки та додавали по 150 імаго клопів. Спостерігали за смертністю материнських особин упродовж послідовних поколінь відбору (*табл. 2.3.7*).

Таблиця 2.3.6. **Середня тривалість життя імаго при результатах відбору за ознакою тривалості життя впродовж послідовних поколінь**

Покоління	F_0		F_1		F_2		F_3		F_4		F_5	
Стать	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Середня тривалість життя, діб	20	18	20	18	21	19	23	20	24	21	24	21

Таблиця 2.3.7. **Загибель материнських імаго впродовж послідовних поколінь**

Генерація	Доба, кількість загиблих імаго, %				
	1	2	3	4	5
F_0	52	20	10	5	1
F_1	30	18	8	2	–
F_2	9	7	3	1	–
F_3	3	–	–	–	–

Контроль за смертністю материнських імаго здійснювали впродовж 5 діб. Щодня змінювали рослини. Після того, як личинки обертались на імаго, їх збирали та пересаджували у садки з обробленими інсектицидом рослинами.

У результаті відбору отримано три лінії клопів з продуктивними та життєздатними особинами. Здійснено порівняння ліній клопів після відбору з хижаками, які не підлягали відбору. Визначено біологічні показники клопів у лініях (*табл. 2.3.8*).

Після відбору за масою тіла збільшилась середня маса самок макролофуса на 20 %, самців – на 33,33 %, середня кількість личинок, отриманих з однієї самки – на 16,47 %, самців – на 11,25 %. З 4-го покоління показник маси тіла максимально збільшився та залишався стабільним у наступних поколіннях. Після відбору за тривалістю життя зростання середньої тривалості життя самок становило 20,83, самців – 14,29 %, індивідуальної плодючості – 11,25 %. Спостерігалося незначне погіршення біологічних показників після відбору на стійкість до отрутохімікатів, що зумовлено пригніченням комах хімічними елементами. Особливо змінилася частка

самок у популяції, але це не впливає на використання клопів для захисту рослин, адже фітофагів знищують хижаки обох статей.

Таблиця 2.3.8. **Біологічні показники ліній макролофуса після селекції**

Показник	Популяція			
	після відбору			Контроль без відбору
	за масою тіла	за тривалістю життя	на стійкість до отрутохімікатів	
	I лінія	II лінія	III лінія	
Середня тривалість життя, діб ±SE: самок	20±0,95	24±1,30	16±0,95	19±0,95
самців	19±0,85	21±1,05	15±0,75	18±0,90
Частка самок, %	53±1,00	53±1,00	45±1,00	53±1,00
Середня маса, мг ±SE: самок	1,5±0,06	1,7±0,06	1,0±0,06	1,2±0,09
самців	1,2±0,05	1,1±0,05	0,9±0,05	0,8±0,03
Індивідуальна плодючість, шт. ±SE	85±5,00	80±5,00	61±1,90	71±2,50
Деформовані особини, %	3,8±0,30	3,2±0,30	7,8±0,20	3,5±0,10

Схема селекційного поліпшення штучних популяцій хижих клопів

На підставі проведених досліджень процесів відбору клопів розроблено схему селекційного поліпшення штучних популяцій хижих клопів *Macrolophus* spp. за ознаками продуктивності та життєздатності (рис. 2.3.12). Схема селекційного поліпшення біологічних показників хижих клопів включає: добір особин за привабливістю виду рослин для відкладання яєць; добір за масою тіла; добір за тривалістю життя; добір за стійкістю до отрутохімікатів.

Виробництво хижих клопів починається з етапу вирощування рослин – субстрату для відкладання яєць. Ефективність виробництва безпосередньо пов'язана з тривалістю росту рослини, доцільно використовувати види, які швидко зростають. Однак вони не

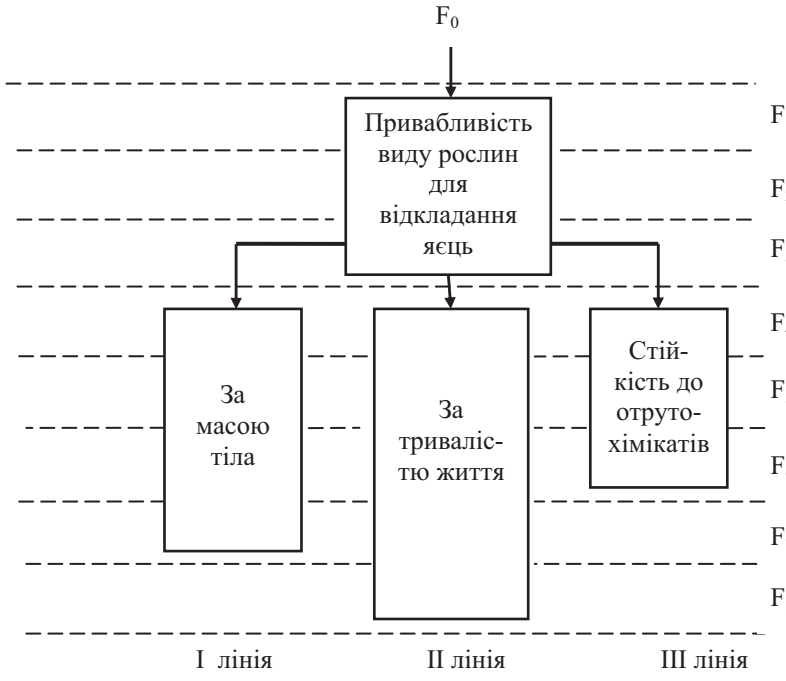


Рис. 2.3.12. **Схема селекційного поліпшення штучних популяцій комахи за ознаками продуктивності та життєздатності**

завжди є кращими для клопів. Через це потрібно проводити селекцію за перевагами клопів до субстрату, який технологічно простіше вирощується.

Відбір клопів упродовж трьох поколінь за бажанням субстрату для відкладання яєць дав змогу сформувати високожиттєздатну і плідну лінію, яка віддає перевагу відкладанню яєць на тютюні.

На четвертому поколінні відбір здійснюють за такими ознаками: маса тіла – впродовж 4 поколінь, тривалість життя – впродовж 5 поколінь та стійкість до отрутохімікатів – упродовж 3 поколінь.

Запропоновані способи селекційного поліпшення біоматеріалу макролофуса дали змогу отримати лінії комах, що характеризуються різними біологічними показниками і можуть бути успішно використані в програмах технічної ентомології залежно від мети розведення.

У результаті добору за ознакою маси тіла та за стійкістю до залишків отрутохімікатів може бути сформовано високожиттєздатні та плодючі лінії біоагентів, які можна використати в програмах біозахисту рослин у захищеному ґрунті (лінії I, III). Використання життєздатних ліній комах, стійких до залишкових кількостей інсектицидів, дасть змогу підвищити економічну ефективність програм біозахисту захищеного ґрунту у разі спільного використання ентомокультури та хімічних препаратів. Лінії I і III можна використовувати для досліджень та як стартові в процесі виробництва. Добір за ознакою тривалості життя дає змогу формувати високожиттєздатну культуру, рекомендовану до використання у програмах тривалого утримання маточних культур (лінія II).

Висновок

Проведено комплексне дослідження введення в культуру і розведення хижих клопів *M. pygmaeus*. Засновників для формування лабораторної культури клопів отримували через вилучення особин з природної популяції *M. pygmaeus*.

Встановлено, що найвищу технологічну придатність для масового виробництва макролофуса має тютюн. Визначено, що оптимальними гігротермічними умовами для розвитку *M. pygmaeus* є: t = (24–26) °C, φ = (70–80) %. Досліджено динаміку споживання корму клопами у всіх стадіях розвитку. В результаті добору клопів за ознакою маси тіла, тривалістю життя та стійкістю до залишків отрутохімікатів може бути сформовано високожиттєздатні та плодючі лінії біоагентів, які можна використати в програмах біозахисту рослин у захищеному ґрунті.

Біологічні показники культур хижих клопів, вирощених при визначених режимах та з використанням добору, відповідають середньостатистичній нормі, що характерно для розглянутого виду. Отримані результати експериментів надалі можуть бути використані при створенні нових, менш матеріалозатратних методів розведення хижих клопів.

Список використаних джерел до підрозділу 2.3

1. *Тронь М. М., Крижанівська Т. В.* Використання ентомофагів у боротьбі з шкідниками закритого ґрунту. *Захист і карантин рослин*. 1996. Вип. 44. С. 113–126.
2. *Ахатов А. К., Ижевский С. С.* Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба). Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 307 с.
3. *Тронь Н. М., Крижанівська Т. В., Боярин В. В.* Значення хижаків-поліфагів в обмеженні розмноження сисних шкідників рослин закритого ґрунту. *Вісник зоології*. 1998. № 39. С. 176.
4. *Тронь М. М., Крижанівська Т. В., Боярин В. В.* Ентомофаги закритого ґрунту. *Захист рослин*. 1999. № 2. С. 9.
5. *Боярин В. В.* Макролофус – проти білокрилки. *Захист рослин*. 2001. № 4. С. 18.
6. *Боярин В. В., Тронь М. М.* Макролофус: взаємозв'язки в системі триотрофу «рослина – фітофаг – ентомофаг». *Захист рослин*. 2003. № 10. С. 12–14.
7. *Садок* для розведення хижих клопів: пат. 123755 Україна: МПК A01K 67/00. № u201708503; заявл. 19.08.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 6. 4 с.
8. *Садок* для розведення та розселення хижих клопів: пат. 141170 Україна: МПК A01K 67/00; № u201909156; заявл. 08.10.2019; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6. 4 с.
9. *Акименко Л. М., Злотин А. З., Браславский М. Е. Отбор* высоко жизнеспособных семей по чувствительности гусениц к низким температурам. *Шелководство*. 1977. № 4. С. 11–12.
10. *Ворошилов Н. В.* Методические указания по принципам селекции энтомофагов. Ленинград: ВИЗР, 1979. 32 с.
11. *Никоро З. С., Васильева Л. А., Гинзбург Э. Х.* Применение формулы Харди-Вайнберга при анализе генетического полиморфизма. *Математические модели эволюционной генетики.* Новосибирск: Наука, 1980. С. 127–141.
12. *Никоро З. С., Гинзбург Э. Х.* Генетико-математические методы внутрипопуляционной селекции. *Генетическая теория отбора, подбора и методов разведения животных.* Новосибирск: Наука, 1976. С. 33–40.
13. *Никоро З. С., Стакан Г. А., Харитонова Л. Н.* Теоретические основы селекции животных. Москва: Колос, 1968. 440 с.
14. *Струнников В. А.* Генетические методы селекции и регуляции пола тутового шелкопряда. Москва: Агропромиздат, 1987. 327 с.

15. *Головко В. А., Чепурная Н. П., Злотин А. З.* Селекция и контроль качества культур насекомых. Харьков: Оригинал, 1995. 174 с.
16. *Алтухов Ю. П.* Генетические процессы в популяциях: учебн. пособ. Москва: ИКЦ «Академкнига», 2003. 431 с.
17. *De Bach P.* The competitive displacement and coexigten ceprinsiples. *Ann. Rew. Entomol*. 1966. V. 11. P. 183–212.
18. *Мошкин М. П., Шилова С. А.* Разнокачественность особей как механизм поддержания стабильности популяционных структур. *Успехи современной биологии*. 2008. Т. 128. № 33. С. 307–320.
19. *Злотин А. З.* Селекция насекомых. *Итоги науки и техники ВИНИТИ. Сер.*: *Энтомология*. 1990. С. 96–179.
20. *Wilkes A.* The influence of selection on the prefcrendum of a chalcid (Microplcctron fuscipennis Zctt.) and its significance in the biological control of an insect pests. *Proc. Roy. Soc. London. B*. 1947. V. 130. P. 400–415.
21. *Wilkes A.* The effects of selective breeding on the laboratory propagation of insect parasites. *Proceedings of the Royal Society of LondonB*. 1949. V. 134. P. 227–246.
22. *Щепетильникова В. А., Гусев Г. В., Тронь Н. М.* Методические указания по массовому разведению и применению трихограммы в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур. Москва: Колос, 1971. 56 с.
23. *Бачинская Я. А., Злотин А. З.* Межпородные и разносезонные скрещивания тутового шелкопряда и их влияние на показатели потомства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2005. № 1. С. 77–79.
24. *Маркина Т. Ю., Злотин А. З., Головко В. А.* Теоретическое и экспериментальное обоснование приемов комплексной оптимизации культур насекомых по жизнеспособности и продуктивности. Харьков: РИП «Оригинал», 2001. 108 с.
25. *Злотин А. З.* Техническая энтомология: справ. пособ. Киев: Наукова думка, 1989. 183 с.

2.4. Біологічні основи розведення перспективного ентомофага родини *Coccinellidae* для боротьби зі шкідниками сільгоспкультур

Баркар В. П., Молчанова О. Д.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Кокцинеліди, або сонечка, – широковідомі представники ряду жуків (*Coleoptera*), родини *Coccinellidae*, мають велике біологічне значення в агроекосистемах, переважна більшість з них є ефективними ентомофагами. Регулюють чисельність багатьох шкідників сільськогосподарських і дикорослих рослин, таких як попелиці, листоблошки, трипси, червеці й щитівки, кліщі; знищують яйця і гусениць совок та інших лускокрилих, листоїдів та інших фітофагів. У трофічних ланцюгах в посівах сільськогосподарських культур сонечка є найважливішими консументами другого порядку.

Висока екологічна пластичність сонечок і високорозвинені міграційні здібності дають їм змогу займати найрізноманітніші природні стації і агробіоценози. Їх масове розмноження в посівах сільськогосподарських культур у багатьох випадках дає можливість скорочувати обсяги хімічних обробок і сприяє зменшенню пестицидного навантаження на навколишнє середовище, підтримує його екологічну рівновагу.

Хижі кокцинеліди мають ряд переваг порівняно з іншими хижими комахами. Особливості біології визначають високу ефективність ентомофагів у знищенні шкідників сільськогосподарських культур, особливо попелиць. Вони харчуються попелицями як в стадії імаго, так і личинковому стані та мають прекрасну пошукову здатність. Більшість з них добре пристосовується до умов навколишнього середовища і мешкає в найрізноманітніших екологічних нішах і мікростаціях, заселяючи не лише різні види рослин, а й усі їх яруси. Сонечка легко відновлюють чисельність, розмножуючись часто в значних кількостях.

За практичного використання кокцинелід важливими є ряд проблем, пов'язаних з вивченням основних моментів біології, екології та етології кокцинелід, в розробці способів масового розведення, а

також створення методів тривалого зберігання, що дають змогу накопичувати живий матеріал в осінньо-зимовий період для подальшого використання [1]. Основними способами практичного застосування кокцинелід є сезонний випуск, внутрішньоареальне розселення, збереження місцевих видів і підвищення їх ефективності.

Основною метою при створенні нових технологій розведення *Coccinellidae* є обґрунтоване наближення параметрів їх промислового розведення до природних умов існування, що є необхідною умовою для збереження адаптивності та пошукової здатності особин ентомофагів за розселення в агроценозах.

Одним з найважливіших чинників розвитку культур комах є харчування, наближене по своєму складу до природних кормів. Ключовим моментом за організації культивування комах-фітофагів є вибір харчування, яке має забезпечувати життєздатність комах у ряді послідовних поколінь і при цьому не містити в собі компоненти з високою вартістю, інакше його використання робить культивування економічно недоцільним.

Імаго більшості кокцинелід належать до поліфагів та можуть упродовж тривалого часу харчуватись полісахаридами, але личинкам для нормального розвитку необхідна тваринна їжа [1].

Найширше як корм для кокцинелід використовують живих попелиць (*Homoptera, Aphidiae*), зокрема, звичайних злакових попелиць (*Schizaphis graminum* Rondani, 1852), що вирощують на різних рослинах [2–8]. Використовувались як корм попелиці, заморожені при низьких температурах [9, 10], але ця методика потребує частої зміни корму і, крім того, використання заморожених попелиць спричиняла сильне забруднення ємностей, в яких вирощувались ентомофаги, що робить її абсолютно неприйнятною при масовому розведенні. Добрі результати було отримано за використання як корму яєць млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella* Zeller, 1879) для розведення (*Adonia variegata* Goeze, 1777) [11] і яєць зернової молі (*Sitotroga cerealella* Oliver, 1789) для розведення *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758) [12]. Задовільні результати отримано за використання як корму заморожених личинок і лялечок трутнів медоносних бджіл для розведення *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) [13, 14].

Розроблено багато штучних поживних середовищ для вирощування кокцинелід у лабораторних умовах [15–18]. Але недоліком штучних поживних середовищ було те, що вже через кілька поколінь сонечка втрачали здатність відкладати яйця та збільшувався термін розвитку личинок. Через це було прийнято рішення про пріоритетне переважання природних кормів з урахуванням трофічних зв'язків *Coccinellidae*.

Для створення лабораторної культури потрібно отримати засновників з природної популяції (стартова колонія). Збирання комах родини кокцинелід з природи здійснювалося в квітні – липні в Одеській області в смт Хліободарське, с. Фонтанка, с. Нова Дофінівка, с. Грибівка (*табл. 2.4.1*). Комах збирали на квітучих травах, оскільки першорядний корм для них після виходу із зимівель і настанням тепла – це пилок квітів.

Таблиця 2.4.1. **Термін та місце збирання комах родини *Coccinellidae***

Місце збирання, р-н Одеської обл.	**Дата збирання**	**Види *Coccinellidae*, яких зібрали**				
		***Adonia variegata* G.**	***Scymnus frontalis***	***Harmonia axyridis* L.**	***Coccinella septempunstata* L.**	***Propylaea quatuordecimpunctata* L.**
с. Грибівка, Овідіопольський р-н	17.05.2016	–	–	6	6	–
	08.06.2016	6	3	9	25	3
смт Хліободарське, Біляївський р-н	20.04.2016	–	–	–	2	–
	03.05.2016	–	–	2	16	–
	16.05.2016	–	–	15	20	–
	29.05.2016	–	–	17	20	–
	04.07.2016	–	–	3	8	–
с. Нова Дофінівка, Лиманський р-н	27.05.2016	2	–	15	18	4
	16.06.2016	7	–	10	23	7
с. Фонтанка, Лиманський р-н	20.04.2016	–	–	7	3	–
	10.05.2016	2	–	16	9	1
	24.05.2016	15	11	25	21	9

Для збирання з природи комах застосовували метод косіння, струшування, ручного збирання. Зібраних комах розміщували у пробірки з ватними тампонами. Як тільки пробірку було наповнено, її вміст витрушували в невеликий вентильований фанерний ящик з кришкою, який наповнено наполовину сухим листям. Заповнені ящики ставили у темне, прохолодне і сухе місце. Личинок молодших віків залишали у пробірках з субстратом і кормом.

Після створення стартової колонії основне завдання – замкнути життєвий цикл виду в умовах лабораторії. Лабораторна культура – це штучна популяція, що завершила не менше ніж один повний життєвий цикл у штучних умовах. Процес введення в лабораторну культуру наведено в загальній технологічній схемі (рис. 2.4.1).

Основним кормом, який ми застосовували, була злакова попелиця (*S. gramina*). Також було застосовано додаткове харчування яйцями лускокрилих, зокрема, яйцями млинової вогнівки (*E. kuhniella*) і зернової молі (*S. cerealella*), а також вуглеводної підгодівлі.

Розведення проводилося за температури повітря від 20 до 25 °С, відносної вологості повітря від 70 до 80 % і довжини світлового дня з 8 до 16 год. Утримання жуків і личинок здійснювалося в пластикових циліндрах, обтягнутих ситотканиною (рис. 2.4.2).

Рослини, висаджені в ємності з колоніями попелиці, поміщали в садки. Після появи кладок яєць їх разом з листям, на яких вони розташовувались, переносили в інші садки або чашки Петрі.

Кладки яєць переглядали кожний день. Як тільки деякі яйця починали темніти, що свідчило про швидке відродження личинок, в садки розкладали проростки пшениці з попелицями, щоб личинок одразу ж було забезпечено їжею. Кокцинеліди відкладали яйця на будь-яких поверхнях, охоче яйця комахи відкладали на ростки пшениці, де безпосередньо відбувалося їх харчування.

Одним із завдань нашої роботи було визначення найдоцільнішого виду комах серед виявлених кокцинелід, для введення його в культуру та масового розведення в штучних умовах. Було випробувано п’ять видів: *Coccinella septempunctata* L., *Adonia variegata* G., *Propylaea quatuordecimpunctata* L., *Scymnus frontalis* (Fabr., 1787), *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (рис. 2.4.3–2.4.7).

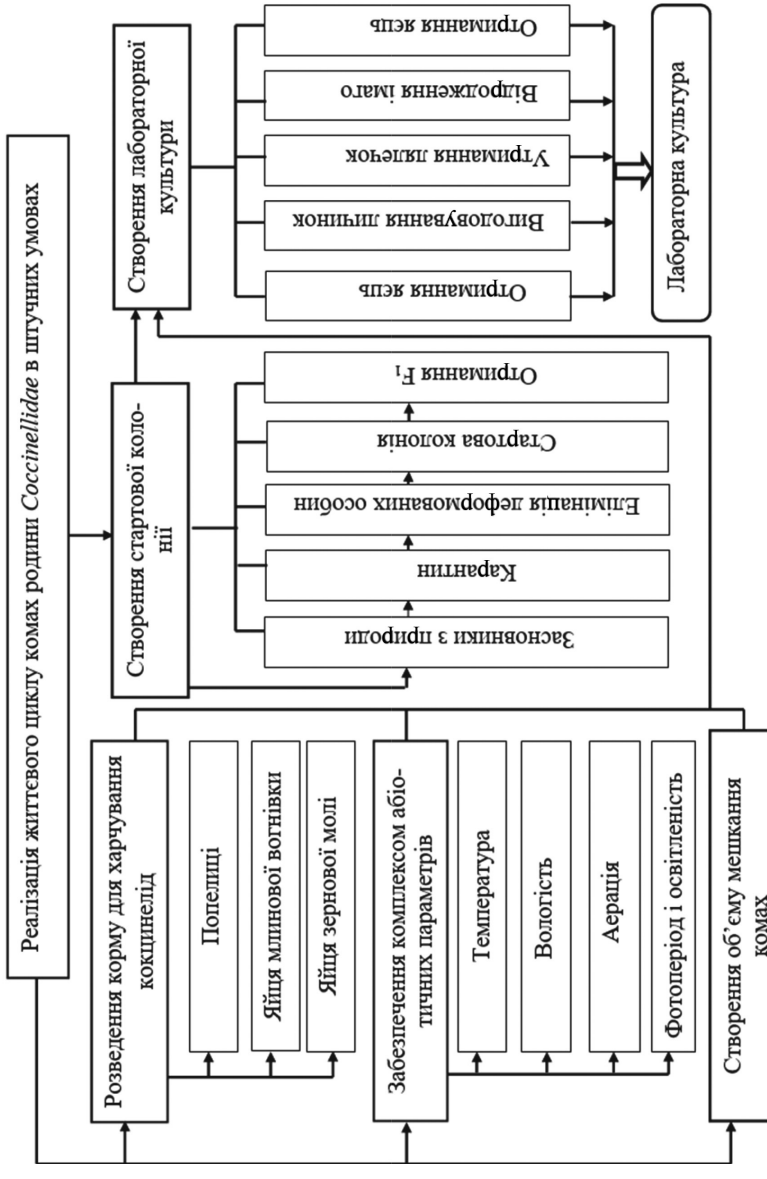


Рис. 2.4.1. **Схема введення в лабораторну культуру комах родини *Coccinellidae***



Рис. 2.4.2. **Ємності для утримування кокцинелід**



а



б

Рис. 2.4.3. **Пропілея чотирнадцятикрапкова** (*фото авторів, 2016 р.*): *а* – стадія імаго; *б* – стадія личинки



Рис. 2.4.4. **Сцімнус широколобий у стадії імаго** (*фото авторів, 2016 р.*)



а



б

Рис. 2.4.5. **Гармонія азійська** (*фото авторів, 2016 р.*):
а – стадія імаго; *б* – стадія личинки



а



б

Рис. 2.4.6. **Адонія мінлива** (*фото авторів, 2016 р.*):
а – стадія імаго; *б* – стадія личинки



а



б

Рис. 2.4.7. **Семикрапкове сонечко** (*фото авторів, 2016 р.*):
а – стадія імаго; *б* – стадія личинки

Аналіз проведених досліджень показав, що *S. frontalis* погано розводився в штучних умовах, у цього виду дуже ніжні личинки, які пошкоджуються при маніпуляціях, тому цей вид було визнано технологічно непридатним для масового розведення. Вивчення особливостей розведення *A. variegata, P. quatuordecimpunctata* показало, що вони добре розводяться в лабораторних умовах. Отримано 6 поколінь хижаків. Але треба відзначити зниження індивідуальної плодючості самок *A. variegata* після четвертого покоління.

C. septempunctata адаптувалась краще за вказані вище види ентомофагів. Нами було отримано чотири покоління цього виду. Також отримано вісім поколінь *H. axyridis.* Цей вид порівняно з іншими дуже добре адаптувався. Але його здатність витісняти місцеві види кокцинелід потребує подальшого ретельного вивчення щодо можливостей його використання як агенту біометоду.

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що найперспективнішими та технологічними для масового розведення видами є *C. septempunctata* та *P. quatuordecimpunctata* [19, 20]. Їх біологічні показники не погіршувались упродовж поколінь та були наближені до показників природних популяцій.

Було досліджено залежність розвитку яєць *P. quatuordecimpunctata* від температурного режиму (15–30 °С). Яйця утримували в чашках Петрі по 30 шт. Повторність 3-кратна (*табл. 2.4.2*).

Таблиця 2.4.2. **Розвиток яєць *P. quatuordecimpunctata* за різних температур**

№ досліду	Температура, °С	Кількість відроджених личинок, %	Термін розвитку яєць, діб
1	15	38,9±2,7	9,8±0,5
2	20	72,0±3,5	5,0±0,3
3	25	28,0±1,3	3,4±0,3
4	30	8,5±0,5	2,5±0,2

З підвищенням температури термін дозрівання яєць знижувався. Так, за найнижчої, 15 °С, цей строк становив 9,75 діб, а за найвищої, 30 °С – 2,5 доби. Найбільший вихід личинок з яєць відбувався за температури 20 °С та становив 72 %. Найнижча відроджуваність

личинок, що не досягла навіть 10 %, спостерігалась за температури 30 °С.

Визначено термін розвитку яєць *C. septempunctata* та виживаність личинок упродовж першої доби за температур 20 °С, 25 та 30 °С. За найвищої, 30 °С, розвиток яєць становив 2 доби, за температури 20 °С яйця розвивались упродовж 3; 7 діб (рис. 2.4.8). Найнижчий вихід спостерігався за температури 20 °С і становив 56,8 % (*табл. 2.4.3*). Однак всі відроджені личинки вижили, життєздатність – 100 %. Натомість за температури 30 °С відроджуваність була стовідсоткова, але впродовж першої доби 82,3 % личинок загинули.

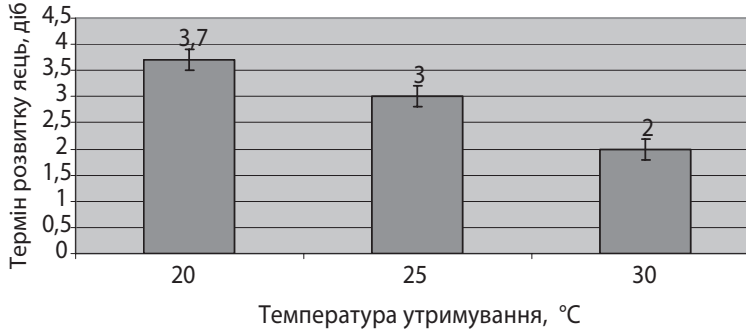


Рис. 2.4.8. **Залежність розвитку яєць *C. septempunctata* від температури**

Таблиця 2.4.3. **Інкубація яєць та життєздатність відроджених личинок *C. septempunctata* за різних температур**

№ досліду	Температура, °С	Кількість личинок, %	
		відроджених	що вижили впродовж першої доби
1	20	56,8±2,3	56,8±2,3
2	25	100,0	73,5±3,6
3	30	100,0	17,7±1,1

Дані *табл. 2.4.3* свідчать, що найкращий результат було отримано за температури 25 °С. При стовідсотковому виході з яєць високу життєздатність продемонстрували 73,5 % личинок.

Було досліджено залежність розвитку личинок *P. quatuordecimpunctata* від температурного режиму (15 °С, 20, 25, 30 °С). Комах утримували в чашках Петрі по 30 шт. Повторність трикратна (*табл. 2.4.4*).

Таблиця 2.4.4. **Розвиток личинок *P. quatuordecimpunctata* за різних температур**

№ досліду	Температура, °С	Кількість личинок, що заляльк увалися, %	Розвиток від стадії яйця до стадії лялечки, діб
1	15	32,6±1,4	36,8±1,5
2	20	44,0±2,8	18,5±0,8
3	25	68,2±3,0	7,8±0,4
4	30	60,1±2,4	7,5±0,5

Дані *табл. 2.4.4* свідчать, що термін розвитку комах від яйця до стадії лялечки з підвищенням температури знижувався. За найнижчої, 15 °С, температури строк розвитку личинок становив 36,75 діб, за найвищої, 30 °С – 7,5 діб. Найвища виживаність у ювенальній стадії спостерігалась у варіанті, де підтримувалась температура 25 °С. Заляльк увались 68,2 % личинок. Найменше комах досягли стадії лялечки за температури 15 °С – 32,6 %.

Найдовший термін розвитку лялечок спостерігався за температури 15 °С і становив 19 діб порівняно із 4,5 доби за температури 30 °С. Найбільше імаго відродилось з лялечок, що розвивались за температури 25 °С – 80 %.

За температур 20, 25 та 30 °С визначався розвиток личинок *C. septempunctata* від стадії яйця до стадії лялечки (*табл. 2.4.5*). І також з підвищенням температури строк розвитку личинок знижувався.

Таблиця 2.4.5. **Розвиток личинок *C. septempunctata* за різних температур**

№ досліду	Температура, °С	Кількість личинок, що заляльк увались, %	Термін розвитку від яйця до лялечки, діб
1	20	55,6±2,4	15,2±0,6
2	25	6,7±0,7	11,0±0,4
3	30	5,8±0,5	8,2±0,2

Слід зауважити, що найбільша виживаність визначалась при утримуванні комах за найнижчої температури – 20 °С. Стадії лялечки досягли 55,6 % личинок. За температур 25 та 30 °С цей показник істотно нижчий та не становив навіть 10 %.

Імаго та личинок утримували в термостатах за різних температур. Визначено, що личинки обох видів хижаків втрачають рухливість за температури повітря нижче 9 °С. Під час досліджень використовували паперові пакети, чашки Петрі, харчові поліетиленові пакети, пластикові харчові ємності.

Визначалась виживаність кокцинелід після зберігання за знижених температур. До проведення досліджень комахи вирощувались в садках за температури повітря від 23 до 25 °С. Імаго зберігали в термостатах за температур (8,0 ± 0,5) °С, (5,0 ± 0,5) та (3,0 ± 0,5) °С упродовж чотирьох тижнів без надання корму. Після цього терміну підраховували кількість загиблих комах. Під час проведення дослідів імаго розміщували в пакети з фільтрувального паперу та в пакети, загорнуті у харчовий поліетилен. Досліди проводили у 3-кратній повторності.

Зберігання імаго *C. septempunctata* відбувалось за трьома температурними режимами (*табл. 2.4.6*). При поступовому зменшенні температури істотно не відрізнялася виживаність імаго *C. septempunctata* лабораторної популяції та вилучених з природи через 30 діб (варіант I, II). Також не відрізнялася виживаність комах природної популяції після кінцевого зниження температур до (5 ± 0,5) та (3 ± 0,5) °С (варіант III). В усіх варіантах цей показник становив 94–96 %.

Таблиця 2.4.6. **Схеми досліджень зі зберігання *C. septempunctata* на стадії імаго**

Варіант	Походження	1 доба	2 доба	3 доба	4–30 доба
		Температура, °С			
I	Лабораторна популяція, вік імаго 30–45 діб	12 ± 0,5	8 ± 0,5	5 ± 0,5	5 ± 0,5
II	Природна популяція	12 ± 0,5	8 ± 0,5	5 ± 0,5	5 ± 0,5
III	Природна популяція	12 ± 0,5	8 ± 0,5	5 ± 0,5	3 ± 0,5

Зберігання імаго *P. quatuordecimpunctata* відбувалось за трьома температурними режимами (*табл. 2.4.7*). Виживаність імаго комах, у I варіанті, де температура з першого дня зберігання становила (5 ± 0,5) °С, була на 10 % нижчою, ніж у II варіанті, де температура зменшувалась поступово до (5 ± 0,5) °С.

Таблиця 2.4.7. **Схеми досліджень зі зберігання *P. quatuordecimpunctata* на стадії імаго**

Варіант	Спосіб зберігання	1 доба	2 доба	3–30 доба
		Температура, °С		
I	Пакет з фільтрувального паперу	5 ± 0,5	5 ± 0,5	5 ± 0,5
2	Пакет з фільтрувального паперу	12 ± 0,5	8 ± 0,5	5 ± 0,5
2I	Пакет з фільтрувального паперу, загорнутий у харчовий целофан	12 ± 0,5	8 ± 0,5	5 ± 0,5
IV	Пакет з фільтрувального паперу	12 ± 0,5	8 ± 0,5	8 ± 0,5
V	Пакет з фільтрувального паперу	8 ± 0,5	8 ± 0,5	8 ± 0,5

Найнижча виживаність (30 %) спостерігалась у третьому варіанті, де комахи розміщувались в пакетах з фільтрувального паперу, загорнуті у харчовий поліетилен, та зниження температур відбувалось також поступово до (5,0 ± 0,5) °С. Вищі показники спостерігались у варіантах, де кінцева температура становила (8,0±0,5) °С. І знову різке зниження температури до 8 °С (V варіант) продемонструвало гірший (60 %) результат, ніж у IV варіанті, де зниження температури відбувалося поступово. Виживаність у IV варіанті була найвищою по досліду і становила 73,3 %.

Дослідження з хижаками в ювенальній стадії проводили з лабораторною популяцією *P. quatuordecimpunctata,* використовуючи другу та четверту вікові групи личинок. Були вивчено такі постійні температури зберігання: (5,0±0,5) °С, (8,0±0,5) °С. Під час досліджень було використано чашки Петрі, в які розміщували по 15 личинок. Кожні сім днів підраховувалась кількість живих та загиблих особин. Виживаність личинок другої та четвертої вікових груп за температури (8,0±0,5) °С перевищувала виживаність відповідних вікових груп за температури (5,0±0,5) °С (рис. 2.4.9). Упродовж перших двох тижнів за обох температур найвищі показники

спостерігались у личинок четвертого віку. За цей термін у I варіанті жодна комаха не загинула, тоді як у III варіанті виживаність становила 91,7 %. Слід зауважити, що після двох тижнів зберігання летальність в обох варіантах почала стрімко підвищуватись.

Значно нижчими були результати у варіантах, де за тих самих температур утримували личинок другої вікової групи. Але тенденція зберігалась і різниця між варіантами була істотнішою. Уже через тиждень за температури (8,0±0,5) °С (II варіант) виживаність становила 93,5 % порівняно із 64,7 % в IV варіанті, де комах утримували за температури (5,0±0,5) °С. На 28-му добу кількість комах, що вижили у II варіанті, становила 50 %, тоді як у IV практично всі комахи загинули. Слід зазначити, що після трьох тижнів зберігання за температури (8±0,5) °С виживаність личинок другої вікової групи почала перевищувати виживаність у III варіанті, де комахи четвертої вікової групи утримувались за температури (5,0±0,5) °С.



Рис. 2.4.9. **Виживаність личинок *P. quatuordecimpunctata* за знижених температур:** I – личинки IV віку, температура утримування – (8 ± 0,5) °С; II – личинки II віку, температура утримування – (8 ± 0,5) °С; III – личинки IV віку, температура утримування – (5 ± 0,5) °С; IV – личинки II віку, температура утримування – (5 ± 0,5) °С

Проведено дослідження з годування хижаків у ювенальній стадії. Метою було визначення оптимального раціону годування, що передбачає використання яєць молей. Дослідження проводили з лабораторними культурами пропілеї чотирнадцятикрапкової десятого покоління, сонечка семикрапкового сьомого покоління. Годування личинок здійснювали звичайною злаковою попелицею, яйцями зернової молі та млинової вогнівки лабораторних культур, а також замороженими яйцями цих молей. Дослідження здійснювалось у 3-х повторностях.

Для досліджень відбирались свіжі кладки яєць кокцинелід одного віку (з різницею не більше 12 год) з одного садка [21]. Яйцекладки розміщували в чашки Петрі в кількості по 2, 3 залежно від розміру. Оскільки відділити окремі яйця від кладки, не пошкодивши їх, дуже важко, домогтися однакової кількості яєць в усіх ємностях не було можливості. Але різниця мала бути мінімальною, і становила не більше 5 шт. В різних дослідах середня кількість яєць *P. quatuordecimpunctata* на чашку становила 20–25 шт., *C. septempunctata* – від 30 до 40 шт. Годування для кожного варіанта відрізнялося. Використовувався певний вид корму впродовж всього розвитку від яйця до лялечки або на окремих етапах цього процесу. При вигодовуванні сонечок попелицею розвиток личинок *C. septempunctata* тривав 8 діб, *P. quatuordecimpunctata* – 6 діб (*табл. 2.4.8*).

У варіанті вигодовування личинок свіжими яйцями молей процес перетворення в лялечку починався на 1 добу пізніше, ніж у варіанті з попелицями. Тоді як при годуванні замороженими яйцями молей цей термін збільшувався ще на дві доби. Найбільша загибель спостерігалась у личинок, яких годували тільки яйцями молей, починаючи з І віку. У варіантах годування яйцями млинової вогнівки життєздатність лялечок була дуже низькою. З коконів практично не спостерігався вихід імаго, як і у варіанті годування зерновою міллю. Найкращі результати було отримано у варіантах, де личинок І та ІІ вікових груп годували попелицею, а личинок ІІІ і ІV – свіжими яйцями зернової молі.

Для визначення динаміки споживання корму личинками *P. quatuordecimpunctata* використовували пробірки Флоринського.

Щойно відроджених личинок по одній особині розміщували в пробірки, які закривали ватно-марлевими тампонами. Повторність 5-кратна. Також у ці ємності поміщали звичайних злакових попелиць. Кожної доби кокцинелід переміщували в інші ємності та підраховували кількість попелиць, що залишились. Визначали скільки фітофага може знищити одна личинка впродовж однієї доби (*табл. 2.4.9*).

Таблиця 2.4.8. **Термін розвитку личинок від стадії яйця до стадії лялечки та виживання залежно від раціону годування за віком**

№	Тип годування личинок за віком				Термін розвитку *C. septempunctata* від стадії яйця до стадії лялечки, діб	*P. quatuordecimpunctata*	
	I	II	III	IV		термін розвитку від стадії яйця до стадії лялечки, діб	виживання до стадії лялечки, %
1	П	П	П	П	8	6	40,8 ± 1,6
2	П	ЗМ	ЗМ	ЗМ	9	7	23,0 ± 2,3
3	П	П	ЗМ	ЗМ	9	7	35,0 ± 2,7
4	П	П	П	ЗМ	8	6	29,3 ± 1,4
5	ЗМ	ЗМ	ЗМ	ЗМ	9	7	22,0 ± 0,4
6	П	ЗМз	ЗМз	ЗМз	11	9	12,0 ± 1,2
7	П	П	ЗМз	ЗМз	10	8	17,0 ± 0,7
8	П	П	П	ЗМз	9	7	16,0 ± 1,8
9	ЗМз	ЗМз	ЗМз	ЗМз	11	9	17,93 ± 2,0
10	П	МВ	МВ	МВ	9	7	20,1 ± 0,3
11	П	П	МВ	МВ	9	7	32,3 ± 2,1
12	П	П	П	МВ	8	6	32,5 ± 0,9
13	МВ	МВ	МВ	МВ	9	7	24,0 ± 1,7
14	П	МВ	МВ	П	9	7	20,6 ± 1,3
15	П	П	МВз	МВз	10	8	10,9 ± 0,9
16	П	П	П	МВз	9	7	15,0 ± 1,5
17	МВз	МВз	МВз	МВз	11	9	6,9 ± 2,0

Примітка: П – злакова попелиця; ЗМ – яйця зернової молі; ЗМз – яйця зернової молі після холодової обробки; МВ – яйця млинової вогнівки; МВз – яйця млинової вогнівки після холодової обробки.

Таблиця 2.4.9. **Кількість попелиць, яких знищено личинками *P. quatuordecimpunctata* впродовж їх розвитку**

Вікова група	Вік, доба	Середня кількість попелиць	
		за добу, шт.	за добу за віковими групами, шт.
I	1	12,2 ± 2,5	14,9 ± 3,8
	2	17,6 ± 2,4	
II	3	22,6 ± 2,3	24,6 ± 3,4
	4	26,6 ± 3,1	
III	5	28,4 ± 3,6	30,5 ± 4,3
	6	32,6 ± 3,9	
IV	7	37,2 ± 4,0	32,0 ± 14,7
	8	46,2 ± 4,4	
	9	12,6 ± 2,7	
Загалом за дослідом	Середня кількість	26,2 ± 10,7	25,5 ± 6,7

Розвиток личинок пропілеї за температури від 20 до 24 °С та відносної вологості повітря 80–85 % триває в середньому 8–10 діб залежно від особливостей популяції хижака та корму. У цьому разі цей термін становив 9 діб. Личинок I, II та III вікових груп тривав дві доби, а личинок IV групи – три доби. Зазвичай щонайменше споживання попелиць спостерігалось на першу та на останню добу розвитку. Показники істотно не відрізнялися – 12,2 і 12,6 шт. на личинку. У першому випадку це пояснюється дрібними розмірами личинки, а в другому – тим, що перед заляльковуванням личинки IV вікової групи перестають харчуватись.

Починаючи з першої вікової групи, кількість знищених попелиць щодня збільшувалася та досягла максимуму у личинок IV вікової групи на 8-му добу розвитку. В цьому віці личинки споживали більше 46 попелиць на особину за добу. Середня кількість знищених попелиць за добу впродовж розвитку вікової групи була найвищою в III та IV вікових групах. Ці показники становили відповідно 30,5 та 32 шт.

В цілому за дослідом загальна середня інтенсивність поглинання їжі личинок пропілеї чотирнадцятикрапкової становила 26,2 шт.

з урахуванням кожного дня розвитку. Середня ненажерливість за віковими групами становила 25,5 попелиць на добу. Середня кількість знищених попелиць за добу у II віковій групі незначно відрізнялась від цієї величини загалом за дослідом та становила 24,6 шт.

Визначався вплив початкової кількості попелиць на кількість знищених дорослими пропілеями фітофагів. Досліди проводились за температури від 19 до 21 °С та відносної вологості повітря від 62 до 68 %. Фотоперіод день : ніч становив 16: 8 год. Комах утримували в циліндричних ємностях заввишки 90 мм та діаметром 75 мм, виготовлені з оргскла. Дно та верхня частина ємностей були затягнуті ситотканиною.

Попелиць із паростків пшениці струшували на білий папір. За допомогою пензлика поодинці необхідну кількість комах переміщували в ємності. Після цього туди поміщали 1 імаго *P. quatuordecimpunctata,* яких упродовж 12 год утримували без їжі. Через 24 год сонечок з ємностей вилучали та підраховували кількість неушкоджених попелиць. Досліди проводили в 5-кратній повторності. У варіантах початкова кількість попелиць сановила 5, 10, 15, 30, 60 і 120 особин (*табл. 2.4.10*).

При підвищенні щільності фітофагів кількість впольованих шкідників також підвищувалась. Найнижчий показник (5 особин) спостерігався в першому варіанті, де кількість внесених шкідників була мінімальною (також 5 особин). Найвищий показник (34,3 особини) був у шостому варіанті з максимальною початковою кількістю попелиць, яка становила 120 особин.

Таблиця 2.4.10. **Залежність кількості попелиць, яких знищено дорослими особинами *P. quatuordecimpunctata* від початкової кількості шкідників**

№ досліду	Кількість попелиць, шт.	
	початкова	середня кількість знищених
1	5	5,0 ± 0,0
2	10	8,9 ± 1,8
3	15	12,2 ± 2,6
4	30	20,6 ± 4,8
5	60	26,7 ± 3,8
6	120	34,3 ± 8,0

Але при найменшій початковій кількості попелиць (5 особин на ємність) було знищено всі фітофаги. Надалі зі збільшенням щільності фітофагів зменшувалась частка

знищених попелиць відносно їх початкової кількості (рис. 2.4.10). При найвищій, 120 особин, початковій кількості попелиць частка тих, що було знищено жуками, була найнижчою та сановила 28,6 %. При щільності попелиць 5; 10 та 15 особин частка знищених комах досить висока та перевищувала 80 %. Це вказує на те, що вживання менше 12 попелиць на добу не задовольняє потреб організму хижаків для протікання фізіологічних процесів повною мірою. Також досить високий показник спостерігався при початковій кількості попелиць 30 особин. Знищено близько 20 шт., що становить майже 67 %. При початковій кількості попелиць 60 та 120 особин знищено менше 50 % фітофагів. Це вказує на те, що вже при вживанні понад 20 особин відбувалось повне насичення, і збільшення щільності жертви на інтенсивність харчування хижаків істотно не впливало.



Рис. 2.4.10. **Частка знищених попелиць від початкової кількості**

Для визначення рухової активності личинок використовували аркуш білого паперу розміром 1000 × 1000 мм, на якому нанесено діагоналі. На перехресті діагоналей (центр аркуша) розміщують личинку. Впродовж 1 хв через кожні 10 с крапкою відзначають перебування личинки (рис. 2.4.11). Згодом крапки з'єднують прямими відрізками, довжину яких вимірюють.

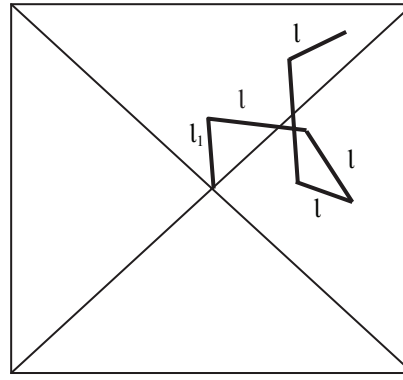


Рис. 2.4.11. **Визначення рухової активності кокцинелід**

Для визначення міграційної активності личинок кокцинелід використовували дослідний полігон, який розроблено. Він являє собою аркуш білого паперу розміром 1200 × 1200 мм, на якому накреслено сім концентричних кіл. Аркуш прикріплено до жорсткого картону.

Радіус центрального кола становив 10 мм. Інші кола накреслено зі збільшенням радіуса кожного щодо попереднього на 100 мм. Відповідно, радіус другого кола становив 110 мм, радіус крайнього сьомого кола – 610 мм. Через центр кіл проведено дві перпендикулярні лінії, що дає змогу розділити полігон на чотири сектори – А, Б, В, Г (рис. 2.4.12).

У центральне коло випускали 15 личинок одного віку та вилучених з одного садка. В дослідах визначали розташування комах через певний проміжок часу, незважаючи на зміну напрямку їх руху впродовж цього проміжку.

Наявність секторів дає можливість спостерігати за напрямками руху личинок залежно від наявності корму, розташування сторін світу та джерела світла. Наявність кілець допомагає визначити відстань від місця випуску, яку проходить личинка за певний проміжок часу. Встановлювали кількість личинок через 1 хв на різній відстані від місця їх випускання.

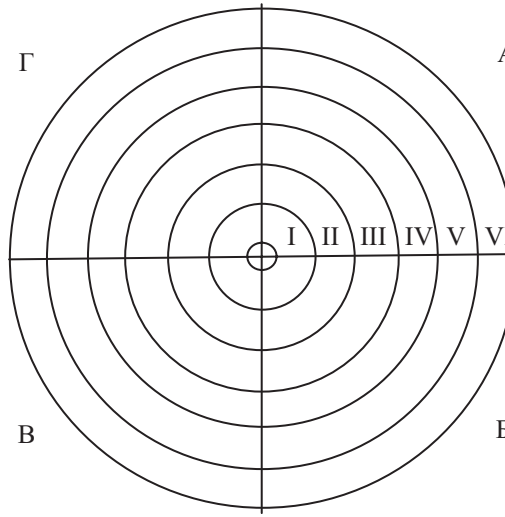


Рис. 2.4.12. **Дослідний полігон для визначення міграційної спроможності личинок кокцинелід**

Для попередньої обробки даних використовували програму MS Excel, в якій заповнювали таблицю (рис. 2.4.13), де обчислювали загальну кількість личинок окремо за напрямком руху та відстанню від місця випускання (позначено заливкою).

Сектор	**№ кільця, відстань від місця випускання**						**За напрям-ками**
	1 до 100 мм	**2 >100 мм**	**3 >200 мм**	**4 > 300 мм**	**5 >400 мм**	**6 >500 мм**	
	кількість личинок, %						
А							
Б							
В							
Г							
За відстанями							

Рис. 2.4.13. **Таблиця для визначення міграційної активності личинок кокцинелід**

Визначення ненажерливості личинок здійснювали у пробірках Флоринського. Личинок першої вікової групи по одній особині розміщували в пробірки, які закривали ватно-марлевими тампонами. Туди ж вміщували по двадцять личинок звичайної злакової попелиці. Через одну добу личинок переміщували в інші пробірки та підраховували кількість фітофага, що залишився.

Пересаджування личинок здійснювали щодня та підраховували корм (попелиць), що залишилися. Кількість попелиць, що вносили в пробірки з личинками, залежно від їх віку, наведено в *табл. 2.4.11*. Вікова група личинок хижака визначалась за скиданням кутикули.

Таблиця 2.4.11. **Кількість попелиць, що вносять у пробірки з личинками для визначення їх ненажерливості**

Вікова група	I	I	II	II	III	III	IV	IV
Вік, діб	1	2	3	4	5	6	7	8
Кількість попелиць, розміщених у пробірках з личинками, шт.	20*	20	25	35	85	85	130	130

* Личинки попелиць.

Для визначення лінійних розмірів личинок використовували мікроскоп бінокулярний з мікрометричним окуляром. Попередньо для запобігання рухливості комах, що унеможливлює вимірювання, їх упродовж 15 хв утримували в термостаті за температури 9 °С. Вимірювали довжину тіла від ротового апарата до кінця останнього сегмента черевця. Середню довжину тіла личинок розраховували як середнє арифметичне всіх вимірювань.

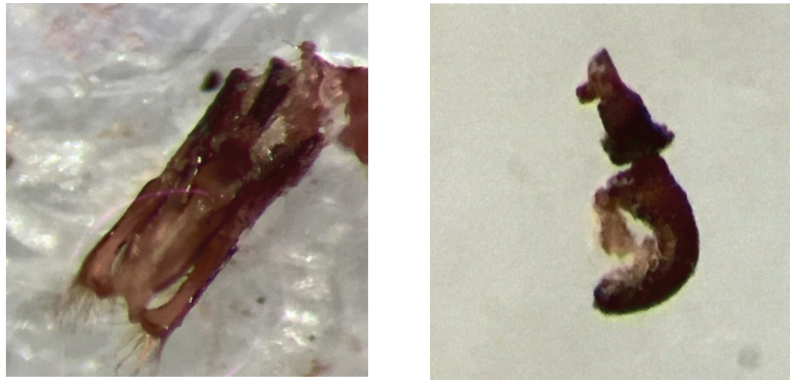
Для визначення виживаності личинок у три чашки Петрі розміщували яйця хижаків. Коли з них відроджувались личинки, підраховували їх кількість. Щоденно додавали їжу. По завершенні повного циклу їх розвитку (заляльковування) підраховували кількість лялечок.

Для визначення середньої маси імаго в пробірки Флоринського розміщували не менше 10 імаго, закривали ватним тампоном та зважували. Попередньо визначали масу пробірок разом з ватними тампонами.

З метою визначення середньої плодючості комах лабораторного покоління після виходу з лялечки впродовж 20 днів тримали в

спільних садках з кормом при оптимальних умовах утримання для парування та дозрівання самок. При великій щільності утримання жуки яйця не відкладали. Всіх імаго з садків розсаджували по окремих чашках Петрі, де як корм забезпечували попелицями. Самок визначали за наявністю яйцекладок. З появою яйцекладок комах пересаджували в інші чашки, а відкладені яйця підраховували.

На 15-ту добу відкладення яєць завершувалось (1-й цикл). Тому після цього терміну всіх жуків знову переміщували в спільні садки на два тижні для повторного парування. Згодом їх розсаджували по чашках Петрі на 15 діб до завершення відкладання яєць (2-й цикл). Середню плодючість визначали як співвідношення загальної кількості яєць до загальної кількості самок. Слід зазначити, що визначити стать комах за зовнішніми ознаками не завжди можна. Самки дещо більші самців. Але ця ознака відносна. Стать комах визначали після природної загибелі імаго або попередньо заморивши їх ефіром. За допомогою ентомологічних голок відділяли 3–4 останніх сегменти черевця, які для розчинення жирового тіла на 10–12 год занурювали в 10 %-й розчин *КОН*. З цих частин вилучали геніталії та визначали стать за наявністю яйцеклада та статевих склеритів (рис. 2.4.14). Для проведення досліджень використовувався бінокулярний мікроскоп МБС – 10.



а *б*

Рис. 2.4.14. **Геніталії кокцинелід** (*фото авторів, 2016 р.*):
а – самець; *б* – самка

Висновок

У результаті проведених досліджень встановлено, що одними з найперспективніших видів родини *Coccinellidae* в Південній Україні для розведення в лабораторних умовах та подальшого використання в агроценозах є сонечко семикрапкове (*Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758) та пропілея чотирнадцятикрапкова (*Propylea quatuordecimpunctata* Linnaeus, 1758).

На всіх стадіях розвитку з підвищенням температури термін розвитку комах знижувався. Максимальна виживаність яєць пропілеї чотирнадцятикрапкової спостерігалась за температури 20 °С, личинок та лялечок – за температури 25 °С. Оптимальні температури для сонечка семикрапкового протилежні. Найбільший вихід личинок спостерігався при утримуванні яєць за температури 25 °С, виживаність личинок та лялечок – за температури 20 °С.

У результаті досліджень визначено, що при зберіганні імаго *Propylea quatuordecimpunctata* впродовж 30-ти діб, якщо температуру знижувати поступово, виживаність підвищувалась. Це давало можливість комахам адаптуватись та уникнути фізіологічного стресу.

Розведення *Coccinella septempunctata* в лабораторних умовах не вплинуло на виживаність імаго при зберіганні. Порівняння було проведено з комахами природної популяції. Результати зберігання комах природної популяції за температури (5,0±0,5) і (3,0±0,5) °С істотно не відрізнялися. Ці температури сприятливі для зберігання жуків упродовж місяця.

Вразливіші до зниження температур *Propylea quatuordecimpunctata* у стадії імаго. Кількість жуків, що вижили після утримування за температури (5,0±0,5) °С, була на 20 % нижчою, ніж у варіанті, де кінцева температура зберігання становила (8,0±0,5) °С. Рекомендується зберігання імаго пропілеї чотирнадцятикрапкової за температури (8,0±0,5) °С у вентильованій ємності.

Також значно кращою визначено температуру (8,0±0,5) °С для зберігання личинок *Propylea quatuordecimpunctata*. Комах у стадії личинок четвертої вікової групи можна утримувати за цієї температури впродовж двох тижнів без втрат, личинок другої вікової групи – впродовж одного тижня з незначними втратами (6–7 %). Розробка способів зберігання може бути корисним засобом для

зниження собівартості продукції та задоволення пікового попиту сільгоспвиробників у вегетаційний період.

У раціоні личинок та імаго має бути попелиця. Для здешевлення продукції при наявності яєць зернової молі їх доцільно використовувати для годування личинок третьої та четвертої вікових груп. Для збільшення та інтенсифікації репродуктивності самок імаго, крім попелиць, потрібно годувати також медово-цукровим сиропом.

Отже, під час досліджень показано, що визначені показники можуть слугувати критеріями контролю за якістю штучної популяції кокцинелід і з успіхом використовуватись за промислового вирощування цього об'єкта біометоду захисту рослин. Здійснення контролю за біологічними показниками кокцинелід у процесі вирощування дасть змогу отримати високоякісну ентомокультуру хижака.

Максимальну кількість попелиць споживають личинки *P. quatuordecimpunctata* III–IV вікових груп. Оптимальною для імаго цього виду визначено 20–30 попелиць на одну особину хижака впродовж доби.

Список використаних джерел до підрозділу 2.4

1. *Семьянов В. П.* Разведение, длительное хранение и применение тропических видов кокцинеллид для борьбы с тлями в теплицах. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 29 с.
2. *Ляшова Л. В*. Роль корма в развитии коровки. *Защита растений.* 1980. № 7. С. 59.
3. *Петрова Л. И.* Временные методические указания по разведению и испытанию эффективности циклонеды в борьбе с тлями в защищенном грунте. Ленинград: ВИЗР, 1983. 17 с.
4. *Полякова Г. М.* К методике выращивания и использования личинок хищных кокцинеллид в борьбе с тлями плодовых деревьев. *Материалы III зоол. конф. пед. инст. РСФСР*. Волгоград, 1967. С. 334.
5. *Шметцер Н. В.* Разведение циклонеды в искусственных условиях. *Интродукция, акклиматизация и селекция энтомофагов*: сб. науч. тр. Ленинград: ВИЗР, 1987. С. 91–94.
6. *Blackman R. L.* The effects of different aphid foods on *Adalia bipunctata L.* and *Coccinella 7-punctata L. Ann . Appl. Biol.* 1967. V. 59. № 2. P. 207–219.
7. *Hamalainen M.* Rearing the univoltine ladybeetles, *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata* (*Col.*, *Coccinellidae*) all year around in the laboratory. *Ann. Agric. Fenn.* 1976. V. 15. № 79. P. 66–71.

8. *Hamalainen M.* Storing dormant *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata (Col., Coccinellidae*) adult in the laboratory. *Ann. Agric. Fenn*. 1977. V. 16. № 3. P. 184–187.
9. *Shands W. A., Shands M. K., Simpson J. W.* Techniques for mass-producing *Coccinella septempunctata*. *J. Econ. Ent.* 1966. V. 59. № 4. P. 1022–1023.
10. *Shands W. A., Holmes R. L., Simpson J. W.* Improved laboratory production of eggs of *Coccinella septempunctata. J. Econ. Ent.* 1970. V. 63. № 1. P. 315–317.
11. *Smirnoff W. A.* An artifical diet for rearing coccinellid beetles. *Can. Ent.* 1958. V. 90. № 9. P. 563–565.
12. *Olszak R. W.* Suitability of three aphid species as prey for Propylea quatuordecimpunctata. *Ecology of Aphidophaga*: Proc. of a Symp. Held at Zvikovske Podhradi (Sept. 2–8, 1984). Praha: Academia, 1986. P. 51–55.
13. *Okada I., Hoshiba H., Maruoka T.* An artifical rearing of a coccinellid beetle, Harmonia axyridis Pallas on Lyophilized honeybee brood. *Bull. Fac. Agric.* 1971. V. 11. P. 91–97.
14. *Okada I., Hoshiba H., Maehara T.* An artifical rearing of a coccinellid beetle, Harmonia axyridis Pal. on pulvirized drone honeybee brood. *Bull. Fac. Agric.* 1972. V. 12. P. 39–47.
15. *Ляшова Л. В., Овчинникова Т. Е., Бондарь Т. А.* Питательная среда для личинок пропилеи. *Защита растений.* 1984. № 10. С. 34.
16. *Семьянов В. П.* Методика лабораторного разведения семиточечной коровки. *Защита растений.* 1974. № 6. С. 32.
17. *Ferran A., Laforge J.-P.* L'alimentation artificielle des larves de la coccinelle aphidiphage Adonia 11-notata Schn. (*Col., Coccinellidae*). *II Ann. Zool. Ecol. Anim*. 1975. V. 7. № 3. P. 311–319.
18. *Niijima K., Matsuka M., Okada I.* Artifical diets for an aphidophagous coccinellid, Harmonia axyridis, and its nutrition (Minireview). *Ecology of Aphidophaga:* Proc. of a Symp. Held at Zvikovske Podhradi (2–8 sept. 1984, Praha). Praha: Academia, 1986. P. 37–50.
19. *Молчанова О. Д., Баркар В. П., Ольшевська Л. В.* Розведення кокцинелід в штучних умовах. *IX з'їзду Українського ентомологічного товариства*: тези доп. (20–23 серпня 2018, м. Харків). Харків: ПП «Стиль-Іздат», 2018. С. 80–81.
20. *Молчанова О. Д., Баркар В. П.* Створення лабораторних культур кокцинелід. *Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (1–5 жовтня 2018, м. Одеса). *Інформ. бюл. СІПРС МОББ.* № 53. Одеса: ПП «Фенікс», 2018. С. 241–245.
21. *Спосіб* збирання яєць кокцинелід: пат. 123098 Україна: МПК A01K 67/033, A01K 67/00. № u201708506; заявл. 19.08.2017; опубл. 12.02.2018, Бюл. № 3. 4 с.

2.5. До питання ефективності використання *Perillus bioculatus* у біологічному методі захисту рослин України

Баркар В. П., Маркіна Т. Ю.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Perillus bioculatus (Fabricius, 1775) з початку XX ст. привертає увагу вчених всього світу як перспективний ентомофаг. Комаха належить до ряду *Hemiptera* родини *Pentatomidae*. Ймовірно, клоп походить з південно-східної частини північноамериканських Скелястих гір, звідки прямував на схід за міграцією колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Sey, 1824), який став його цільовою жертвою [1]. У природному ареалі клоп поширений у країнах Північної Америки [2], зокрема Мексиці, США, Канаді.

Олігофаг харчується представниками кількох родин комах. Але в своєму раціоні віддає перевагу колорадському жуку, небезпечному шкіднику пасльонових [3]. Найбільшої шкоди жук завдає насадженням картоплі (*Solanum tuberosum* L., 1753).

На початку минулого століття, наприкінці Першої світової війни в Європу з Америки, разом з бульбою картоплі, було завезено найнебезпечнішого шкідника цієї культури – *L. decemlineata*. Існує ряд видів місцевих ентомофагів, що харчуються шкідником, але вони виявились майже нездатними істотно вплинути на популяцію шкідника [4]. Тому, практично не маючи природних ворогів, комаха почала поширюватись в Європі, а згодом в Азії. Для боротьби зі шкідником виробники змушені щороку використовувати різноманітні інсектициди, найчастіше хімічного походження. Очевидно, що це негативно впливає на екологічну чистоту продукції та навколишнє середовище. Крім того, шкідник виявляє високу резистентність до хімічних речовин. Як альтернативу використанню хімічних інсектицидів в усьому світі розглядається використання природних ворогів колорадського жука. Одразу після того, як жук почав поширюватись в Європі, увагу європейських ентомологів було спрямовано на акліматизацію його природних ворогів з Північної Америки [4]. *P. bioculatus* був одним

із хижих видів, біологія яких інтенсивно вивчалась в межах його природного ареалу.

У середині 1930-х років було зроблено спроби інтродукції клопа у Франції, але вони зазнали невдачі [5]. Незабаром розпочалась нова кампанія з інтродукції клопа [6]. Це спонукало до проведення значних досліджень з питань екології, етології, фізіології, масового вирощування та випуску хижака [7]. Також проводилась наукова робота на території сучасної України [8]. Найбільшого розмаху ці дослідження набули в 80–90-х роках минулого століття. Акліматизацію було визнано невдалою. Існують припущення, що окрім кліматичного фактора важливу роль зіграв той факт, що сезонний цикл розвитку клопа та колорадського жука дещо відрізняються. Тому після виходу з діапаузи періллюсу не було чим харчуватись [9]. Також існує припущення, що невдачі з акліматизацією хижака пов'язано зі швидкою дисперсією клопа, що унеможливлювало феромонний зв'язок між статями, а отже, перешкоджало спаровуванню [5]. Але несподівано почали проявлятись результати акліматизації. На рубежі тисячоліття періллюса виявили на Балканському півострові та в Туреччині.

В умовах Краснодарського краю у природі крім колорадського жука відзначено харчування періллюса личинками та імаго амброзієвого листоїда (*Zygogramma suturalis,* Fabricius, 1775) і гусеницями амброзієвої совки (*Tarachidia candefacta,* Hubner, 1831) [10]. Ці види було акліматизовано для боротьби з амброзією (*Ambrosia artemisiifolia*, Linnaeus, 1753), однією з найшкідливіших інвазійних рослин [11].

Хоча *P. bioculatus* і перебуває впродовж тривалого часу під пильною увагою ентомологів усього світу, більшість досліджень було спрямовано передусім на акліматизацію клопа. *По-перше,* для отримання щільності популяції рівня, аналогічного тому, що існує на батьківщині виду, потрібен час, а інтенсифікація сільського господарства потребує негайних заходів. *По-друге,* навіть досягнувши своєї пікової чисельності в біоценозах, клоп не здатний контролювати популяцію колорадського жука на рівні, що задовольнить потреби виробників сільськогосподарської продукції. Тому доцільно вирощувати періллюса в штучних умовах з наступною локальною

інтродукцією великої кількості хижака в агроценози. Для вирощування хижака в умовах техноценозу необхідно знати його біологічні, етологічні, екологічні особливості.

Імаго періллюса широкоовальні та більш-менш щитоподібні. Дорослі самці завдовжки 8,5–10 мм, самки – 10,5–11,5 мм. Мають переважно три феноформи залежно від кольору малюнка: біла, жовта та червона. Існують дані, що після виходу з діапаузи періллюс було представлено тільки червоно-чорною феноформою. Інші кольорові форми з'явились, коли стабілізувався температурний режим. З чого виникає припущення, що світліші форми більш теплолюбні [12].

У результаті лабораторних досліджень визначено, що хижак належить до термофільних видів [13]. Його нижній поріг розвитку становить +15 °С. Водночас холодостійкість діапауз у імаго досить значна і може сягати до – 15 °С [14]. У природному ареалі клоп зимує з вересня – жовтня до квітня – травня. Зазвичай у підстилці, але сплячих комах знаходять також всередині будівель [1].

Тривалість життя дорослої комахи сягає 1–2 міс. За цей час самка здатна відкласти 100–300 яєць, які відкладаються кладками по 10–25 шт., іноді в два ряди. За середньої температури 24 °С час розвитку яйця *P. bioculatus* становить близько 8 діб.

Личинки овальної форми. Існує п'ять личинкових вікових груп, довжина тіла яких відповідно становить 1,5 мм, 3, 4–5, 6–7 та 7–9 мм [1]. У першій віковій групі личинки потребують лише вологи, яку вони здобувають з соків рослин. Хижацтво починає проявлятись у другій віковій групі. За середньої температури 24 °С строк розвитку личинки становить близько 17 діб [14].

Клоп атакує жука на всіх стадіях розвитку, але є твердження, що він віддає перевагу яйцям. Підраховано, що в ювенальний період хижак споживає понад 300 яєць. Це вказує на значний потенціал для знищення популяції колорадського жука за умови наявності періллюса на початку сезону в великій кількості. Враховуючи, що навіть на батьківщині на початку сезону чисельність клопа на картопляних полях досить низька, випуски хижаків, яких вирощено в штучних умовах, можуть допомогти в знищенні осередків шкідника навесні. В незначних масштабах на невеликих ділянках було досягнуте значне скорочення щільної популяції личинок колорадського

жука через випуск від однієї до трьох личинок періллюса другої та третьої вікових груп на рослину [1].

Досить цікаві вияви анемотаксису у хижака. В пошуках здобичі він реагує на хімічні речовини, що виділяються рослинами, пошкодженими личинками колорадського жука [15].

У лабораторних умовах комах утримують в різноманітних ємностях. Яйця по 200–300 шт. поміщали в 0,5-літрові коробки для інкубації. Після відродження личинок вирощували разом до початку третьої вікової групи, після чого їх було розділено на групи по 25–30 на коробку. Всі вікові групи забезпечувались водою, починаючи з другої – їжею [16]. Оптимальною для розведення періллюса є температура від 25 до 27 °С, вологість повітря від 70 до 75 % і довжина світлового дня в осінньо-зимовий період не менше 16 год [17].

Одна з головних вимог за розведення комах, зокрема *P. bioculatus,* – звичайно повноцінне харчування. У штучних умовах для годування хижака використовують яйця та личинки його природних жертв. У своєму харчуванні клоп віддає перевагу яйцям та личинкам колорадського жука.

Визначено генетичну схильність у виборі їжі до колорадського жука, яку можна знизити вихованням батьків на альтернативній здобичі, збільшуючи шанси на виживання за відсутності цільової жертви [18].

У техноценозі для напрацювання хижака як корму використовують представників штучної культури фітофага. Ведуться дослідження із використання альтернативного корму для скорочення витрат при напрацюванні клопа в значних кількостях.

Визначено, що на розвиток личинки хижака значно впливає розмір її здобичі. Середня маса личинки *Perillus bioculatus* II вікової групи становить 2 мг, IV – 18 мг, личинки колорадського жука – 3,2 і 105,4 мг відповідно. Визначались успішність німф у захваті здобичі, виживаність упродовж ювенального періоду, строки розвитку личинкової стадії залежно від вікової групи жертви. Виживаність личинок клопа до стадії імаго при харчуванні личинками колорадського жука І вікової групи становить 90 %, личинками IV вікової групи – 12 %.

Вирощування комах для досліджень та боротьби зі шкідниками часто потребує накопичення та збереження великих популяцій

і транспортування живих особин. У технічній ентомології найчастіше це досягається завдяки використанню температур, нижчих за поріг розвитку комах. Температури зберігання в інтервалі від 9 до 15 °С істотно не впливають на виживаність упродовж 8 діб. Але за 10 діб зберігання вже спостерігалась смертність, що становить майже 20 % [19].

При зберіганні імаго за температур 4 та 10 °С упродовж 1 тижня значної різниці не відзначалося. Вже після трьох тижнів найбільша виживаність спостерігалась у дорослих особин, що попередньо харчувались штучним кормом та утримувались за температури 10 °С, і перевищувала 90 %. Але, після чотирьох тижнів утримування за тієї самої температури виживаність личинок, яких годовано штучною сумішшю, стрімко впала до позначки 70 %, тоді як німф, що харчувались личинками *Trichoplusia ni*, вижило понад 80 % [20].

Особлива увага приділяється методам інтродукції *P. bioculatus.* Після випускання 5 личинок хижака на рослину кількість колорадського жука було зменшено на 44 % [16]. На невеликих площах найчастіше проводять випускання клопа на стадії личинки. Також ведуться дослідження з оптимізації інтродукції клопа, зокрема, з використанням для випускання яєць хижака. Очевидно, що це несе певні ризики, оскільки в агроценозах є велика кількість хижих видів, що здатні знищити понад 60 % яєць *P. bioculatus* [21]. Отже, постає необхідність визначити методи захисту яєць та щойно відроджених німф у польових умовах.

Кафедрою ґрунтознавства та агропродовольчої інженерії Університету Лаваль, Квебек, Канада запропоновано механічний метод з використанням спеціального поширювача.

У цьому поширювачі личинок поміщають у невеликі контейнери і змішують з матеріалом-носієм. Як матеріал використовують попкорн, оскільки він легкий (не травмує комах), недорогий у виробництві, розкладається у природі, містить лакуни, де хижаки можуть сховатися, і легко падає, не чіпляючись за стінки контейнера. Ґрунтуючись на знаннях, що хижаки, яких випущено, охоплюють певну ділянку в полі, вирішено використовувати метод випускання в осередках шкідника. У полі контейнери, керуючись гідравлічною системою трактора, відкриваються в різних місцях, визначених

заздалегідь після польового моніторингу популяцій колорадського жука.

Хижаки, які досягають землі разом з матеріалом-носієм, піднімаються на рослини картоплі, щоб оселитися і шукати їжу, в цьому разі колорадського жука [22].

За даними Державної служби статистики України за останні роки обсяг виробництва (валовий збір) картоплі сягає понад 20 млн т на рік [23]. При цьому врожайність становить понад 150 ц/га. Загальна посівна площа культури – понад 1300 тис. га.

При цьому слід зазначити, що в усіх регіонах більшу частину виробництва зосереджено в приватних господарствах. З погляду використання *P. bioculatus* це досить важливо, оскільки на невеликих площах використання ентомофага не потребує складного високовартісного обладнання. Найбільше виробництво картоплі в Україні сконцентроване переважно в Поліссі, Лісостепу та Прикарпатті.

Використовуючи дані з монографії «Клімат України» [24], визначено середні показники температур для Полісся, Лісостепу та Степу (*табл. 2.5.1*).

Таблиця 2.5.1. **Температурні режими в різних природно-кліматичних зонах України**

Природно-кліматичні зони	Полісся	Лісостеп	Степ
Середня місячна температура, °С: у січні	–7	–6	–4
у липні	18,5	19,5	22
Середня кількість днів із температурою 25 °С і вище	35	50	80
Середня тривалість періоду з температурою 25 °С і вище, год	240	375	550

Дані досліджень демонструють, що в регіонах з розвиненим картоплярством, тобто в Поліссі та Лісостепу, середня літня температура коливається від 18 до 19 °С. Натомість у зоні Степу вона становить від 20 до 22 °С. Ці умови цілком сприятливі для забезпечення повноцінного розвитку *P. bioculatus.*

Регіони з розвинутим картоплярством характеризуються загалом теплим вологим кліматом, що на перший погляд підвищує

рентабельність виробництва культури порівняно з екстремальними умовами Степу. Але за умов зрошування у Південному Степу України картопля може стати однією з найбільш рентабельних культур регіону. За вирощування ранньої продукції виробник отримує високу рентабельність завдяки високій реалізаційній ціні картоплі у двоврожайній культурі [25].

Також температурний режим весняних місяців Півдня, як і режим зволоження ґрунту, найбільше відповідає біології розвитку картоплі. Обмежувальними чинниками в ранньовесняний період є згубні приморозки, що здатні знищити рослини картоплі, та короткочасність періоду (березень, квітень і перша половина травня), який сприятливий для її вирощування. Із середини травня температура повітря піднімається до екстремальних для рослин картоплі значень. Тому використання плівкових покриттів дає можливість в умовах Степу отримувати картоплю як дієтичний ранньовесняний овоч захищеного ґрунту [26].

На території України клопа *P. bioculatus* було знайдено в Криму, в Харківській, Донецькій та Полтавській областях [27]. Нами було виявлено клопа на території Одеської області [28].

На території Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН було створено експериментально-дослідну ділянку з насадженням картоплі з метою виявлення періллюса. Обробка культури пестицидами будь-якого походження не проводилась. Надлишок колорадського жука вилучався ручним методом. У липні 2020 р. на ділянці було вперше виявлено *P. bioculatus* (рис. 2.5.1). Згодом нами було знайдено клопа також у приватних господарствах Одеської області на картоплі та баклажанах (*Solanum melongena* L., 1753).



Рис. 2.5.1. ***P. bioculatus*** (*фото авторів, 2020 р.*)

Факт виявлення *P. bioculatus* у різних агрокліматичних зонах України свідчить про екологічну пластичність виду, а отже, можливість його використання по всій території нашої країни.

Визначено основні параметри й характеристики, які необхідно створити для забезпечення онтогенезу *P. bioculatus* в техноценозі (рис. 2.5.2).

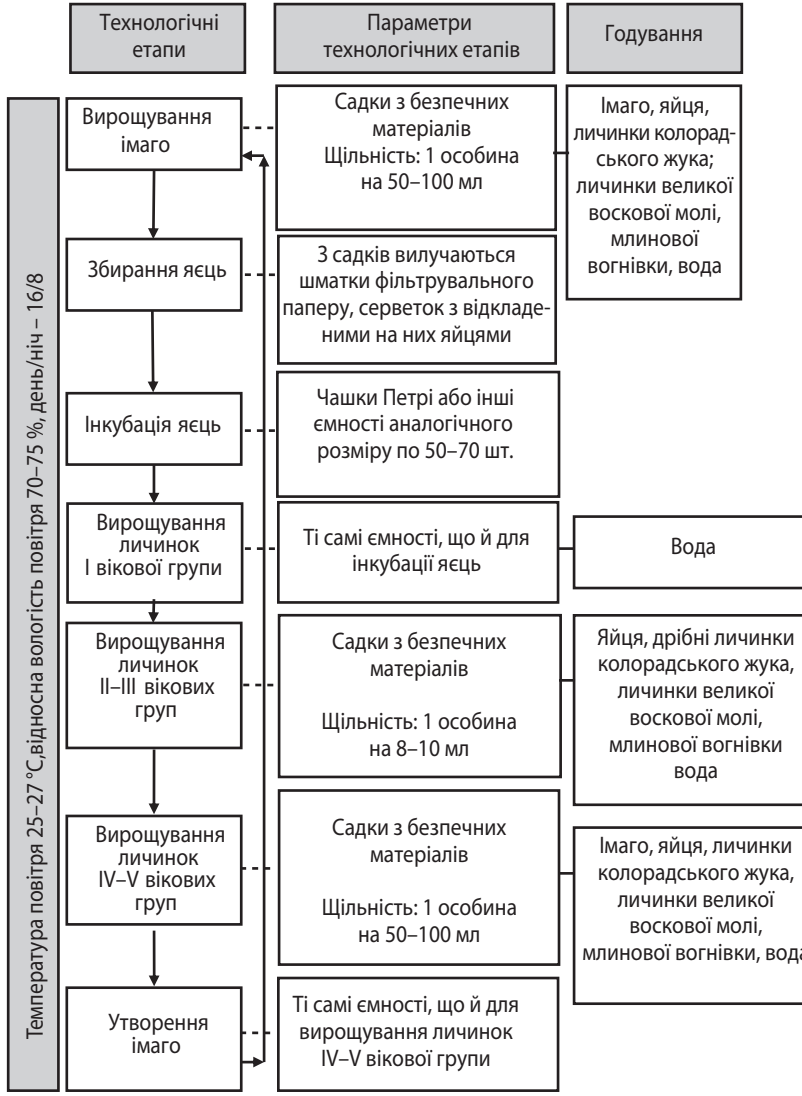


Рис. 2.5.2. **Схема розведення *P. bioculatus* з параметрами техноценозу**

Комах утримують в ємностях із харчового поліетилену, верхню частину яких затягнуто ситотканиною. Зокрема, для утримування імаго використовують циліндричні ємності місткістю 3 л. Життєвий простір становить 1 імаго або личинка IV–V вікової групи на 50–100 мл. Ємності в 400 мл достатньо для утримування 50 личинок молодших вікових груп. Згодом у міру росту їх розсаджують. Враховуючи особливості вітчизняної технічної ентомології, для годування хижака доцільно використовувати колорадського жука всіх стадій розвитку, а також личинок воскової молі та млинової вогнівки. В процесі життєдіяльності комахи вживають багато вологи. Тому в садках з періллюсом завжди мають бути ємності з насиченими водою губками, шматками вати або інших матеріалів. Імаго найчастіше відкладають яйця на шматки фільтрувального паперу, серветок тощо.

Оптимальною для розведення періллюса є температура від 25 до 27 °С, вологість повітря від 70 до 75 % і довжина світлового дня не менше 16 год. В осіннє-зимовий період навіть за наявності в лабораторії літніх температур клопи прагнуть до входу в діапаузу. Цей процес треба підтримувати, оскільки бездіапаузний розвиток призводить до виродження популяції.

Висновок

Із зазначеного вище стає зрозумілим, що на Європейському континенті відбувається акліматизація виду *P. bioculatus*. Потребують дослідження з впливу клопа на екосистеми Європи, зокрема України. Крім того, комаха здатна істотно впливати на популяцію колорадського жука, що робить її досить привабливою як агента біологічного впливу для захисту рослин.

Однак у збалансованих екологічних системах співвідношення хижак–жертва врегульоване. В умовах агроценозу, для ефективного захисту культурних рослин від шкідників, а й відповідно для виробництва максимальної кількості продукції, щільність ентомофага має перевищувати ту, що існує в природних біотопах. На жаль, більшість досліджень у цьому напрямі проводиться на незначних площах культурних насаджень, з використанням ручного внесення. Методи масової інтродукції поки що майже не

розроблено. Тому постає питання про масове вирощування клопа *P. bioculatus* в умовах техноценозу з наступним його використанням в умовах України.

Список використаних джерел до підрозділу 2.5

1. *De Clercq P.* Two-spotted stink bug, *Perillus bioculatus* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae, Asopinae). *Encyclopedia of Entomology*. 2008. P. 404–406.
2. *Coudron T. A., Kim Y.* Life history and cost analysis for continuous rearing of *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae) on aoophytogenous artificial diet. *J. of economic entomology*. 2004. V. 97. № 3. P. 807–812.
3. *Adams T. S., Filipi P. A., Shu-Xia Yi.* Effect of age, diet, diapause and juvenile hormone on oogenesis and the amount of vitellogenin and vitellin in the twospotted stink bug, *Perillus bioculatus* (*Heteroptera: pentatomidae*). *J. of insect physiology.* 2002. № 48. P. 477–486.
4. *Бабенко А.С. и др.* Энтомофаги в защите растений. Новосибирск, 2001. 205 с.
5. *Jermy T.* The introduction of *Perillus bioculatus* into Europa to control the Colorado beetle. *EPPO Bulletin*. 1980. V. 10 (4). P. 475–479.
6. *Гусев Г. В.* Энтомофаги колорадского жука. Москва: Агропромиздат, 1991. 174 с.
7. *Rabitsch W.* True bugs (*Hemiptera, Heteroptera*). *BioRisk.* 2010. № 4. P. 407–433.
8. *Листопадова Е. С., Нефедова М. В., Агасьева И. С.* Влияние биологических препаратов на комплекс энтомофагов. *Междунар. научно-исслед. журн*. 2014. № 2 (21–2). С. 10–11.
9. *Елисовецкая Д. С., Держанский В. В., Дорошенко В. Н. Perillus bioculatus* в Молдове: проблемы сохранения популяции и возможность использования хищника для защиты картофеля от колорадского жука. *Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов:* материалы III междунар. конф., посвящ. 110-летию со дня рожд. акад. Н. В. Смольского. (7–9 октября 2015, г. Минск). Минск, 2015. С. 116–118.
10. *Исмаилов В.Я. и др.* Биологические особенности и результаты морфогенетического анализа хищного клопа *Perillus bioculatus*. *АгроXXI* . 2014. № 4–6. С. 26–28.
11. *Igrc J., De Loach C. J., Žlof V.* Release and establishment of *Zygogramma suturalis* F (Coleoptera: Chrysomelidae) in Croatia for control of common ragweed (*Ambrosia artemis2folia* L.). *Biol. Control*. 1995. V. 5 (2). P. 203–208.

12. *Исмаилов В. Я.* Хищный клоп *Perillus bioculatus Fabr*. Новый взгляд на возможности акклиматизации и перспективы использования. *Защита растений.* 2010. № 2. С. 30–31.
13. *Wegorek W. G., Pruszynski S.* Stan badan nad introdukcija do Polsky wrogow naturalnych stronki ziemnisczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Post Nauk Roln*. 1979. V. 5 (26). P. 61–73.
14. *Jermy T.* Über einburgerungsversuche mit *Perillus bioculatus Fabr. (Heteroptera, Pentatomidae)* in Ungarn. *Agronomski glasnik*. Zagreb. 1962. № 5–7. P. 558–562.
15. *Van Loon J. J. A., De Vos E. W., Dicke M.* Orientation behavior of the predatory hemipteran *Perillus bioculatus* to plant and prey odours. *Entomologia experimentalis et applicata*. 2000. V. 96. P. 51–58.
16. *Biever K. D., Chauvin R. l.* Suppression of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with augmentative releases of predaceous stinkbugs (Hemiptera: Pentatomidae). *J. of economic entomology*. 1992. V. 85 (3). P. 720–726.
17. *Агасьева И. С., Исмаилов В. Я., Федоренко Е. В., Нефедова М. В*. Разведение и применение хищных клопов пентатомид против колорадского жука. *Защита и карантин растений*. 2013. № 11. С. 21–23.
18. *Saint-Cyr J. F., Cloutier C.* Prey preference by the stinkbug *Perillus bioculatus*, a predator of the Colorado potato beetle. *Biol. Control.* 1996. V. 7. P. 251–258.
19. *De Ladurantaye Y., Khelifi M., Cloutier C., Coudron T. A.* Short-term storage conditions for transport and farm delivery of the stink bug *Perillus bioculatus* for the biological control of the Colorado potato beetle. *Canadian biosystems engineering.* 2010. V. 52. P. 4.1–4.5.
20. *Coudron T. A., Popham H. J. R., Ellersieck M. R.* Influence of diet on cold storage of the predator *Perillus bioculatus (F.). BioControl*. 2009. V. 54. P. 773–783.
21. *Hough-Goldstein J., Janis J. A., Ellers C. D*. Release methods for *Perillus bioculatus (F.),* a predator of the Colorado potato beetle. *Biol. control.* 1996. V. 6. P. 114–122.
22. *De Ladurantaye S., Khelifi M.* Design of a mechanical release system of *Perillus bioculatus* to control the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Proceedings of the XV2th World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR). (13–17 June 2010, Québec City). Québec, 2010. P. 1–6.
23. *Державна* служба статистики України. URL:http://www.ukrstat.gov.ua/operativ /operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/rosl_1991-2019_u.htm
24. *Клімат* України. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.

25. *Балашова Г. С.* Насінництво картоплі за дворожайної культури в умовах Степу України. *Картоплярство.* 2012. Вип. 41. С. 64–69.
26. *Костін П. М., Шарапа М. Г.* Особливості вирощування ранньої картоплі під плівковим укриттям на півдні України. *Картоплярство*. 2012. Вип. 41. С. 112–120.
27. *Маркіна Т. Ю., Пучков О. В., Федяй І. О.* Нові та маловідомі види клопів (*Insecta: Hemiptera, Heteroptera*) для фауни України. *Біологія та валеологія*. 2018. № 20. С. 43–48.
28. *Баркар В. П., Маркіна Т. Ю.* Хижий клоп *Perillus bioculatus* (*Heteroptera, Pentatomidae*) як агент біологічного захисту рослин. *Укр. ентомологічний журнал*. 2020. № 1–2 (18). С. 78–85.

2.6. Наукові основи створення природних регуляторів росту з фунгіцидними властивостями

Крутякова В. І., Пиляк Н. В., Нікіпелова О. М.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Відомо, що з метою істотного обмеження застосування хімічних пестицидів в рослинницькій галузі сільського господарства доцільним є використання мікробних препаратів. Ці препарати екологічно безпечні, сприяють інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, підвищують їхню стійкість до захворювань і позитивно впливають на стан мікробного угруповання ґрунтів збільшуючи кількість корисної мікробіоти [1]. Науковці пояснюють таку дію, принаймні частково, синтезом біологічно активних речовин мікроорганізмами [2]. Позитивні ефекти застосування таких метаболітів, як екзополісахариди (ЕПС) і фітогормони, можуть бути пов'язані зі стимуляцією росту та розвитку рослин, а також здатністю вивільняти поживні речовини за рахунок продукування позаклітинних ферментів. До того ж метаболіти, що продукуються мікроорганізмами, такі як саліцилова кислота, етилен, глутамат, ауксини та багато інших, тісно пов'язані з формуванням стійкості рослин до хвороб [3].

Останніми роками створення нових ефективних комплексних мікробних препаратів з рістстимулювальними та фунгіцидними або

ентомоцидними властивостями, які підвищують урожайність і поліпшують якість вирощуваної продукції землеробства, є предметом фундаментальних і прикладних досліджень у різних країнах світу.

У багатьох країнах світу створено технології одержання комплексних мікробіопрепаратів, які поєднують дію фунгіцидів і ґрунтоутворювачів. Створено і пропонуються для застосування біосуміші, що одержують при фізичному змішуванні мікробних препаратів на основі монокультур з різною селективністю дії [4].

Спрямовано регулювати ростові процеси та впливати на потенційні можливості, що закладено в геномі рослин природою і селекцією, рекомендують з використанням саме комплексних препаратів. У цьому контексті створення природних регуляторів росту рослин з фунгіцидними властивостями актуально і доцільно.

За створення асоціацій мікроорганізмів із різних таксономічних груп потрібно досліджувати їх конкурентоспроможність у препаративних комбінаціях. За умов симбіозу або синергічних взаємовідносин мікроорганізмів можливе створення комплексних препаратів з комбінованою дією, при якому сумарний ефект буде перевищувати дію кожного штаму, що складає препаративну асоціацію.

Важливу роль у пригніченні розвитку збудників хвороб рослин відіграють гриби антагоністи. Проти інших груп мікроорганізмів гриби мають найширший спектр антагоністичних властивостей – гіперпаразитизм, конкуренцію за поживний субстрат і продукування антибіотиків та інших речовин, що пригнічують життєдіяльність фітопатогенів.

З біологічних агентів, які знайшли найпрактичніше застосування для біоконтролю хвороб рослин у нашій країні та за її межами, провідна роль належить грибам роду *Trichoderma*. Штами *Trichoderma* здатні стимулювати ріст рослин, індукувати їхню стійкість до фітопатогенів, конкурувати за поживні субстрати, а також бути паразитами фітопатогенних грибів [5, 6].

Конкуруючи з фітопатогенами за територію і джерела живлення, мікроорганізми-антагоністи опосередковано допомагають захисту рослин [7, 8]. Відома здібність ґрунтових бактерій роду *Pseudomonas* синтезувати широкий спектр речовин, які стимулюють коренеутворення рослин, зокрема, цитокініни, вітаміни, полісахариди, вільні

амінокислоти та ін. [9]. Крім того, мікроорганізми цієї групи є природними антагоністами фітопатогенів і здатні активувати природну неспецифічну стійкість рослин до фітопатогенів і несприятливих кліматичних умов [10, 11], що забезпечує поліфункціональність біологічних препаратів на основі бактерій *Pseudomonas*.

В Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) зібрано колекцію мікроорганізмів з різними характеристиками і специфічністю дії. Розробки останніх років, які проведено в інституті, було спрямовано на створення біозасобів – фітогормонів в умовах *in vitro* з використанням цих колекційних мікроорганізмів, що поєднують рістстимулювальну і фунгіцидну дію.

При дослідженні функціональних можливостей колекційних культур за результатами скринінгу було відібрано для досліджень колекційні штами мікроорганізмів, які володіють антагоністичними властивостями і рістстимулювальною дією:

- грибні мікроміцети – *Trichoderma viridae* шт. *М-10* (*T. v.* шт. *М-10*), *Trichoderma harzianum* шт. *Істокський* (*T. h. шт. Істокський*);
- бактерії – *Pseudomonas fluorescens* шт. *АР33* (*P. f.* шт. *АР33*) та авторський штам *Pseudomonas fluorescens* шт. *2* (*P. f.* шт. *2*).

Штами субкультивуються в колекції інституту понад 15 років. Для них визначено базові поживні середовища, підібрано інгредієнти, які зможуть впливати на корисні цільові властивості монокультур, що здатні формувати якісні показники в комплексних препаратах, діючими чинниками яких вони будуть.

Виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин (МБЗЗР) висувають до продуцентів жорсткі вимоги, які необхідні в технологіях: пришвидшений ріст, застосування для життєдіяльності дешевих субстратів та стійкість до інфікування сторонньою мікрофлорою. Основа біовиробництв – це мікроорганізми з новими або з поліпшеними властивостями, які необхідно максимально використовувати при масштабуванні ферментаційних процесів.

У процесі роботи було відпрацьовано методи селекції мікробних культур із застосуванням хімічних (бурштинової кислоти і рифампіцину), фізичних (ультрафіолетового опромінення) факторів та біолого-хімічного мутагена комбінованої дії – Гіпервіту БТ. Штучний

мутагенез і наступний відбір різних мутацій з інтенсивною спадковою мінливістю, яка відрізняла зразки, що досліджували, від контрольних в десятки разів, дали змогу одержати індуковані мутації і відібрати активні клони мікроорганізмів, що є важливим етапом в селекційній роботі. Методи селекції мікробних культур забезпечили масштабування ферментаційних процесів для промислового виробництва МБЗЗР перспективними мікроорганізмами.

Важливим етапом в селекційній роботі є застосування штучного мутагенезу з наступним відбором активних клонів. Висока швидкість розмноження мікроорганізмів і надзвичайно розвинуті механізми адаптації полегшували селекційну роботу. Відомо, що геном штамових культур – гаплоїдний, і це дало змогу виявити будь-яку мутацію вже в першому поколінні або в першому пасажі після впливу різних мутагенів. На практиці клони отримували з окремих колоній мікроорганізмів, що утворилися на поверхні агаризованого середовища за принципом: «одна клітина – одна колонія». З метою отримання незалежних мутантів одного типу поділяли культуру на «порції», а потім під час індукції мутацій відбирали з кожної «порції» по одному мутанту або по одному активному клону. Така процедура майже виключала мутації з потенційно рецесивним фенотипом, які могли б негативно впливати на результати досліджень. З урахуванням усіх негараздів були селекціоновані і клоновані бактеріальні та грибні культури мікроорганізмів, що досліджували.

За селекціонування бактерійних культур, застосовуючи різні мутагени, які беруть участь у координації фізіолого-біохімічних процесів, отримали мікроорганізми зі спадковою мінливістю та поліпшеними цінними властивостями.

Для індукції мутагенезу у бактерій із роду *Pseudomonas* було застосовано мутагени:

- хімічні (рифампіцин у концентраціях 0,01 і 0,02 %);
- фізичні (ультрафіолетове опромінення (УФ-опромінення) з різними експозиціями впливу на мікроорганізми – 3 і 5 с);
- біолого-хімічні комбінованої дії (Гіпервіт БТ у концентраціях – 0,02 і 0,05 %).

За використання хімічного мутагена, зокрема рифампіцину, в концентрації 0,01 % завдяки надзвичайно розвинутим механізмам

адаптації отримали високопродуктивні мікроорганізми із роду *Pseudomonas*, що позначилось на пришвидшенні ростових процесів та поліпшенні морфокультуральних особливостей псевдомонад (порівняно з контролями). Визначено титри життєздатних мікроорганізмів у рідкому препараті на основі селекціонованого *P. f. шт. АР33*, які були на рівні $6{,}2 \cdot 10^{10}$ КУО/см^3 (у контролі – $5{,}34 \cdot 10^9$ КУО/см^3). Популяція мікроорганізмів після впливу рифампіцину була більш життєздатна. При опроміненні двох штамів із роду *Pseudomonas* упродовж 3 с одержано мікроорганізми з яскравим пігментом на агаровій підкладці. Наявність жовто-зеленого пігменту, який за яскравістю відрізняється від пігменту, що утворюють псевдомонади в звичайних умовах, підтверджує припущення: одержано мутантні варіанти псевдомонад або активні клони мікроорганізмів, які потрібно буде вміло застосовувати з метою підвищення ефективності біосинтетичних процесів на етапі культивування рідких препаратів для захисту рослин (*табл. 2.6.1*).

Дані *табл. 2.6.1* свідчать, що активні клони селекціонованих псевдомонад істотно відрізнялись від контрольних штамів низкою позитивних морфологічних змін та фізіологічними особливостями, які перевершували за цими показниками вихідні культури.

При селекції псевдомонад встановлено їх здатність утворювати жовто-зелені флуоресцентні пігменти – сидерофори або залізотранспортувальні агенти, які відіграють важливу роль у супресії хвороб рослин, а підвищення біосинтезу сидерофорів – це один із шляхів ефективного біоконтролю за фітопатогенними мікроорганізмами в агробіоценозі.

Відомо, що за селекціонування грибних мікроорганізмів також широко застосовують хімічні мутагени. Для селекції триходермальних штамів було використано бурштинову кислоту в концентрації 0,02 і 0,05 %, що дало змогу одержати активні клони, які за культуральними ознаками відрізнялись від вихідних культур.

Також за селекціонування грибних культур було застосовано біолого-хімічний мутаген комбінованої дії – Гіпервіт БТ у концентраціях 0,01 і 0,05 %. А як фізичний фактор для селекції триходермальних штамів застосовано УФ-опромінювання з експозицією – 3 і 5 с.

Таблиця 2.6.1. **Характеристика активних клонів псевдомонад**

Штам і препарат на його основі	Мутагени, їх концентрації або експозиція індукції	Морфокультуральні особливості (функціональні можливості)	Титри в препаратах на основі монокультур, КУО/см^3
1	2	3	4
P. f.* шт. *AP33	**Рифампіцин**		
	• концентрація – 0,01 %	• густий газон з дифундуючим пігментом	$6{,}2 \cdot 10^{10}$
	• концентрація – 0,02 %	• ріст відсутній	–
	Гіпервіт БТ		
	• концентрація – 0,02 %	• рясний ріст, яскравий жовто-зелений пігмент	$6{,}96 \cdot 10^{10}$
	• концентрація – 0,05 %	• помірний ріст, яскравий жовто-зелений пігмент	$5{,}72 \cdot 10^{10}$
	УФ-опромінення		
	• експозиція впливу – 3 с	• густий газон з дуже яскравим пігментом	$2{,}44 \cdot 10^{10}$
	• експозиція впливу – 5 с	• рясний ріст з пігментом помірної яскравості	$1{,}82 \cdot 10^{10}$
P. f.* шт. *AP33 (вихідна культура) **Планриз БТ**	**Контроль**	• добрий ріст з жовто-зеленим пігментом помірної яскравості	$5{,}34 \cdot 10^{9}$
P. f.* шт. *2 (авторський)	**Рифампіцин**		
	• концентрація – 0,01 %	• рясний ріст з яскравим жовто-зеленим пігментом	$6{,}28 \cdot 10^{10}$
	• концентрація – 0,02 %	• ріст відсутній	–
	Гіпервіт БТ		
	• концентрація – 0,02 %	• рясний ріст з яскравим жовто-зеленим пігментом	$7{,}2 \cdot 10^{10}$

Закінчення табл. 2.6.1

1	2	3	4
P. f.* шт. *2 (авторський)	• концентрація – 0,05 %	• рясний ріст з пігментом помірної яскравості	$5{,}34 \cdot 10^{10}$
	УФ-опромінення		
	• експозиція впливу – 3 с	• рясний ріст, яскравий пігмент	$1{,}5 \cdot 10^{10}$
	• експозиція впливу – 5 с	• дуже рясний ріст з дуже яскравим пігментом	$2{,}2 \cdot 10^{10}$
P. f.* шт. *2 (вихідна культура) **Флуоресцин БТ**	**Контроль**	• добрий ріст з пігментом помірної яскравості	$5{,}76 \cdot 10^{9}$

Застосування бурштинової кислоти в концентрації 0,02 і 0,05 % дало змогу одержати активні клони, що за культуральними ознаками відрізнялись від вихідних культур. Тобто зазначені концентрації бурштинової кислоти мають виражену мутагенну дію на штами *T. h.* шт. *Істокський* і *T. v.* шт. *М-10*. Окрім того, Гіпервіт БТ навіть в концентрації 0,01 % сприяв високим титрам життєздатних клітин штаму *Істокський* ($4{,}26 \cdot 10^9$ КУО/см^3), а при верифікації водних суспензій препаратів на основі активних клонів утворювалась значна кількість морфологічних мутантів, які відрізнялись від вихідних культур, що має істотно позначитися на біосинтетичній активності зазначеного вище штаму.

Відібрано також активні клони морфологічних мутантів з більш вираженими властивостями за опромінювання *T. v*. шт. *М-10* та *T. h*. шт. *Істокський* упродовж 3 с. При цьому титри монокультур на основі триходермальних штамів з експозицією опромінювання 3 с були $4{,}8 \cdot 10^9$ КУО/см^3 та $4{,}2 \cdot 10^9$ КУО/см^3 відповідно. Хоча опромінювання грибних штамів упродовж 5 с було малоефективне, оскільки титри водних суспензій препаратів на основі мутантів, які одержано в результаті п'ятисекундного впливу УФ-опромінення, майже не відрізнялися від концентрації життєздатних клітин у контрольних біозасобах, діючими чинниками яких були вихідні культури мікроорганізмів.

За врахування результатів індукції мутагенезу грибних культур брали до уваги: чистоту та морфокультуральні особливості попередньо відселекціонованого штаму. Одержані результати порівнювали з морфокультуральними особливостями вихідних культур.

При створенні комплексних препаратів необхідною умовою є симбіотичні або синергічні взаємовідносини між біотехнологічними об'єктами, які складають препаративну комбінацію. Симбіоз – це форма взаємовигідних (корисних) міжвидових відносин мікроорганізмів в одному препараті. Синергічні відносини мікроорганізмів в препаративній асоціації передбачають їх комбіновану дію, за якої сумарний ефект поліштамового біозасобу перевищує результат, що досягається при застосуванні препаратів на основі монокультур.

Для створення комплексу «біофунгіцид – регулятор росту рослин» підбирали композиційний склад селекціонованих мікроорганізмів, який дав би можливість зберегти фітостимулювальні властивості продуцентів і при цьому забезпечити життєздатність клітин штаму-антагоніста, що входить до препаративної асоціації.

Конкурентні взаємовідносини між активними клонами селекціонованих мікроорганізмів, що належать до однакових таксономічних груп, визначали на агаризованих селективних середовищах. Конкурентні механізми життєздатних мікроорганізмів надзвичайно різні і залежать від біологічних особливостей штамів, які досліджували. Ні один із селекціонованих штамів не пригнічував розвиток «партнера» та не зумовлював його пригнічення. Ці дослідження дали змогу проводити подальші випробування з активними клонами при спільному їх біосинтезі в рідких поживних середовищах.

Було проведено попередні дослідження з активними клонами селекціонованих грибних штамів. Було створено комплексний препарат на основі *T. h.* шт. *Істокський* + *T. v.* шт. *М-10*, які опромінювали 3 с. Комплексний препарат на основі активних клонів відрізнявся від контрольного поліпшеними і стабільними морфокультуральними властивостями та високими титрами життєздатних клітин ($5{,}45 \cdot 10^9$ КУО/см^3), які майже в 2,5 раза перевищували цей показник в комплексному препараті на основі вихідних культур ($2{,}2 \cdot 10^9$ КУО/см^3).

Найкращі результати було зафіксовано за створення комплексу зі штамів *T. h.* шт. *Істокський*, що селекціонували із застосуванням

0,01 % Гіпервіту БТ та селекціонованого *T. v.* шт. *М-10*, який опромінено ультрафіолетом упродовж 3 с. Титри в такій асоціації мікроорганізмів в 2,83 раза перевищували концентрацію життєздатних клітин у контрольному комплексному препараті на основі вихідних штамів ($5{,}09 \cdot 10^9$ КУО/см^3 порівняно із $1{,}8 \cdot 10^9$ КУО/см^3).

При розробці технологічних основ створення комплексних препаратів було враховано їх толерантні взаємовідносини, а при спільному біосинтезі – їх мала конкурентна спроможність. За умови симбіозу або синергічних взаємовідносин між штамами проводили добір колекційних культур або активних клонів селекціонованих мікроорганізмів і формували комплексні препарати з комбінованою дією. Сумарний ефект у таких комплексних препаратах має перевищувати дію кожного штаму, що складає препаративну асоціацію.

Завдяки такому методичному та технологічному підходу створено 12 комплексних препаратів, шість із яких на основі колекційних мікроорганізмів (контрольні препарати), а шість біозасобів на основі активних клонів селекціонованих мікроорганізмів (рис. 2.6.1).

За результатами подальших досліджень отримано п’ять комплексних біозасобів на основі селекціонованих мікроорганізмів з високою рістстимулювальною та фунгіцидною активністю.

Відомо, що бактерії із роду *Pseudomonas* та триходермальні штами мікроміцетів продукують фітогормони, які належать до п’яти груп. Їх ідентифікують як: ауксини, цитокініни, гібереліни, етилен і абсцизову кислоту.

З метою визначення класу фітогормонів, які здатні продукувати комплексні біозасоби, що одержані при спільному культивуванні двох або трьох селекціонованих штамів мікроорганізмів, проведено їх біологічне оцінювання.

Ефективність впливу біозасобів на рослини дуже часто визначається сортами насіння та їх морфологічною будовою, а також залежна від штамів мікроорганізмів, які складають препаративну комбінацію в комплексному препараті.

З огляду на це було проведено серію експериментів з метою оцінювання впливу нових комплексних препаратів на процес бактеризації насіння різних злакових.

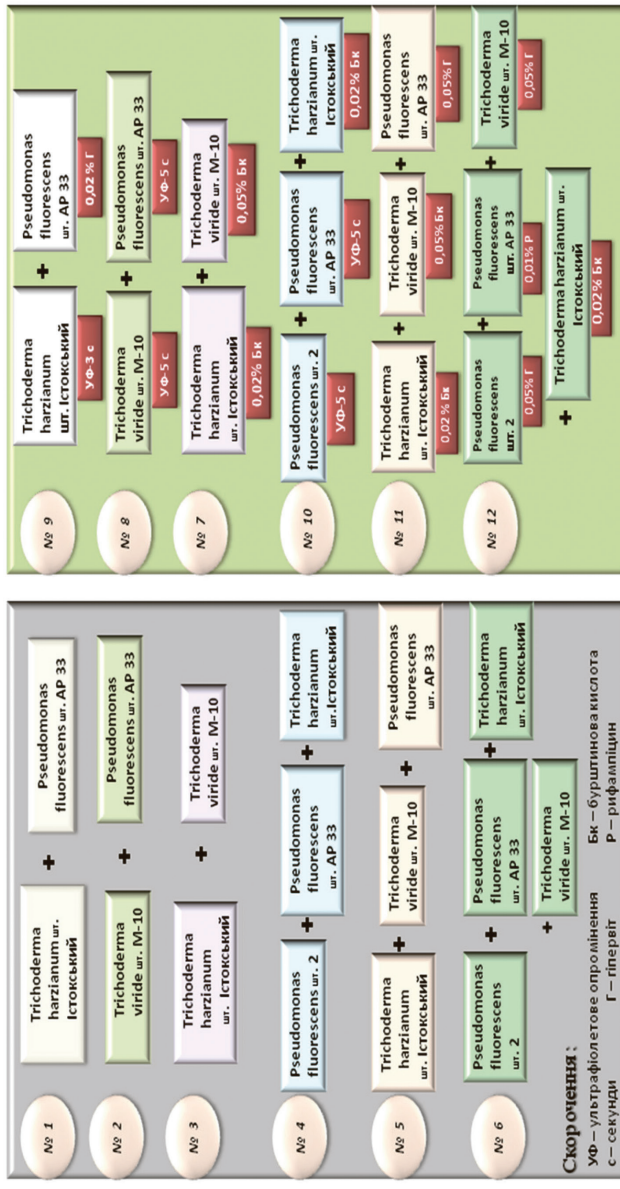
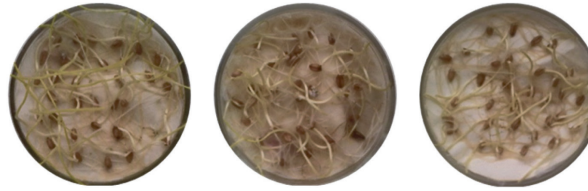


Рис. 2.6.1. **Технологічна схема створення комплексних біозасобів із рістстимулювальною та фунгіцидною дією**

Уміст фітогормонів або речовин гормональної природи визначали в проростках насіння злакових (пшениці або кукурудзи середньостиглого гібрида ФАО 400 сорту «Піонер»). Насіння перед проведенням випробувань дезінфікували 70 % етанолом упродовж 2 хв.

При визначенні ауксиноподібної активності в комплексних препаратах застосовували класичний тест. Триденні проростки колеоптилів пшениці розміщували в чашках Петрі із 3 $см^3$ суспензії біозасобів у концентрації 10^5 КУО/$см^3$. Як негативний контроль використано дистильовану воду, а позитивним контролем слугував розчин β-індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК) – 10 мг/$дм^3$. Установлено, що здатність до синтезу ІОК виявляють типові представники ризосферної мікрофлори роду *Pseudomonas* та мікроміцети роду *Trichoderma* в комплексних препаратах № 9–11 (рис. 2.6.2).



а *б* *в*

Рис. 2.6.2. **Вплив комплексних препаратів на ростову активність пшениці:** *а* – препарат № 9; *б* – препарат № 10; *в* – препарат № 11

За інокулювання проростків пшениці зазначеними препаратами відзначено збільшення їх довжини на 15–18 % порівняно з контролями. Між синтезом ауксинів комплексними препаратами і ростовою активністю *in vitro* встановлено позитивну кореляцію. Не було забезпечено ростову активність у контролях, де відрізки колеоптилів перебували у воді (негативний контроль) та розчині β-індоліл-3-оцтової кислоти (позитивний контроль). Ауксинову активність у контролях зафіксовано на низькому рівні (рис. 2.6.3).

Гібереліновy активність або фітогормони класу гібереліновых у створених комплексних біозасобах визначали на проростках кукурудзи (гібрида ФАО 400). Позитивним контролем був розчин Гіперіту БТ (10 мг/$дм^3$), негативним – дистильована вода. Проростки кукурудзи вирощували в термостаті за температури 28 °С. Відбирали однакові проростки (≈ 2см) та розкладали їх в чашках Петрі

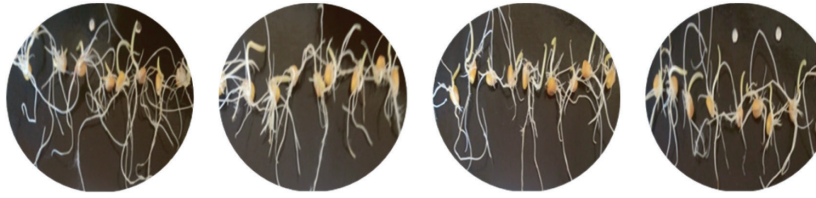
з аліквотами (5 см^3) препаратів № 7–11. Відібрані зразки знову витримували в термостаті впродовж доби за температури 28 °С.



а *б*

Рис. 2.6.3. **Ростова активність у контролі:** *а* – негативний контроль (вода); *б* – позитивний контроль (розчин β-індоліл-3-оцтової кислоти)

По закінченні експозиції вимірювали довжину гіпокотилів і колеоптилів. Зміни виражали у відсотках приросту довжини до відповідного параметра в контрольному варіанті. Комплексні препарати № 7, 8, 10, 11 забезпечили приріст довжини гіпокотилів від 17 до 27,8 % (рис. 2.6.4). Це свідчить про здатність до синтезу гіберелінів, що характерно для представників ризосферних бактерій і мікроміцетів.



а *б* *в* *г*

Рис. 2.6.4. **Вплив препаратів на приріст довжини гіпокотилів:** *а* – препарат № 7; *б* – препарат № 8; *в* – препарат № 10; *г* – препарат № 11

Фітогормони як елементи аграрних технологій мають впливати на строки дозрівання та істотно підвищувати стійкість рослин до хвороб і стресових факторів. За результатами досліджень гіпокотилі проростків, на які мали вплив водні розчини комплексних біопрепаратів, не було інфіковано патогенною мікробіотою, тоді як проростки в негативному контролі з дистильованою водою було пошкоджено збудниками хвороб з родів: *Fusarium, Aspergillium, Alternaria.* Тобто нові комплексні препарати володіють фунгіцидною дією щодо агресивних фітопатогенів.

Антагоністичну активність у комплексних біозасобах визначали щодо тест-об'єктів: *Bipolaris sorokiniana* (збудник звичайної кореневої гнилі), *Alternaria alternata* (збудник альтернаріозів), *плісеневі гриби Penicillium* spp. та *Aspergillus* spp. (збудники грибних хвороб), *Fusarium oxysporum* (збудник фузаріозів).

Оцінювання активності проводили методом відстроченого антагонізму. Для цього препарати № 7–11, які одержано на стадії культивування, висівали в центр чашки Петрі. Інкубували чашки впродовж 3 діб. Підсівали до препаратів, які виросли, добові суспензії тест-об'єктів. Чашки термостатували впродовж 24 год за температури 26 °С. Оцінювання рівня антагоністичної активності проводили за зонами пригнічення росту тест-об'єктів (*табл. 2.6.2*).

Таблиця 2.6.2. **Рівень антагоністичної активності комплексних препаратів щодо тест-об'єктів**

Тест-об'єкт	Зони пригнічення росту, мм				
	препарат				
	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11
Bipolaris sorokiniana	10,2±0,4	8,4±0,6	6,4±0,6	15,6±1,0	8,0±0,8
Alternaria alternata	8,6±0,6	4,3±0,6	4,3±1,0	7,2±0,6	4,8±0,6
Penicillium spp.	10,3±0,9	9,1±1,0	5,7±1,1	8,5±0,5	5,6±0,8
Aspergillus spp.	2,9±0,9	2,0±0,9	0,5±0,9	1,6±0,6	1,5±0,5
Fusarium oxysporum	12,0±0,5	2,9±1,1	3,3±0,9	10,8±0,4	4,4±0,6

Найвищий рівень антагоністичної активності проявили комплексні препарати № 7 і 10. Це свідчить, що нові комплексні препарати, при використанні в агробіоценозі, здатні істотно обмежити щільність фітопатогенів.

Наступним етапом роботи була оптимізація складу поживних середовищ (ПС) для комплексних препаратів з фітогормональною і фунгіцидною дією.

Скринінг компонентів та їх концентрацій у складі ПС дав змогу провести дослідження, які пов'язано з репродукцією мікроорганізмів, накопиченням біомаси, спороутворенням і біосинтезом метаболітів, що необхідно для регуляції зазначених вище процесів. Проводили серію дослідів за спільного культивування штамових

культур на поживних середовищах, в яких змінювали кількісні характеристики компонентів. За основу брали синтетичні середовища, в яких джерела азоту й глюкози було замінено кукурудзяним екстрактом і мелясою буряковою.

Процес оптимізації ПС (*табл. 2.6.3*) передбачав дослідження впливу складу середовищ на концентрацію життєздатних мікроорганізмів (титри), яка є одним із важливих показників, що впливатимуть на собівартість продукції, а також на скорочення термінів біосинтезу комплексних біопрепаратів при спільному культивуванні двох або трьох штамів. Відомо, що за оптимізації ПС формується сукупність біологічного об'єкта та субстрату, тому в разі зменшення джерел живлення в ПС резервним фондом для мікроорганізмів слугують проміжні метаболіти, які вони самі продукують.

Спільний біосинтез мікроорганізмів з різних таксономічних груп проводили на рідкому поживному середовищі, основою якого є кукурудзяний екстракт, меляса і мінеральні солі.

Таблиця 2.6.3. **Титри життєздатних мікроорганізмів у комплексних препаратах на оптимізованих середовищах**

Умовне позначення біопрепарату	Склад біопрепарату	Загальні титри, КУО/см^3		
		ПС № 1	ПС № 2	ПС № 3
Препарат № 7	*T. h.* (0,02 % БК) + *T. v. M-10* (0,05 % БК)	$2{,}08 \cdot 10^9$	$2{,}02 \cdot 10^9$	$2{,}0 \cdot 10^9$
Препарат № 8	*T. v. M-10* (УФ – 5 с) + *P. f. AP33* (УФ – 5 с)	$3{,}6 \cdot 10^9$	$2{,}2 \cdot 10^9$	$2{,}72 \cdot 10^9$
Препарат № 9	*T. h.* (УФ – 5 с) + *P. f. AP33* (0,02 % Г)	$2{,}84 \cdot 10^9$	$2{,}4 \cdot 10^9$	$2{,}6 \cdot 10^9$
Препарат № 10	*P. f.* шт. *2* (УФ – 5 с) + *P. f. AP33* (УФ – 5 с) + *T. h.*+ (0,02 % БК)	$4{,}7 \cdot 10^9$	$4{,}82 \cdot 10^9$	$3{,}74 \cdot 10^9$
Препарат № 11	*T. h.* (0,02 % БК) + *T. v. M-10* (0,05 % БК) + *P. f. AP33* (0,05 % БК)	$2{,}96 \cdot 10^9$	$2{,}0 \cdot 10^9$	$2{,}8 \cdot 10^9$

Примітка. 1. ПС № 1, ПС № 2, ПС № 3 – кукурудзяно-мелясне з різною концентрацією компонентів. 2. Скорочення: БК – бурштинова кислота; Г – Гіпервіт БТ; УФ – ультрафіолетове опромінення.

За оптимізації складу ПС установлено, що незначні корективи концентрацій сировинних ресурсів в поживних середовищах забезпечують поліпшення технологічних параметрів комплексних препаратів, а саме, концентрацію життєздатних мікроорганізмів (титри) при скороченому терміні біосинтезу.

Отже, в результаті проведення комплексу досліджень було встановлено, що препарат № 7 та препарат № 10 мають найкращі рістстимулювальні та фунгіцидні властивості. Препарати отримали власні назви:

- препарат № 7 – БіоГібервіт БТ;
- препарат № 10 – Вітастим БТ.

БіоГібервіт БТ – комплексний природний регулятор росту рослин з фунгіцидними властивостями на основі міцеліальних грибів *Trichoderma viride шт М-10 (T.v.)* та *Trichoderma harzianum шт. Істокський (T.h.)* та їх метаболітів. Зазначені штами мікроорганізмів селекціоновані із застосуванням бурштинової кислоти в концентраціях 0,02 %; 0,05 %.

Вітастим БТ – комплексний природний регулятор росту рослин з фунгіцидними властивостями, одержаний у рідкому поживному середовищі при спільному глибинному культивуванні трьох штамів: міцеліального гриба *Trichoderma harzianum шт. Істокський* (*T.h.*) та двох штамів бактерій: *Pseudomonas fluorescens шт.2* (*P.f.* шт.2) і *Pseudomonas fluorescens шт. AP33* (*P.f. AP33*).

Висновок

Проведені дослідження виявили позитивний вплив хімічних, фізичних і біолого-хімічних мутагенів на відібрані для досліджень культури мікроорганізмів з колекції ІТІ «Біотехніка» НААН. Отримані активні клони зі спадковою мінливістю та поліпшеними цінними властивостями було взято за основу подальшого розроблення регуляторів росту рослин з фунгіцидними властивостями.

У результаті досліджень функціональних можливостей морфологічних мутантів у препаратах на основі монокультур і в препаративних комбінаціях було визначено конкурентоспроможні відносини морфологічних мутантів при їх спільному культивуванні в рідких середовищах. Проведено біологічне оцінювання нових

комплексних біопрепаратів на основі селекціонованих мікроорганізмів з визначенням у них речовин гормональної природи та встановлено клас фітогормональної активності.

У результаті досліджень було створено два нових комплексних препарати, що виявляють найвищу рістстимулювальну та антагоністичну активність, – це БіоГібервіт БТ та Вітастим БТ. Експериментальні дослідження дали змогу визначити оптимальний склад поживних середовищ для глибинного напрацювання цих препаратів, що забезпечують максимальні титри (до $3{,}0 \cdot 10^9$ КУО/см^3 для БіоГібервіту БТ і до $4{,}0 \cdot 10^9$ КУО/см^3 для Вітастиму БТ). Отже, було закладено основи промислового виробництва цих біозасобів.

Застосування комплексних препаратів БіоГібервіт БТ та Вітастим БТ забезпечить захист рослин. А наявність у складі цих біозасобів комплексу біохімічних сполук сприятиме інтенсифікації процесів, що відбуваються в живих рослинах. Це позначиться на скороченні строків дозрівання сільгоспкультур та підвищенні стійкості до стресових факторів.

Список використаних джерел до підрозділу 2.6

1. *Гриник І. В., Патика В. П., Шкатула Ю. М.* Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2011. № 4. С. 7–11.
2. *Vessey J. K.* Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil.* 2003. V. 225. P. 571–586.
3. *Olanrewaju O. S., Glick B. R., Babalola O. O.* Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* 2017. V. 33. № 11. P. 197–204.
4. *Король И. Т.* Микробиологическая защита растений: справочник. Москва: Колос, 1993. 79 с.
5. *Штерншис М. В.* Повышение эффективности микробиологической борьбы с вредными насекомыми. Новосибирск: НГАУ, 2000. 128 с.
6. *Ткаленко Г. М., Гораль С. В., Ігнат В. В., Бальвас-Гремякова К. М.* Відбір та виділення нових перспективних штамів різних видів гриба роду *Trichoderma* для створення біофунгіциду. *Актуальні питання сільськогосподарської мікробіології*: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (4–5 вересня 2019, м. Чернігів). Чернігів: Видавець Брагинець О. В., 2019. С. 123–124.
7. *Павленко А. А.* Антагоністична активність *Trichoderma viride* IMB F-100076. *Актуальні питання сільськогосподарської мікробіології*:

матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (4–5 вересня 2019, м. Чернігів). Чернігів: Видавець Брагинець О. В., 2019 . С.120–122.
8. *Kubicek C. A., Mach R. L., Peterbauer C. K., Lorito M. Trichoderma*: from genes to biocontrol. *J. of Plant Pathology*. 2001. 83. P. 11–23.
9. *Lambers H., Mouget Ch., Iaillard B., Hinsiger Ph.* Plant-microb-soil interactions in the rhizosphere : an evolytionary perspective. *Plant Soil*. 2009. 321. P. 83–115.
10. *Suzuki S., Hel Y., Oyaizul H.* Indole-3-acetic acid production in *Pseudomonas fluorescens* HP72 and its associations with suppression of creeping bentgrass brown patch. *Current Microbiol*. 2003. V. 4. № 2. P. 138–143.
11. *Lavikoli A. et al.* Induced systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* in response to root inoculation with *Pseudomonas fluoresens* CHAO. *MPMI*. 2003. V. 16. № 10. P. 851–859.

2.7. Методи створення комплексних мікробіологічних препаратів на основі мікробних угруповань із деструктивними та антагоністичними функціями

Крутякова В. І., Пиляк Н.В., Нікіпелова О. М.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

На сьогодні в нашій країні, і не лише в нашій, йде активна робота зі створення засобів для утилізації пожнивних залишків. Але наявні продукти представлено засобами хімічного синтезу, що робить актуальним розробку і застосування комплексних мікробних препаратів для розкладання пожнивно-кореневих залишків соломи, які забезпечать пригнічення патогенної мікрофлори та підготовку ґрунту до посівів [1, 2].

Біодеструктор є найвигіднішим способом утилізації стерні, соломи та інших пожнивних залишків, оскільки дає змогу повернути поживні речовини в ґрунт, прискорює ростові процеси рослин, а пригнічуючи патогенну мікрофлору – сприяє формуванню корисної ґрунтової біоти. І, що дуже важливо, біодеструктор дає можливість зменшити витрати аміачної селітри на 60–80 % [3].

Мікроорганізми із роду *Trichoderma* – найпоширеніші деструктори (розкладачі) целюлози та лігніну – основних компонентів

сухих рослинних решток (стерні, соломи тощо). Вони також найактивніші, завдяки здатності до продукування комплексу целюлозолітичних ферментів. Гриби ферментують велику кількість природних антибіотиків, які відомі як активні гуміфікатори. Одночасно мікроміцети із роду *Trichoderma* – дієві антагоністи грибних та бактеріальних збудників основних хвороб рослин.

Завдяки швидкому розмноженню в ґрунті деструктор, до складу якого входить гриб *Trichoderma*, пригнічує розвиток патогенної мікрофлори, а завдяки природній фунгіцидній дії успішно долає наступних збудників хвороб рослин. Гриб *Trichoderma* на післяжнивних рештках своєю грибницею обплітає залишки кореневої системи рослин та ґрунтовий шар. Продукти життєдіяльності, що виділяє міцелій, стають джерелом поживних речовин для біоти ґрунту та рослин [4].

Солома як органічна речовина в ґрунті не лише джерело поживних елементів для рослин – від неї багато в чому залежать фізичні й фізико-хімічні властивості ґрунту. Рослинні залишки, продукти їх розпаду та гумус впливають на формування ґрунту, визначають його здатність утримувати вологу, а також теплові властивості [5].

За останні десятиліття на зернових полях України закріпилась практика спалювання пожнивних залишків – соломи і стерні. При спалюванні в умовах наявного дефіциту органічних добрив, окрім прямої шкоди, а саме – знищення енергоресурсної органіки, підгодованої мінеральними добривами, що безперечно є джерелом гумусу, відбувається супресія корисної ґрунтової мікробіоти, яку не пригнічено пестицидами. Проблема масового спалювання відмерлих рослинних решток, стерні та соломи є нині однією з найгостріших сезонних екологічних, соціальних, медичних проблем, які притаманні як урбанізованим, так і сільським територіям. Спалювання рослинних решток спричинює багатогранну шкоду, яку люди зазвичай не усвідомлюють через брак екологічної освіти, стаючи, таким чином, не лише жертвами власної необізнаності й шкодочинної діяльності, а й наражаючи на небезпеку своїх ближніх та істотно погіршуючи екологічний стан довкілля [6–8].

Установлено, що термічне навантаження, яке спричинено спалюванням стерні й соломи пшениці озимої, призводить до зниження

вмісту гумусу у 0–2 см опідзоленого чорнозему на 0,04 %. Це, без сумніву, негативно позначається на родючості ґрунту, оскільки на утворення 1 см родючого шару потрібно близько 100 років [6].

Негативно відображається спалювання соломи й стерні на структурі мікробіоценозу чорноземного ґрунту. Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів опідзоленого чорнозему достовірно знижується в середньому на 10–60 % залежно від їх виду [9].

Підраховано, що з кожної згорілої тонни соломи на полі втрачається до 700 кг гумусу, порушується структура ґрунту, знижується її стійкість до вітрової і водної ерозії, знищується весь азот, не говорячи вже про вуглець та інші елементи живлення. Загальні втрати азоту при врожаї зернових порядку 3–4 т/га становлять 25–30 кг на один гектар.

Отже, в міру різкого зниження обсягів унесення гною від 7–10 т/га в 1990 р. до 0,4–0,7 т/га на сьогодні єдиною альтернативою поповнення запасів органічної речовини в ґрунті є пожнивні залишки зернових, кормових і сидеральних культур. При цьому найдешевшим джерелом органіки є пожнивні рештки зернових культур, деструкцію яких здатні забезпечити біодеструктори з різною специфічністю дії [10, 11].

У зв'язку з цим в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН) проведено науково-дослідні роботи, результатом яких було створення комплексного мікробіологічного препарату на основі мікробних угруповань із деструктивними та антагоністичними властивостями.

Було проведено скринінг мікроорганізмів, що зберігаються в колекції ІТІ «Біотехніка» НААН, за результатами якого для досліджень відібрано такі штами: *Trichoderma harzianum* (*шт. Ч-1*), *Trichoderma* sp. *шт. С, Trichoderma* sp. *шт. А, Trichoderma viride шт. 2, Trichoderma viride шт. Т-4, Trichoderma harzianum шт. Істокський, Bacillus* sp. *шт. БД-1, Bacillus* sp. *шт. БД-3, Bacillus* sp. *шт. ТР-2, Bacillus* sp. *шт. ТР-3, Bacillus* sp. *шт. ТР-6, Gliocladium virens шт.* 30, *Ampelomyces artemisia шт. А-1, Pseudomonas fluorenscens шт. АР33*.

Спочатку визначали наявність целюлозолітичних ферментів у досліджуваних мікроорганізмах. Целюлоза є одним з найпоширені-

ших рослинних полімерів на планеті. Важливим етапом кругообігу вуглецю в природі вважають розпад целюлози, який здійснюється завдяки дії ферментів різних груп мікроорганізмів. Наявність целюлозолітичних ферментів визначали на середовищі Гетчинсона з фільтрувальним папером. Ріст на середовищі, зміна кольору паперу (поява кольорових плям), його ослизнення свідчили про те, що штами мають деструктивні властивості. За результатами проведених досліджень установлено, що всі штами із роду *Trichoderma,* а також штами *Gliocladium virens шт. 30* і *Ampelomyces artemisia шт. А-1* мають целюлазну активність за наявністю ознак, які спостерігали вже на 7–14-ту добу. Але за результатами скринінгу найактивніше розщепляли целюлозу штами: *Trichoderma* sp. *шт. А (T. sp. шт. А), Trichoderma viride шт. 2 (T. v. шт. 2), Trichoderma viride шт. Т-4 (T. v. шт. Т-4), Trichoderma harzianum шт. Істокський (T. h. шт. Істокський), Gliocladium virens шт. 30 (G. v. шт.* 30) і *Ampelomyces artemisia шт. А-1 (Am. art. шт. А-1).*

Бактеріальні штами також виявили ознаки росту на фільтрувальному папері і забезпечили його ослизнення. Але наявність характерних ознак спостерігали тільки на 30 добу. Штам *Pseudomonas fluorenscens шт. АР33* зовсім не виявив деструктивних властивостей.

Антагоністичні властивості визначали методом перпендикулярних штрихів із застосуванням комплексу домінуючих фітопатогенів: *Alternaria alternata, Sclerotinia sclerotiorum, Botritys cinerea, Fusarium oxysporum, Fusarium moniliforme, Fusarium graminiarum.* Індекс антагонізму оцінювали за чотирибаловою шкалою, враховуючи зону відсутності росту тест-об'єктів.

Встановлено, що всі штами роду *Trichoderma* виявили високу антагоністичну активність. Затримка росту шкодочинних об'єктів була на рівні 90–100 %. Грибні штами-антагоністи *G. virens шт*. 30 і *Am. artemisia шт. А-1* завдяки біологічно активним речовинам, що легко дифундують в агаризоване середовище, зумовлювали зони затримки росту фітопатогенів у межах від 75 до 90 %.

Серед бацилярних штамів найактивнішими виявились *B.* sp. *шт. ТР-2 і B.* sp. *шт. ТР-6*, які завдяки високим титрам життєздатних клітин і активних метаболітів пригнічували ріст фітопатогенів на 75–80 %.

У результаті проведених досліджень було відібрано перспективні штами мікроорганізмів з високою біологічною активністю, що є необхідною умовою за створення комплексних біологічних препаратів.

Створення комплексних біопрепаратів – це об'єднання в препаративну комбінацію кількох штамів мікроорганізмів, які мають необхідні цільові властивості. У природі значно поширені різні асоціації мікроорганізмів. Проте за створення штучних комплексів з різною специфічністю дії передбачається визначення взаємовідносин культур мікроорганізмів у різних комбінаціях, що формуються зі штамів із різним таксономічним статусом.

За результатами проведених досліджень з визначення взаємовідносин культур мікроорганізмів з різним таксономічним статусом в різних комбінаціях було відібрано такі асоціації неконкурентоспроможних мікроорганізмів, які можуть стати основою для створення комплексних препаратів:

1) *B.* sp. *шт. ТР-2, B.* sp. *шт. ТР-6, T. viride шт. Т-4, T. harzianum шт. Істокський;*

2) *G. virens шт. 30, T.* sp. *шт. А, T. viride шт. 2, B.* sp. *шт. ТР-2;*

3) *T.* sp. *шт. А, T. viride шт. 2, T. viride шт. Т-4, T. harzianum шт. Істокський;*

4) *B.* sp. *шт. ТР-2, B.* sp. *шт. ТР-6, Am. artemisia шт. А-1, T. viride шт. Т-4.*

За створення комплексних препаратів необхідною умовою є симбіотичні або синергічні взаємовідносини між біотехнологічними об'єктами, які складають препаративну комбінацію.

На основі зазначених вище асоціацій мікроорганізмів створено водні суспензії комплексних препаратів. У водних суспензіях препаратів на основі мікробних угруповань проведено попередні визначення цільових субстанцій. Критеріями для оцінювання якості цільових субстанцій були морфокультуральні характеристики і високі титри життєздатних мікроорганізмів, репродукція яких супроводжується утворенням якісних метаболітів, а це має позначитися на біологічній активності комплексних препаратів.

Установлено, що спільне культивування мікроорганізмів – це технологічний прийом, який впливає на спороутворення мікроміцетів і

бацил, сприяє утворенню розвинутого міцелію з великою кількістю хламідоспор у грибних культур. У рідких препаративних формах, діючими чинниками яких були відібрані мікробні угруповання, визначали високі титри штамів-продуцентів, що корелює з кількістю і якістю метаболітів, а це важливо в технологіях створення якісних біопрепаратів.

Показано, що комплекси деяких штамів роду *Trichoderma* з *Bacillus* sp. виявляють недостатню стабільність цільових показників, що, вірогідно, пов'язано з особливостями штамових культур чи з конкурентними відносинами між ними. Так, в асоціації із *B. sp. шт. ТР-2, B. sp. шт. ТР-6, T. viride шт. Т-4, T. harzianum шт. Істокський* титри бактеріальних клітин превалюють над титрами грибних штамів, що може істотно позначитися на цільових характеристиках комплексу: деструктор + антагоніст.

За результатами досліджень щодо добору мікробних угруповань, які будуть слугувати основою для комплексних препаратів з деструктивними та антагоністичними функціями, відібрано такі асоціації мікроорганізмів, дію яких має бути спрямовано на розкладання пожнивних залишків і на зниження щільності фітопатогенів в умовах фітоценозів:

1) *T.* sp. *шт. А, T. viride шт. 2, T. viride шт. Т-4, T. harzianum шт. Істокський;*

2) *B.* sp. *шт. ТР-2, B.* sp. *шт. ТР-6, Am. artemisia шт. А-1, T. viride шт. Т-4;*

3) *G. virens шт. 30, T.* sp. *шт. А, T. viride шт. 2, B.* sp. *шт. ТР-2.*

На поживних середовищах синтезовано рідкі форми комплексних препаратів (КП), основу яких склали мікробні угруповання:

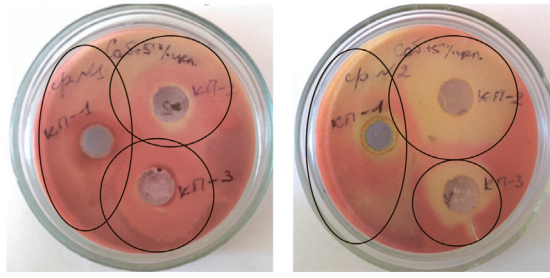
1 − **КП-1** (*T.* sp. *шт. А, T. viride шт. 2, T. viride шт. Т-4, T. harzianum шт. Істокський);*

2 − **КП-2** (*B.* sp. *шт. ТР-2, B.* sp. *шт. ТР-6, Am. artemisia шт. А-1, T. viride шт. Т-4*);

3 − **КП-3** (*G. virens шт. 30, T.* sp. *шт. А, T. viride шт. 2, B.* sp. *шт. ТР-2*).

Для встановлення ступеня впливу компонентів поживних середовищ на мікроорганізми в нових біопрепаратах було визначено титри і біологічну активність (целюлозолітичні й антагоністичні властивості) залежно від складу поживних середовищ.

Наявність целюлозолітичних ферментів у КП діагностовано експрес-методом на модифікованому середовищі з целюлозою. Як індикатор використано конго червоний. Целюлозну активність досліджено за здатністю формувати зони просвітлення навколо лунки. Встановлено пряму кореляцію: чим більший діаметр зони просвітлення, тим вища целюлозолітична активність (рис. 2.7.1).



а *б*

Рис. 2.7.1. **Зони гідролізу целюлози комплексними препаратами:** *а* – пептонне поживне середовище; *б* – мелясне поживне середовище

Паралельно в лабораторних умовах проведено дослідження з соломою, яку було оброблено препаратами з розведенням 1:50. Контролем слугувала стерильна вода. Візуальне спостереження за розкладанням соломи відбувалось впродовж двох місяців (рис. 2.7.2).



а *б* *в* *г*

Рис. 2.7.2. **Деструкція соломи комплексними препаратами:** *а* – контроль (H_2O); *б* – КП-1; *в* – КП-2; *г* – КП-3

Установлено, що КП-2 і КП-3, завдяки вмісту у своєму складі штамів з різним таксономічним статусом, першими виявили целюлазну активність. А, як відомо, змішані культури мікроорганізмів розкладають целюлозу швидше, ніж монокультури, що зумовлено асиміляцією накопичуваних продуктів розкладання й усуненням їх інгібувальної дії, а також синергізмом ферментних систем симбіонтів. Досліди з соломою в лабораторних умовах показали, що препарат КП-2 виявив найвищу целюлазну активність, зумовивши через два місяці повну деструкцію соломи**.**

Відомо, що целюлозоруйнівні мікроорганізми потребують багато азоту і при недоліку його в соломі споживають мінеральний азот з ґрунту. Тому на першому етапі після внесення деструкторів спостерігається зниження в ґрунті азоту, який доступний для рослин унаслідок іммобілізації, тобто біологічного закріплення мінерального азоту в клітинах целюлозолітичних мікроорганізмів. З метою запобігання втраті азоту із ґрунту і для поліпшення розкладання соломи рекомендовано одночасно з біодеструкторами вносити в ґрунт додаткові джерела азоту [11].

У лабораторних умовах проведено визначення відсотка розкладання соломи біодеструкторами. Було досліджено кілька варіантів з різним розведенням препаратів без додавання та з додаванням стартового азотного живлення. Для досліджень солому (2 г на чашку Петрі) було оброблено баковими сумішами препаратів із розведенням 1:150 та 1:50. Розчин сечовини додавали із розрахунку 20 $см^3$ на чашку Петрі. Як контроль використано 20 $см^3$ води. Відсоток розкладання соломи визначали за різницею масової частки соломи після двох місяців інкубації в термостаті за температури 23 °С.

Установлено, що в усіх варіантах, де було застосовано бакові суміші біопрепаратів з розведенням 1:150, відбулось розкладання соломи на 29–35 %. У зразках з розведенням 1:50 відсоток розкладання соломи становив 33–46 %. Це набагато вище порівняно з контрольним варіантом (H_2O), де розкладання целюлози зафіксовано на рівні 16 %. Додавання сечовини прискорило процес деструкції приблизно на 30 %.

Антагоністичні властивості комплексних біозасобів визначено методом перпендикулярних штрихів щодо шести домінуючих

фітопатогенів: *Alternaria alternata, Sclerotinia sclerotiorum, Botritys cinerea, Fusarium oxysporum, Fusarium moniliforme, Fusarium graminiarum*. Індекс антагонізму оцінювали за чотирибаловою шкалою, враховуючи зону відсутності росту тест-об'єктів (рис. 2.7.3).

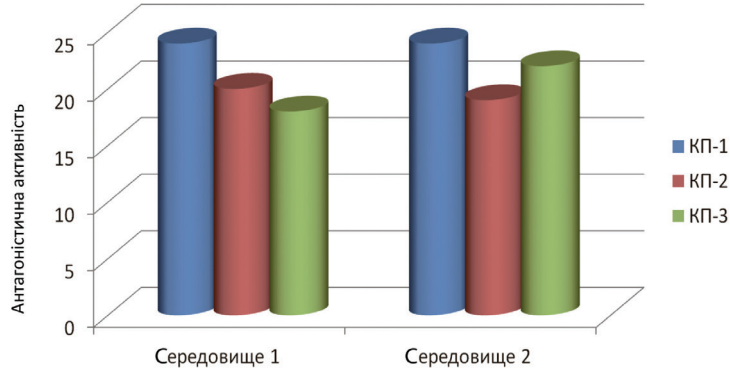


Рис. 2.7.3. **Визначення антагоністичної активності комплексних препаратів:** середовище 1 – пептонне поживне середовище; середовище 2 – мелясне поживне середовище

У лабораторних умовах нові поліфункціональні препарати виявили високу антагоністичну активність. Установлено, що препарати КП-2 і КП-3 зумовили зони затримки росту фітопатогенів в межах 75–90 %. Завдяки гіперпаразитизму і продукуванню активних метаболітів штамами із роду *Trichoderma* найвищу фунгіцидну активність виявив препарат КП-1, який пригнічував фітопатогени в межах 90 %.

За результатами польових досліджень встановлено, що в польових умовах найактивнішим виявився препарат КП-2, після застосування якого спостерігалось розкладання соломи на рівні 70 % вже через шість тижнів. На ділянках, де було внесено комплексні біодеструктори КП-1 і КП-3, через два місяці спостерігалася значна зміна забарвлення соломи і рослинних решток порівняно з контрольною ділянкою.

Висновок

За результатами проведених досліджень було створено комплексні мікробіологічні препарати на основі мікробних угруповань із деструктивними та антагоністичними властивостями. Подальші

дослідження в умовах агробіоценозу показали, що всі нові комплексні препарати виявили видиму деструкцію соломи і рослинних решток. Однак біодеструктор КП-2, на основі комплексу мікроорганізмів *B.* sp. *шт. ТР-2, B.* sp. *шт. ТР-6, Am. artemisia шт. А-1, T. viride шт. Т-4,* виявив найвищу целюлозолітичну активність. Отже, застосування цього комплексного мікробіологічного препарату забезпечить не лише розкладання пожнивно-кореневих залишків, а й пригнічення патогенної мікрофлори ґрунту.

Список використаних джерел до підрозділу 2.7

1. *Кирюшин В. И.* Экологизация земледелия и технологическая политика. Москва: МСХА, 2000. 473 с.
2. *Андреюк Е. Н.* Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. Киев: Наукова думка, 1988. 219 с.
3. *Лыков А. Д.* Гумус и плодородие почвы. Москва: Моск. рабочий, 1985. 192 с.
4. *Алимова Ф. К.* Промышленное применение грибов рода *Trichoderma.* Казань: УНИПРЕСС ДАС, 2006. 268 с.
5. *Состав* и функционирование микробного сообщества при разложении соломы злаковых культур в дерново-подзолистой почве. *Сельскохозяйственная биология.* 2015. Т. 50. № 3. С. 305–314.
6. *Андрієвська В. М.* Екологічні наслідки спалювання рослинних решток. Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук за галуззю науки «Екологія та екологічна безпека»: матеріали підсумк. наук.-практ. конф. ІІ туру (13–14 березня 2013, м. Донецьк). Донецьк, 2013. С. 3.
7. *Воробьева С. А.* Земледелие с основами почвоведения и агрохимии. Москва: Колос, 1981. 431 с.
8. *Саєнко М. П.* Управління пожнивними рештками в технології *min-till* та *no-till* на прикладі підприємств Криму. *Зерно*. 2009. С. 105–107.
9. *Маслак Д.В. и др.* Влияние комплексного микробного удобрения Жыцень на темпы разложения соломы и пожнивно-корневых остатков. *Труды БГУ*. 2014. Т. 9. Ч. 1. С. 96–101.
10. *Тейт Р.* Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты: пер. с англ. Москва: Мир, 1991. 400 с.
11. *Кочубей М. И.* Свойства и плодородие орошаемых почв разного генезиса. *Проблемы повышения плодородия почв*: материалы совещания. Ташкент, 1982. С. 112–117.

2.8. Дослідження властивостей колекційного штаму *Lecanicillium longisporum* та створення на його основі біоінсектициду

Крутякова В. І., Пиляк Н. В., Нікіпелова О. М.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Використання екологічно безпечних методів захисту рослин є одним з основних елементів сучасної технології для фітосанітарної оптимізації екосистем, які дають змогу цілеспрямовано регулювати чисельність комах-шкідників, зберігаючи динамічну природну рівновагу. На сьогодні дедалі більше уваги приділяється виробництву і застосуванню біологічних засобів захисту рослин на основі високоактивних штамів з різних фізіологічних груп мікроорганізмів [1–4].

Серед грибних ентомопатогенів найбільше значення мають мускардинні гриби, які представляють систему для обмеження чисельності шкідників сільськогосподарських культур, а також важливу модель для вивчення взаємодії між хазяїном і патогеном.

Відомо, що мікроскопічні ентомопатогенні гриби мають здатність у природних умовах заражати шкідливих комах і зумовлювати їхню масову захворюваність і загибель. Потенціал ентомопатогенних мікроорганізмів як засобів контролю за комахами-шкідниками досить високий. Крім того, гриби здатні рости та розвиватися на штучних живильних середовищах, що дає змогу створювати на їх основі біологічні препарати [5–9].

Ентомопатогенні гриби роду *Lecanicillium* (колишній комплексний вид *Verticillium lecanii*), відомі як природні патогени комах. Відомо, що за кордоном окремі види цих мікроміцетів (*L. muscarium, L. longisporum, L. lecanii*) знайшли практичне застосування як продуценти екологічно безпечних мікробіопрепаратів [10–14]. Впровадження у природний біоценоз таких препаратів дає змогу регулювати чисельність шкідливих комах, обмежуючи спалахи їхнього масового розмноження.

Отже, розробка та застосування препаратів на основі агрономічно цінних мікроорганізмів, без порушення механізмів біоценотич-

ної регуляції та екологічної стабільності, можуть контролювати чисельність шкідливих об'єктів в агроценозах, сприяючи отриманню екологічно безпечної рослинницької продукції та зниженню рівня забруднення агроценозів пестицидами, відновлюючи природну рівновагу екосистем.

У рамках досліджень останніх років, проведених в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН), було вивчено властивості ентомопатогенного гриба роду *Lecanicillium longisporum* (*L. longisporum)*, який зберігається в колекції інституту, з метою подальшого розроблення на його основі мікробіологічного препарату – Ліканіциліну БТ.

Властивості штаму *L. longisporum*

Дослідження морфокультуральних властивостей *L. longisporum* (рис. 2.8.1) показали, що штам добре росте на твердому агаризованому середовищі Сабуро за температури від 24 до 26 °С. На поверхні середовища утворює білий, шерстистий, ватоподібний міцелій. Гіфи завтовшки 1,2–2,5 мкм, переважно утворюють дернинки заввишки до 0,5 мм. На середовищі Чапека утворюють окремі округлі жовті колонії.

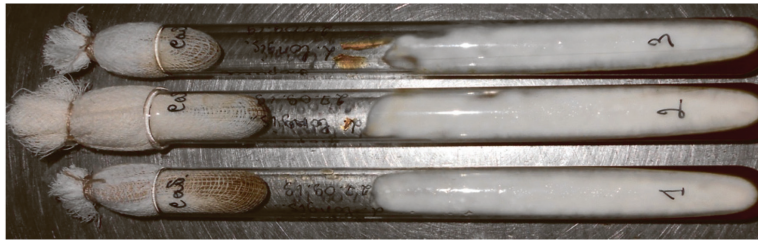


Рис. 2.8.1. **Штам *L. longisporum* у пробірках**

За мікроскопічного дослідження встановлено, що у мікроміцета прямі, короткі, циліндричні, прямостоячі конідієносці, на вершині злегка розширені, відокремлені від гіф перегородкою. Фіаліди поступово звужуються до вершини, на кінцях загострені, зібрані в пучки по 2–6 шт., іноді поодинокі. Фіаліди формуються на конідієносцях або безпосередньо на вегетативних гіфах. Конідії одноклітинні, безбарвні або слабозабарвлені, кулясті, яйцеподібні,

еліптичні або довгасті, зібрані в слизові округлі головки діаметром 6–30 мкм.

Як і багато ентомопатогенних мікроміцетів, штам *L. longisporum* утворює інсектицидні метаболіти, які здатні прискорювати загибель комахи-хазяїна. Успіх практичного використання ентомопатогенних грибів залежить від збереження цільових властивостей штаму в процесі виробництва, застосування та зберігання.

Відомо, що гриби відрізняються за потребами у поживних середовищах (ПС). Тому для росту та розвитку мікроорганізмів за культивування потрібно підібрати такі живильні середовища, які забезпечують максимальний їх розвиток. Підбір компонентів та їх концентрація у складі поживних середовищ має бути такою, що забезпечує накопичення біомаси, спороутворення та біосинтез метаболітів. Процес підбору оптимізованого рецептурного складу ПС передбачав дослідження основних технологічних параметрів, а саме: титрів штаму *L. longisporum*, культивованого на трьох різних за складом ПС (*табл. 2.8.1*).

Таблиця 2.8.1. **Визначення оптимального типу ПС для культивування *L. longisporum***

Дослід	Умовне позначення ПС	Тип ПС за складом	Титр, КУО/см^3
1	ПС № 1	Глюкозно-пептонне	$5{,}6 \cdot 10^9 \pm 0{,}4$
2	ПС № 2	Мелясне	$2{,}0 \cdot 10^7 \pm 0{,}7$
3	ПС № 3	Білково-вітамінне	$2{,}2 \cdot 10^6 \pm 0{,}5$

Отримані дані щодо розвитку гриба *L. longisporum* на живильних середовищах різного складу показали, що глюкозно-пептонне середовище (ПС № 1) найприйнятніше для його масового вирощування, адже його застосування забезпечує високі титри життєздатних мікроорганізмів у водній суспензії препарату.

Біологічну активність штаму *L. longisporum* у лабораторних умовах порівнювали з біологічною активністю контрольних зразків, як такі використовували Актофіт БТ (*Streptomyces avermitilis*) та Метаризин БТ (*Metarhizium anisopliae*).

Як тест-об'єкт використовували фітофаг – велику злакову попелицю *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775). Цей фітофаг здатний завдавати величезної шкоди рослинам. *S. avenae* швидко розмножується, пристосовується, поширюється, утворюючи цілі колонії. Впиваючись своїми хоботками у вегетативні органи, попелиця висмоктує їх сік, після чого рослина погано розвивається та гине.

Для визначення біологічної активності пшеницю озиму, вирощену до розміру 3–4 см, заражали фітофагом *S. avenae*. Через 3 доби проводили першу обробку рослин біопрепаратами. Щільність популяції попелиць перед обробкою становила приблизно 10–15 особин/рослина (*табл. 2.8.2)*.

Таблиця 2.8.2. **Біологічна активність *L. longisporum* у лабораторних умовах**

Препарат	Норма витрат, дм³/га	Чисельність великої злакової попелиці, особин/рослину		
		до обробки	на 10-ту добу	
			після 1-ї обробки біопрепаратами	після 2-ї обробки біопрепаратами
Новий препарат на основі *Lecanicillium longisporum*	10,0	12,0	11,0	5,0
	5,0	14,0	13,0	7,0
	1,0	11,0	10,0	7,0
Актофіт БТ на основі *Streptmyices avermitilis*	10,0	10,0	10,0	8,0
	5,0	13,0	11,0	10,0
	1,0	15,0	12,0	10,0
Метаризин БТ на основі *Metarhizium anisopliae*	10,0	13,0	16,0	15,0
	5,0	11,0	15,0	14,0
	1,0	14,0	17,0	14,0
Контроль (без оброблення препаратами)	–	13,0	20,0	25,0

Для контролю в експериментах використовувалась необроблена біопрепаратами пшениця, заражена *S. avenae*. Через 10 діб у цьому контрольному варіанті чисельність фітофага сягала 20 особин/

рослину (див. *табл. 2.8.2*). Результатом такого зараження стала загибель рослин.

У дослідних варіантах на рослинах, оброблених усіма препаратами, чисельність комах упродовж 10-ти діб залишалась майже постійною, що свідчить про призупинення розвитку фітофагів. Друга обробка рослин біопрепаратами показала істотне зменшення популяції попелиць для нового препарату на основі *L. longisporum* та Актофіту БТ. Метаризин БТ майже не вплинув на тест-об'єкти.

Дані *табл. 2.8.2* свідчать, що препарат на основі *L. longisporum* показав найкращий результат щодо захисту пшениці озимої від фітофага *S. avenae*.

Технологія отримання Ліканіциліну БТ на базі *L. longisporum*

Враховуючи позитивні результати експериментальних досліджень біологічної активності грибів *L. longisporum*, було розроблено технологію одержання нового біопрепарату Ліканіциліну БТ на його основі з використанням підвісних мікробіологічних качалок КПМ 36/90. Технологія включає виготовлення ПС, а також його стерилізацію, перевірку на наявність сторонньої мікрофлори, розмноження посівного матеріалу, інокуляцію, культивування в підібраному технологічному режимі. Основними етапами технологічного процесу є (рис. 2.8.2):

- тиражування вихідної маточної культури в пробірках (етап 1);
- приготування проміжної культури на чашках Петрі (етап 2);
- культивування та одержання Ліканіциліну БТ (етап 3);
- фасування та зберігання препарату (етап 4).

Основне обладнання для виробництва біопрепарату складається з:

- термостату для вирощування маточної та проміжної культури;
- холодильника для зберігання;
- качалки КПМ 36/90 для культивування та одержання препарату;
- автоклавів для стерилізації ферментаційних ємностей, ПС та матеріалів.

Технологію було відпрацьовано у лабораторному і промисловому масштабах на базі Цебриківського дослідного біосектору ІТІ

«Біотехніка» НААН. Результатом цієї роботи стало створення Технологічного регламенту на виробництво біопрепарату з інсектицидними властивостями – Ліканіциліну БТ.



Рис. 2.8.2. **Технологія виробництва Ліканіциліну БТ на основі *L. longisporum***

Висновок

У результаті проведених комплексних досліджень на основі *L. longisporum* було створено новий мікробіологічний препарат з інсектицидними властивостями Ліканіцилін БТ. Біологічна активність Ліканіциліну БТ є більшою від відомих біопрепаратів (Актофіт БТ, Метаризин БТ). Лабораторні дослідження показали, що 2-разове оброблення пшениці озимої Ліканіциліном БТ дає можливість знизити зараження рослин великою злаковою попелицею *S. avenae* на 82 %, що на 17 % ефективніше від використання

Актофіту БТ. Було розроблено технологію виробництва Ліканіциліну БТ на промислових мікробіологічних качалках КПМ 36/90. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення ефективності використання препарату у захищеному ґрунті та розробленні технології виробництва Ліканіциліну БТ у пілотних біореакторах типу АФ.

Список використаних джерел до підрозділу 2.8

1. *Надыкта В. Д., Исмаилов В. Я.* Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. *Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем*: материалы докл. междунар. науч.-практ. конф. (29 сентября – 1 октября 2004, г. Краснодар). Краснодар: РАСХН, 2004. Вып. 2. С. 46–57.
2. *Штернишис М. В.* Биологическая защита растений. Москва: Колос, 2004. 264 с.
3. *Faria M. R., Wraight S. P.* Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*. 2007. V. 43. P. 237–256.
4. *Soman A. G., Gloer J. B., Angawi R. F., Wicklow D. T., Dowd P. F.* Vertilecanins: new phenopicolinic acid analogues from *Verticillium lecanii*. *J. of Natural Products*. 2001. V. 64. P. 189–192.
5. *Леднев Г. Р.* Состояние и перспективы использования микоинсектицидов для снижения численности саранчовых. *Защита и карантин растений.* 2012. № 6. С. 18–21.
6. *Митина Г. В.* Выделение и изучение спектра действия фосфолипидов с инсектицидной активностью энтомопатогенного гриба *Lecanicillium lecanii*. *Микология и фитопатология.* 2003. Т. 36. № 6. С. 53–59.
7. *Butt T. M., El Hadj N. B., Skrobek A.* Mass spectrometry as a tool for the selective profiling of destruxins; their first identification in *Lecanicillium longisporum*. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2009. V. 23. № 10. P. 1426–1434.
8. *Митина Г.В. и др.* Выделение и изучение химической структуры токсина с инсектицидной активностью из гриба *Lecanicillium muscarium*. *Научное приборостроение*. 2012. Т. 22. Вып. 2. С. 3–9.
9. *Мітіна Г. В., Сергєєв Г. Є., Павлюшин В. А.* Взаємозв'язок між морфологічними та біохімічними особливостями та вірулентністю до твердої білокрилки у диких ізолятах *Verticillium lecanii (Zimm.) Viegas*. *Мікологія і фітопатологія.* 1997. Вип. 31. № 1. С. 57–64.

10. *Zare R., Gams W., Culham A.* A revision of *Verticillium* sect. Prostrata. I. Phylogenetic studies using its sequences. *Nova Hedwigia*. 2000. V. 71. P. 465–480.
11. *Леднев Г. Р.* Возбудители микозов насекомых: пособие по диагностике. Санкт-Петербург: Всерос. НИИ защиты растений, 2003. 79 с.
12. *Huber J.* Untersuchungen zur Physiologie ensectentótenden Pilze. *Arch. Microbiol.* 1958. V. 29. P. 71–81.
13. *Берестецкий А. О.* Получение и хранение биопестицидов на основе микромицетов. *Микология и фитопатология.* 2009. Т. 43. № 6. С. 473–489.
14. *Соловей Е. Ф.* Технологические проблемы получения, биопрепарата на основе *Verticillium lecanii*. *Проблемы создания и применения микробиологических средств защиты растений*: тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. 1989. С. 113.

РОЗДІЛ 3

Системи застосування засобів біологізації землеробства

3.1. Агроекологічні основи зональної адаптації органічних технологій землеробства

Крутякова В. І., Бельченко В. М., Таргоня В. С., Нікіпелова О. М.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Розроблення ефективних адаптивних біологізованих агротехнологій в умовах глобальної зміни клімату потребує моделі формування продуктивності зернових колосових та прогнозу врожайності в органічних технологіях залежно від погодних умов. У сучасних умовах збільшення врожайності сільськогосподарських (с.-г.) польових культур, поліпшення їх фізико-хімічних і технологічних якостей тісно пов'язане з розробкою і застосуванням високоефективних прийомів вирощування: підбір кращих сортів, способів обробітку ґрунту, оптимізація режимів живлення та способів захисту рослин, які спрямовано на отримання біологічно повноцінної та екологічно безпечної продукції з найбільшою економічною ефективністю вирощування [1].

Урожайність тісно пов'язана з агрокліматичними, ґрунтовими та агротехнічними факторами, тому і система її прогнозування ґрунтується на накопиченні інформації різних ресурсів: метеорологічних, агрометеорологічних, ґрунтових, статистичних даних та даних дистанційного зондування.

Використання сучасних ГІС та ДЗЗ дає змогу отримувати об'єктивне оцінювання розмірів та якості земель, що використовуються під посівами, проводити спостереження за ростом і розвитком с.-г. культур, прогнозувати строки їх біологічного дозрівання та початку збирання врожаю й оцінювати їх потенційну врожайність.

В умовах обмеженості матеріально-грошових ресурсів, які у найближчі роки навряд чи будуть істотно збільшено, реальним способом збереження родючості й отримання стабільних урожаїв с.-г. культур є максимальне використання еколого-біологічних факторів у системі землеробства [2]. Найбільш ефективними, дешевими, відновними, такими, що позитивно впливають на властивості ґрунтів, екологію та якість продукції, є біологічні чинники, що одночасно забезпечують відтворення органічної речовини ґрунту й елементів живлення рослин. До них належать сівозміна, сидерація, використання соломи на добрива, проміжні культури, багаторічні бобові трави і бобово-злакові суміші, зернобобові культури, змішані та суміщені посіви злакових і бобових культур [3].

Серед факторів, які впливатимуть на розвиток сільського господарства, провідне місце належатиме інноваційним, наукоємним технологіям (біотехнології у рослинництві та тваринництві, системі точного землеробства) збереження довкілля, зменшення викидів парникових газів [4] (рис. 3.1.1).



Рис. 3.1.1. **Шляхи удосконалення технологій у землеробстві та рослинництві** [4]

У сформованих соціально-економічних умовах поточного часу найбільш перспективним виходом з існуючої ситуації є перехід традиційної системи землеробства на біологічну основу, яка включає в себе не тільки ослаблення антропогенного навантаження на агроекосистему, а й забезпечує максимум умов для повноцінного використання її власного біопотенціалу [5].

Фундаментальною основою оздоровлення ценозів і підтримки їх у стабільному фітоценотичному стані при рівноважному співвідношенні корисних та шкідливих мікроорганізмів є агротехнічний метод [6].

За даними Всесвітньої сільськогосподарської та продовольчої організації ООН (ФАО), продовольче забезпечення населення світу в XXI ст. здійснюватиметься за рахунок інноваційних ресурсів і агротехнологій по п'яти пріоритетних напрямах.

Метою досліджень є наукове визначення особливостей адаптивності органічних технологій зернових колосових залежно від погодних умов. Для побудови експертної логістичної моделі використано матеріали та вербальну інформацію фахівців-експертів Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН. Критерієм вибору експертів слугувала наявність розробок технологій та технічних засобів біологічного захисту рослин, які успішно пройшли державні випробування та реально функціонують [9]. Загалом оцінювали вітчизняні розробки, зокрема ентомологічні та мікробіологічні препарати, для яких освоєно промислове виробництво.

Розроблення складних біотехнологічних систем, як у нас в країні, так і за кордоном, наразі має переважно евристичний характер [10]. Через це більшість розробок комплексних технологій біологічного захисту рослин є суто регіональними і залежать від наявності висококваліфікованого технолога, який постійно вносить корективи у біотехнологічний процес, керуючись власною неформалізованою базою знань [10, 11].

З метою підвищення ефективності таких біотехнологічних розробок прикладного характеру для конкретних виробничих умов розроблено загальний алгоритм, який дає змогу систематизувати необхідну інформацію та обрати раціональне рішення. Принципову схему алгоритму розроблення комплексних біотехнологічних

заходів захисту рослин на основі ентомологічних та біологічних препаратів наведено на рис. 3.1.2.

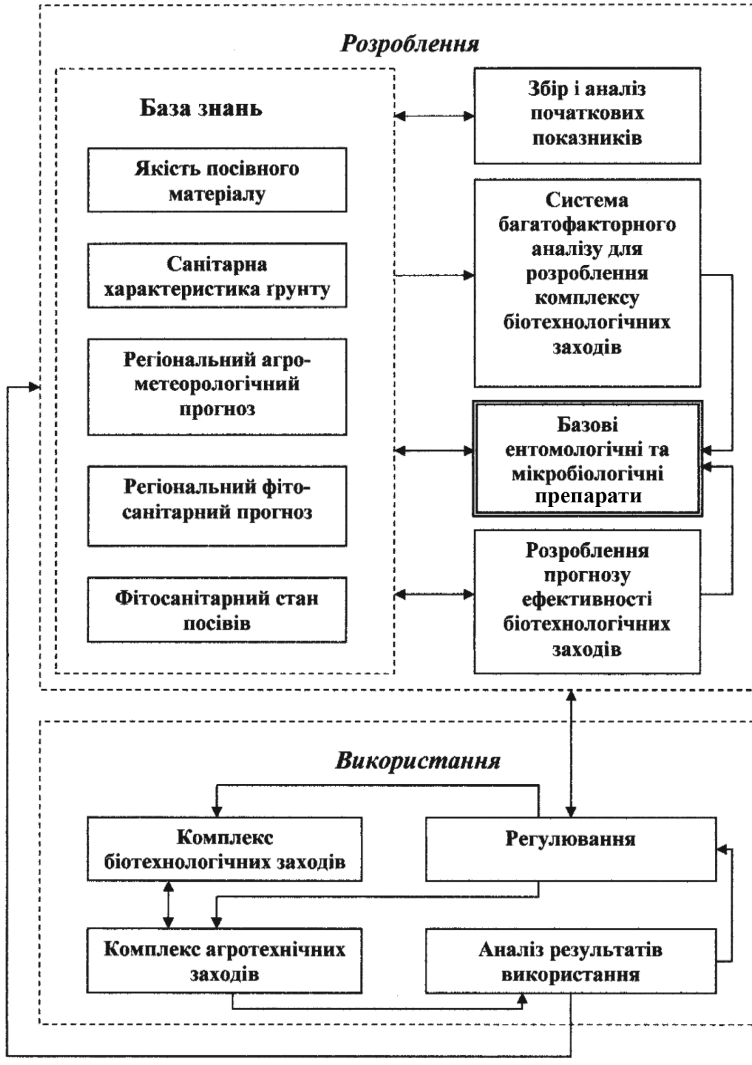


Рис. 3.1.2. **Принципова схема алгоритму розроблення комплексних біотехнологічних заходів захисту рослин на основі ентомологічних та біологічних препаратів**

Визначальним моментом розроблення комплексу біотехнологічних заходів захисту рослин є поставлена основна мета. Наприклад, це може бути:

- вирощування органічної продукції;
- отримання високоякісного посівного матеріалу;
- мінімізація витрат на захист рослин;
- комплексна мета з одночасним зменшенням негативного впливу на довкілля тощо.

Варто відзначити, що запропонований алгоритм не є гіпотетичною розробкою, а описує процедуру вибору технологічних процесів захисту рослин, яка тією чи іншою мірою виконується у реальних виробничих умовах.

Для конкретної реалізації цієї задачі розроблено нечіткі правила, сформовано математичну модель, в якій критерієм оцінювання слугує якість використання біотехнології (препарату). Змінюючи хоча б один із вхідних параметрів, можемо отримати відповідні значення ефективності використання біологічного захисту. Звідси простежено вплив параметрів комплексного біологічного захисту на кінцевий результат (рис. 3.1.3).

Як видно з графічної моделі (рис. 3.1.3), за дотримання вимог технологій використання ентомологічних і мікробіологічних пре-

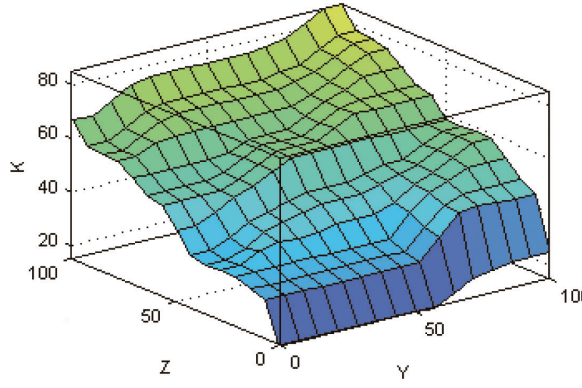


Рис. 3.1.3. **Залежність ефективності використання комплексу біотехнологічних заходів захисту (*K*) від повноти врахування зовнішніх чинників (*Z*) і дотримання вимог технологій використання ентомологічних та мікробіологічних препаратів захисту рослин (*Y*)**

паратів захисту рослин та повноти врахування зовнішніх чинників стосовно конкретних виробничих умов можливо досягти зниження кількості шкодочинних організмів до 83 %.

На основі аналізу інформації про зарубіжні та вітчизняні біопрепарати і використання описаного алгоритму визначено асортимент біологічних препаратів для обробки насіння, які допущено до використання у біологічному виробництві, а саме:

- препарати інсектицидної дії: Бітоксибацилін (*Bacillus thuringiensis var. Thuringiensis*);
- препарати родентицидної дії: Бактородентицид (*Salmonella enteritidisvar. Issatchenko*);
- препарати фунгіцидної дії: Планриз (*Pseudomonas fluorescens* АР-33), Триходермін БТ (*Trichoderma lignorum*); Ганоль (екстракт гіркого полину, 300 г/л).

Складність прогнозування у сільському господарстві зумовлено біологічними особливостями об'єктів прогнозування. Всю сукупність факторів, що впливають на с.-г. виробництво, можна розділити на такі групи: соціально-економічні, агротехнічні, ґрунтово-кліматичні, екологічні.

Нині для прогнозування в аграрному секторі застосовують доволі обмежену сукупність методів. Їх загалом об'єднано у п'ять груп, які ідентичні загальним методам прогнозування: моделювання, екстраполяції, аналогій і експертних оцінок.

Незважаючи на вказані недоліки цих методів, їх широко використовують у процесі прогнозування врожайності с.-г. культур. Із них найбільшого поширення набув метод прогнозування за рівнянням трендів. Тренд дає змогу в одному показнику – врожайності – відобразити взаємодію всіх факторів (за винятком метеорологічних особливостей конкретних років).

Розроблено модель формування продуктивності зернових колосових та прогноз урожайності в органічних технологіях залежно від погодних умов, яка є динамічною моделлю впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність зернових колосових із урахуванням впливу біологічних фунгіцидів на розвиток хвороб насіння зернових колосових за різних температур. В основу моделі покладено систему рівнянь радіаційного, теплового,

водного балансів і балансу біомаси (вуглеводів і азоту) у рослинному покриві в системі «середовище – рослина» [12]. Визначено асортимент біологічних препаратів захисту зернових колосових. На основі аналізу досліджень розроблено модель логістичного прогнозування урожайності залежно від погодних умов.

Для проведення експериментальних та аналітичних досліджень обрано базову математичну модель. Запропонована модель є динамічною моделлю впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність зернових колосових із урахуванням впливу біологічних фунгіцидів на розвиток хвороб насіння зернових колосових за різних температур.

Залежно від актиноритмічних режимів вирощування сильно змінюється довжина періоду вегетації і кінцевий урожай зерна. Всі досліди, які встановили ці важливі положення, проводили в умовах постійної температури.

Формування врожаю пшениці може проходити в широких температурних межах – від 30 до 15 °С і навіть до 12 °С. Зниження температури у зазначених межах, в основному, збільшує тривалість періоду відтворення зерна, який помітно скорочується з підвищенням температури.

Температура близько 30 °С і вище скорочує терміни життя рослин пшениці, вони швидше «старіють» і тому швидше формують зерно, тобто нове покоління. Чим нижче температура, аж до 15–12 °С, тим довше рослини залишаються активними і тому більше кущаться і вище озерненість їх суцвіть.

В основу побудови моделі логістичного прогнозування урожайності залежно від погодних умов покладено теорію нечітких множин і лінгвістичних змінних експертної системи для прогнозування рівня показників якості використання біотехнологічних процесів [10, 13].

Розроблено нечіткі правила, сформовано математичну модель, в якій критерієм оцінювання слугує рівень досягнення біологічної продуктивності зернових колосових, а змінними параметрами є відповідність температури оптимальним значенням і дотримання вимог технологій вирощування та застосування мікробіологічних препаратів захисту рослин (рис. 3.1.4).

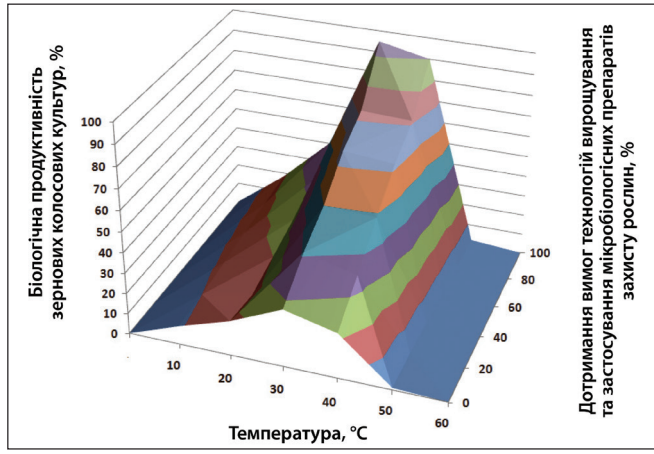


Рис. 3.1.4. **Залежність досягнення біологічної продуктивності зернових колосових культур від температури і дотримання вимог технологій вирощування та застосування мікробіологічних препаратів для захисту рослин**

Як видно з рис. 3.1.4, за дотримання вимог біологізованих технологій вирощування та оптимальних кліматичних умов можливе формування до 93 % біологічної врожайності від максимально можливої. Особливістю проведених досліджень є врахування впливу комплексу параметрів зміни клімату на урожайність зернових культур, а також використання принципу випереджувальної зміни параметрів агротехнологій стосовно незворотних прогнозованих змін клімату для забезпечення впровадження та адаптації органічних технологій, які передбачають комплексне використання біотехнологічних альтернатив. Це дасть змогу перетворити зміни клімату в некеровану, але прогнозовану, технологічну складову процесів впровадження ефективних органічних технологій.

Результати досліджень було використано для створення алгоритму розробки органічних технологій вирощування зернових колосових культур за різних кліматичних умов з подальшою апробацією в господарствах агропромислового комплексу України (рис. 3.1.5).

Проведені обліки вказують, що агрофізичні показники ґрунту (вологість, щільність, запаси продуктивної вологи) істотно змінюються залежно від системи основного обробітку.

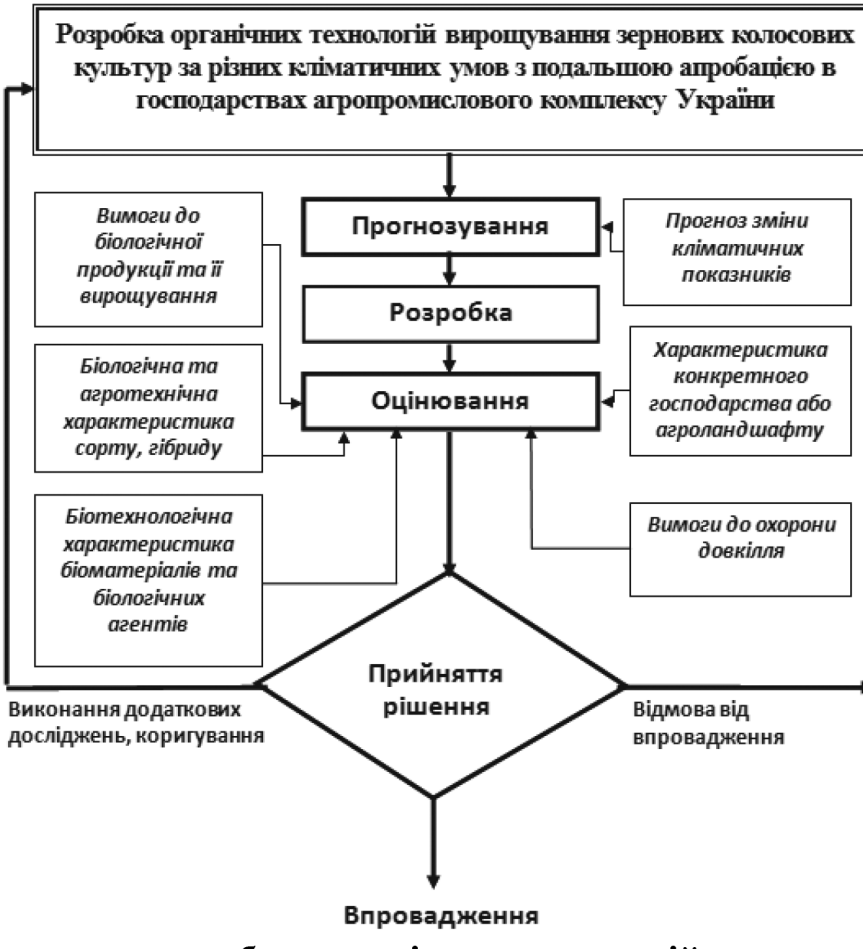


Рис. 3.1.5. **Алгоритм розробки органічних технологій вирощування зернових колосових культур за різних кліматичних умов з подальшою апробацією в господарствах агропромислового комплексу України**

Формування врожаю будь-якої культури – це інтегральний показник продуктивності рослин за фазами росту і розвитку. Продуктивність визначається густотою стояння рослин, світловим і тепловим режимами, забезпеченістю ґрунту вологою, рівнем мінерального

живлення й особливостями сорту. Вказані вище умови перебувають у надзвичайно складних взаємозв'язках. Вони визначать інтенсивність росту, розвитку і продуктивності рослин за основними фазами. Врожай культур безпосередньо залежить від кількісного вираження кожного структурного елементу. Тому необхідно, щоб у конкретних умовах вирощування всі елементи структури досягали свого найбільшого кількісного вираження. Таким чином, врожай – це результат взаємодії всіх кількісних ознак рослин з умовами навколишнього середовища. Кінцевими величинами, які визначають рівень врожайності, є продуктивна густота стеблостою, кількість і маса зерен на рослині. Кількість продуктивних стебел на одиниці площі залежить від норми висіву, польової схожості, умов агротехніки і біологічних особливостей сорту. Проте, від повних сходів до збирання врожаю постійно відбувається часткове відмирання рослин.

Техніко-технологічне рішення являє собою дуалістичну інформацію, яка містить такі взаємозв'язані складові:

- технологічний процес (технологічні операції, їх послідовність, вимоги до них тощо)
- перелік (комплекс) технічних засобів для їх реалізації.

Відповідно до виробничих проблем, які потребують розв'язання, техніко-технологічні рішення можуть відповідати таким рівням:

- вибір оптимального чи раціонального рішення, виходячи із показників конкретного с.-г. підприємства, наявності машинно-тракторного парку, фінансових та матеріальних ресурсів;
- вирішення техніко-технологічного протиріччя щодо конкретної технологічної операції, застосування біотехнологічної або агротехнічної альтернативи;
- вирішення комплексу техніко-технологічних і агроекологічних протиріч, що дають можливість відновити малий колообіг поживних речовин, розв'язати проблеми збереження родючості, отримання високоякісної продукції шляхом досягнення синергетичного ефекту.

На основі аналізу як позитивного, так і негативного досвіду впровадження біологічного виробництва сільськогосподарської продукції у реальних виробничих умовах запропоновано методи розроблення техніко-технологічних рішень.

Метод біотехнологічної заміни. Суть методу полягає у використанні тієї чи іншої біотехнологічної альтернативи замість механічної чи агрохімічної технологічної операції з подальшим коригуванням суміжних технологічних операцій.

Метод винесення біогенних процесів з агробіоценозу на промислові майданчики. Метод полягає у використанні спеціалізованих біотехнологічних процесів поза основним агробіоценозом, тобто винесення на промислові майданчики значної частини мікробіологічних і біологічних процесів гуміфікації органічних мас у закритих і напівзакритих промислових реакторних системах, в яких швидкість редукування в сотні і тисячі разів перевищує природну, а втрати за рахунок емісії біологічно активних речовин зведено до мінімуму.

Метод випередження кліматичних змін полягає в тому, що при впровадженні біологічного виробництва, зокрема в період становлення, враховуються прогнозовані зміни клімату. За умов зміни кліматичних умов відбуваються неминучі зміни біотопу (мікрофлори ґрунту, ентомофауни, бур'янів тощо), потребують корекції видовий та сортовий склад с.-г. рослин, які культивуються.

Метод введення у трофічний ланцюг агробіоценозу додаткової ланки для ізолювання або видалення забруднювальних речовин полягає у застосуванні біогенних речовин для виведення токсикантів з трофічних ланцюгів агробіоценозів.

Метод використання прийомів та елементів точного землеробства ґрунтується на концепті впровадження у біологічне рільництво технологій на основі ґрунтових картографічних одиниць, використання точних дистанційних даних – знімків супутника чи дрона, використання технологій для обробки та використання цих даних.

Біогенні речовини для виведення токсикантів з трофічних ланцюгів агробіоценозів: гумінові кислоти; глинисті мінерали (каолініти; гідрослюди (іліти), вермікуліти і монтморилоніти; хлорити).

Останніми роками у посівах польових культур все інтенсивніше і шкодочинніше проявляють себе хвороби. Основними причинами цього є порушення агротехніки, використання для сівби насіння низьких кондицій, зниження обсягів його протруєння.

Передпосівна обробка насіння – важливий технологічний етап для захисту проростків і забезпечення нормальної густини стояння рослин.

Альтернативою хімічним фунгіцидам на сьогоднішній день є препарати, які створено на основі природних бактерій і грибів, що відповідають за контроль фітопатогенних мікроорганізмів у природних умовах.

Базовим біофунгіцидом для передпосівної обробки насіння, який суміщає рістстимулювальні і фунгіцидні властивості, є Планриз. Основа біопрепарату – ґрунтові неспоротворні бактерії *Pseudomonas fluorescens*.

Іншим препаратом, що володіє фунгіцидними і рістстимулювальними властивостями, є Триходермін. Його основою є гриб *Trichoderma lignorum* – природний антагоніст фітопатогенних мікроорганізмів.

Високу антагоністичну активність гриби роду *Trichoderma* проявляють до збудників кореневих гнилей пшениці: *Helmintosporium sativum, Ophiobolus graminis,* грибам роду *Fusarium*, *Pythium* spp.*, Rhizoctonia* spp.*, Sclerotium* spp.

Багаторічна практика застосування біофунгіцидів реалізується в повноцінні біологічні технології. У цих технологіях насіння перед сівбою обробляють сумішшю Планризу (0,5 л/т) і Триходерміну (1 л/т). Обробки вегетуючих рослин рекомендується проводити спільно з внесенням інших препаратів по вегетуючих рослинах баковою сумішшю Планризу (1 л/га) і Триходерміну (2 л/га) для пом'якшення дії пестициду і стимуляції росту та розвитку рослин.

Проведено аналіз новітніх агротехнологічних прийомів санації та відтворення родючості ґрунтів, розроблено агробіотехнологічні рішення для досягнення відтворення малого колообігу речових у ґрунті. Перелік основних біогенних речовин, які використовують для санації ґрунтів, наведено на рис. 3.1.6.

Агроекосистема володіє біологічною продуктивністю або біологічної ємністю. Розмір популяцій окремих вхідних у них видів коливається через постійні зміни абіотичних і біотичних факторів. До чинників, які впливають на щільність популяції виду, належить



Рис. 3.1.6. **Перелік основних біогенних речовин, які використовують для санації ґрунтів**

міжвидова конкуренція щодо їжі і простору. У агроценозів регулювання щільності популяцій проявляється у вигляді внутрішньовидової конкуренції організмів, і, як результат, встановлюється їх відносна оптимальна щільність на зайнятій території.

В умовах дефіциту вологи у весняний період мікробіота ґрунту вступила в антагонізм з культурними рослинами, що призвело до зменшення вегетативної маси рослин, але водночас загальна максимально можлива біопродуктивність агроценозу залишилася сталою у разі збільшення біомаси мікробіоти ґрунту.

Слід відмітити, що досягнення біомаси біоти ґрунту рівня 18–21 т/га дає змогу відновити малий колообіг речовин. Процес відновлення малого колообігу речовин у ґрунті шляхом лише вилучення агрохімічних операцій потребує від 5 до 9 років. Проте цей процес можливо прискорити завдяки використанню біотехнологічних прийомів, зокрема внесенням біогумусу та органічних біостимуляторів. При цьому можливе в тій чи іншій мірі усунення різкого падіння врожайності порівняно з індустріальними агротехнологічними.

На основі аналізу результатів польових та аналітичних досліджень розроблено типові технологічні карти органічних і біологі-

зованих технологій вирощування зернових культур на основі комплексного використання агротехнологічних прийомів та біотехнологічних альтернатив.

Типові технологічні карти передбачають комплексне використання наступних агротехнічних операцій та біотехнологічних альтернатив:

- біологізована сівозміна є короткоротаційною, має не менше 20 % площі під бобовими (соя);
- органічне удобрення (сидерати, біогумуси, біопрепарати відновлення родючості ґрунтів);
- біологічний захист рослин (ентомологічні та мікробіологічні препарати).

Основні параметри генотипної специфіки сортів та алгоритму вибору сортів зернових колосових культур для органічного виробництва з урахуванням генотипної специфіки наведено на рис. 3.1.7.

Щороку до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, заносять значну кількість нових сортів. Станом на поточний рік до обігу в Україні допущено близько 400 сортів пшениці м'якої озимої, які рекомендовано для укрупнених агрокліматичних зон. Не всі вони й не в усіх підзонах, мікрозонах, регіонах, господарствах можуть реалізовувати свій природний потенціал і формувати високу продуктивність.

Серед них лише певна частина найповніше відповідає вимогам виробництва, має високу генетичну здатність і адаптивні властивості. Тому виникає необхідність добору нових сортів, які пристосовано до мінливих погодно-кліматичних умов для мікрозон, регіонів, окремих господарств із передбачуваною реакцією на несприятливі та стресові чинники довкілля.

Усвідомлення зростаючої екологічної загрози внаслідок інтенсивного ведення с.-г. виробництва, перспективне становлення в Україні інститутів сталого розвитку, що передбачає стратегічне управління, націлене на прийняття превентивних і попереджувальних заходів. Необхідність завоювань ринків збуту біологічної вітчизняної с.-г. продукції зумовило необхідність проведення наукових досліджень щодо визначення особливостей адаптивності органічних технологій зернових колосових залежно від погодних умов.



Рис. 3.1.7. **Принципова схема алгоритму вибору сортів зернових колосових культур для органічного виробництва з урахуванням генотипної специфіки**

На основі систематизації наведеної інформації пропонується концептуальна схема алгоритму вибору комплексу агротехнічних прийомів для органічних технологій (рис. 3.1.8).

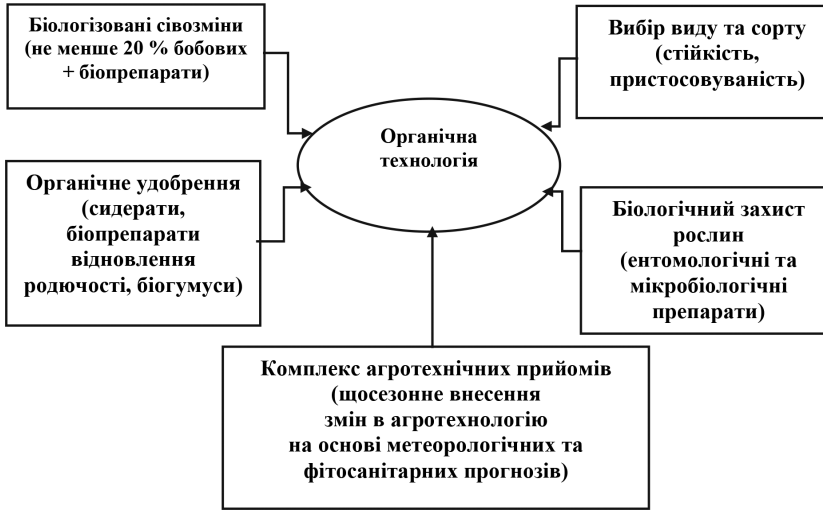


Рис. 3.1.8. **Алгоритм вибору комплексу агротехнічних прийомів для органічних технологій**

Алгоритм вибору комплексу агротехнічних прийомів для органічних технологій являє собою вибір адаптивної гнучкої агротехнології, тобто передбачає щосезонне внесення змін в агротехнологію на основі метеорологічних та фітосанітарних прогнозів.

Розробка комплексу агротехнічних прийомів для органічних технологій передбачається в таких різнорівневих системах екологічного землеробства:

- експортний рівень (відповідність усім вимогам органічного законодавства ЄС або (і) вимогам країн або фірм-імпортерів);
- біодинамічний рівень (додаткове використання відповідно сертифікованих біотехнологічних альтернатив на окремих ланках трофічного ланцюга);
- рівень інтегрованого екологізованого виробництва (відповідність технологічного процесу вимогам відновлення малого

колообігу речовин, використання технологій санації та (або) вилучення фонових забруднень).

Для вибору комплексу агротехнічних прийомів для органічних технологій у різнорівневих системах екологічного землеробства в умовах конкретного агрогосподарства запропоновано такі етапи:

- оцінювання ресурсного потенціалу господарства;
- еколого-економічне оцінювання ґрунтів;
- розробка проєкту раціонального використання угідь на основі впровадження різнорівневих систем екологічного землеробства;
- розробка проєкту раціональної організації ріллі з урахуванням агроекологічної типізації земель;
- розробка та еколого-економічна оцінка структури посівних площ;
- вибір раціональної системи органічного удобрення;
- вибір раціональної системи біологічного захисту;
- економічне оцінювання проєкту.

Базовими пооперaційними елементами алгоритму вибору, виходячи з умов конкретного агропідприємства, є (див. рис. 3.1.8):

- вибір біологізованої сівозміни (не менше 20 % бобових + біопрепарати);
- вибір виду та сорту (стійкість, пристосовуваність);
- вибір органічного удобрення (сидерати, біопрепарати відновлення родючості, біогумуси);
- вибір схеми біологічного захисту рослин (ентомологічні та мікробіологічні препарати).

За результатами роботи розроблено методичні документи з агроекологічних основ зональної адаптації органічних технологій зернових колосових.

Висновок

Використання алгоритмів розроблення комплексних біотехнологічних заходів захисту рослин на основі ентомологічних та біологічних препаратів за умови повноти врахування зовнішніх чинників стосовно конкретних виробничих умов біологічного виробництва може забезпечити рівень зниження кількості шкодочинних

організмів до 83 %. На основі аналізу інформації щодо зарубіжних та вітчизняних біопрепаратів і використання описаного алгоритму визначено асортимент біологічних препаратів для обробки насіння, які допущено до використання у біологічному виробництві.

Забезпечення адаптивності органічних технологій вирощування зернових колосових, які передбачають комплексне використання біопрепаратів захисту, залежно від зміни погодних умов полягає не тільки у встановленому в процесі досліджень явищі підвищення ефективності біопрепаратів за умов глобального потепління, а й у створенні та впровадженні керованої агробіотехнологічної системи з урахуванням не лише зміни параметрів клімату, а й прогнозованих кількісних та якісних змін ценозів шкодочинних організмів.

За дотримання вимог біологізованих технологій вирощування та оптимальних кліматичних умов можливе формування до 93 % біологічної врожайності зерна від максимально можливої.

Комплексні біотехнологічні заходи захисту рослин за своєю сутністю є постіндустріальними інформаційними технологіями, які потребують відповідного технологічного, інформаційного та матеріального забезпечення, а також відповідних системних фахівців, які володіють методами прогнозування, конструювання та коригування технологічних операцій у реальних виробничих умовах.

Для раціонального біологічного вирощування зернових культур найвагомішим заходом підвищення врожайності є вибір та забезпечення оптимального сорту – вагомість наближається до 50 %. Крім агротехнічних і біологічних методів боротьби зі шкідниками та хворобами все більшого значення набуває створення і використання стійких до них сортів.

Отже, реальним способом збереження родючості й отримання стабільних врожаїв с.-г. культур є максимальне використання еколого-біологічних факторів у системі землеробства.

Список використаних джерел до підрозділу 3.1

1. *Абакумов Н. И., Бобкова Ю. А.* Экономическая эффективность систем основной обработки почвы в зерновом севообороте. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*. 2015. № 4 (55). С. 65–69.
2. *Колобков Е. В., Постников П. А.* Микробиологическая активность почвы как фактор оценки биологизированных севооборотов. *Аграрный вестник Урала*. 2012. № 2 (94). С. 4–6.
3. *Нечаев Л. А., Голышкин Л. В.* Определение оптимального варианта использования сидератов под озимую пшеницу на основе морфометрического анализа параметров флагового листа. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2013. № 3 (7). С. 65–74.
4. *Петриченко В. Ф.* Наукові основи виробництва та використання сої у тваринництві. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 3–11.
5. *Чекалин С. Г., Фартушина М. М.* Плодородие почвы и основные пути его регулирования. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 3. С. 14–17.
6. *Баранов В. Ф., Махонин В. Л.* Агромероприятия как основа биологизации технологии возделывания сои. *Масличные культуры*: науч.-техн. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 2013. Вып. № 1 (153–154). С. 141–151.
7. *Погорілий Л., Таргоня В.* Шляхи стабілізації та відтворення потенціалу агроекосистем. *Вісті Академії інженерних наук України*. 2003. № 2. С. 15–20.
8. *Rothstein A. P.* Modification of Saati method for the construction of fuzzy set membership function. *Fuzzy Logic and its Application*: proc. of the international conf. Zichron, Israel, 1997. P. 125–130.
9. *Таргоня В., Роженко В., Клименко В.* Результати випробувань новітнього вітчизняного обладнання для виробництва біологічних засобів захисту рослин. *Техніка АПК*. 2006. № 6–7. С. 18–20.
10. *Таргоня В.* Системний підхід до розроблення біотехнологічних процесів для їх реалізації як складової біоконверсного комплексу. *Техніка і технології АПК*. 2011. № 2 (17). С. 17–21.
11. *Кравчук В., Новохацький М., Сердюченко Н.* Наукове обґрунтування рівня врожайності основних сільськогосподарських культур у 2014 році. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 3 (54). С. 27–29.
12. *Польовий А.М. та ін.* Довгострокові агрометеорологічні прогнози. Одеса: ТЭС, 2003. 293 с.
13. *Таргоня В.* Алгоритм розроблення біотехнологічної складової біоконверсного комплексу. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. *Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. 2010. Вип. 14 (28). С. 348–356.

3.2. Технологія використання біологічних та комбінованих препаратів за вирощування пшениці озимої в умовах Південного Степу України

Бурикіна С. І., Сергєєв Л. А.
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН

Найбільшим виробником і постачальником високоякісного продовольчого зерна пшениці озимої традиційно є Південний Степ України. Підвищення врожайності та поліпшення параметрів якості вимагає постійного удосконалення технологій вирощування, високозатратним блоком яких є мінеральні добрива та засоби захисту з постійно зростаючими цінами. Дієвим засобом для зниження витрат за вирощування зернових колосових культур є використання біологічних препаратів в окремих технологічних ланках.

У провідних країнах світу вже функціонує потужна біоіндустрія. Так, за оцінками економістів, оборот біопрепаратів у сільському господарстві США становить 85–90 млрд дол. на рік [1]. В українській економіці спектр застосування біотехнологій є значно скромнішим. Їх використання носить поки що фрагментарний характер і не дає можливості перейти до ґрунтовних змін у виробничій сфері [2].

Велику групу становлять біопрепарати на основі живих мікроорганізмів, здебільшого моноштамові. За висновками дослідників, вони значно посилюють адаптивні властивості рослин до несприятливих умов вирощування [3–7], але в останні роки розробники біопрепаратів приділяють велику увагу створенню комплексних реагентів, що здатні привести до фундаментальних зрушень у ресурсній та енергетичній базі вирощування сільськогосподарських культур особливо при органічних технологіях [8].

Метою досліджень є розробка технології вирощування пшениці озимої з використанням класичних та багатофункціональних біопрепаратів для умов Одеської області. Передбачалася оцінка ефективності дії біопрепаратів у комплексі з окремими технологічними елементами, зокрема мінеральними добривами та протруйниками, оскільки кількість таких досліджень за агрокліматичними зонами України не є достатньою [9–11].

Методика та умови проведення досліджень

Польові досліди впродовж 2016–2020 рр. проведено на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН, земельні угіддя якої розміщені в зоні Південного Степу. Ґрунт – чорнозем південний середньогумусний важкосуглинистий на карбонатному лесі. Вміст гумусу в орному шарі становить 3,2 %, забезпеченість легкогідролізованим азотом середня (6,0 мг/100 г), доступними фосфором та калієм – також середня (вміст у витяжці за Чириковим – 7,37 та 15,48 мг/100 г відповідно); реакція ґрунту слаболужна ($pH_{сольове}$ 7,3).

Пшениця озима сортів Кнопа, Зиск; попередники – чорний пар, горох, гірчиця яра, соняшник. Повторність 3- та 4-кратна. Варіанти розміщалися в одній магістралі систематично в однофакторних дослідах і рендомізовано – в інших. Дата сівби 3–4 жовтня, норма висіву 4,5 млн схожих насінин на 1 га. Загальна площа ділянки 43,2, облікова – 26,4 м^2.

Серію польових тимчасових дослідів було побудовано таким чином, щоб вивчити різні комбінації використання елементів біологізації та інтенсифікації в технології вирощування пшениці озимої на стадіях передпосівного обробітку насіння та організації системи живлення. Досліди були як одно-, так і дво- та трифакторні.

У дослідах використовували чисто біологічні препарати, основою яких є мікроорганізми: Планриз БТ, Фітоспорин БТ, Гаупсин БТ, Триходермін БТ, Трихопсин БТ, БТУ- комплекс, МікоХелп; представник препаратів комплексної дії, що містить комплекс мікроелементів у хелатній формі, групу стимуляторів і модуляторів росту (ауксини, цитокініни, гібереліни, бетаїн, амінокислоти, фульвові і гумінові кислоти та ін.) і спори та клітини культур-продуцентів з родів *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Agrobacterium* – Хелафіт-комбі; препарати з повним комплексом макро- і мікроелементів – Гуматал-нано та Полімікростим; рідкі органо-мінеральні добрива на основі амінокислот (Amino в 1 л містить 200 г амінокислот), фулерену (Extra) та екстракту морських водоростей (Rootmost).

Як мінеральне добриво використовували нітроамофоску NPK (16:16:16). Позакореневі підживлення проводили розчином сечови-

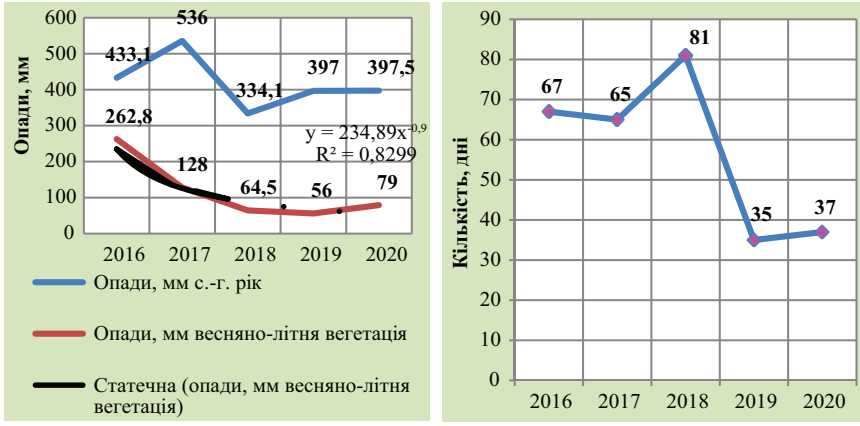
ни на початку виходу в трубку, появі прапорцевого листа, колосіння. Докладно схеми дослідів надано при викладанні результатів.

Кожен з дослідів проводили впродовж 2–3 років, наведено середні дані за роки досліджень. Оскільки варіація отриманих результатів визначалася не лише факторами дослідження, а й погодними умовами, то підсумковий ефект визначався аналізом не абсолютних показників, а відносних (% приросту врожайності).

Урожайність приведено до стандартної 14 %-ї вологості зерна. Відбір дослідних зразків зерна і визначення показників якості виконували за стандартними методиками.

Для статистичної обробки результатів досліджень використовували пакет стандартних програм Microsoft Excel. Достовірність різниці між контрольним і дослідними варіантами оцінювали за критерієм Стьюдента та найменшої істотної різниці (НІР); вірогідними вважали різниці, де $P < 0{,}05$.

У роки досліджень сума опадів за сільськогосподарський рік (рис. 3.2.1, *а*) коливалася від 433,1 мм у 2016 р. до 397,5 мм у 2020 р. У період від відновлення весняної вегетації до збирання врожаю сумарна кількість опадів рік від року зменшувалася і в останні три роки із п'яти становила 24,6; 21,3 та 30,1 % від 2016 р.



а *б*

Рис. 3.2.1. **Опади, що випадали у роки досліджень:**
а – кількість опадів; *б* – кількість днів з опадами

Варто зазначити, що у 2020 р. останні продуктивні опади були наприкінці зими у лютому, березень – без дощів, у квітні, у II та III декадах випало по 3 мм, а в травні, у III декаді – 7 мм і лише 28–29 травня випали продуктивні опади – 59 мм, практично 80 днів посіви не отримували ні міліметра опадів. Тому можна сказати, що у 2020 р. у період відновлення вегетації, колосіння та цвітіння посіви відчували вплив найгострішої повітряної посухи.

Докладніший аналіз погодних умов п'яти років досліджень показав, що зменшується не лише сума опадів за сільськогосподарський рік і в основні періоди вегетації, а й кількість дощових днів (рис. 3.2.1, *б*) та змінюється їх розподіл за фазами розвитку пшениці озимої (рис. 3.2.2).

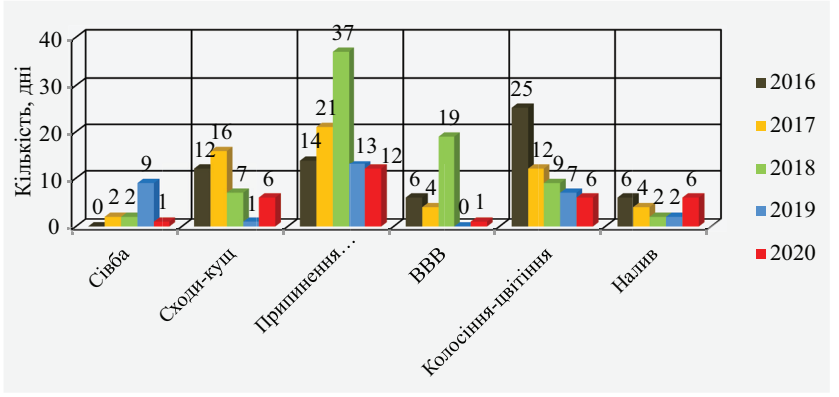


Рис. 3.2.2. **Розподіл днів з опадами за періодами розвитку пшениці озимої в роки досліджень**

Простежується тенденція до зменшення кількості днів з опадами практично у всі основні фази розвитку озимих колосових культур, але взимку за відсутності вегетації, майже у всі роки, крім 2016, спостерігалося їх збільшення відносно інших періодів усередині кожного, окремо взятого року.

Упродовж 2016–2018 рр. більша частина опадів (від 60 до 83 %) випала у вигляді непродуктивних (рис. 3.2.3), тобто це були опади, коли за один дощ випадало менш за 5 мм. Частка продуктивних у 2019 та 2020 рр. була більша і становила 60,0 і 56,8 %, але це були

опади зимового періоду і наприкінці наливу зерна, у критичні фази розвитку – продуктивних опадів не спостерігалося.

Середньомісячна температура повітря (рис. 3.2.4) перевищувала середньобагаторічні показники від 0,3 (у лютому) до 3,5 °С – у липні. Поміж років досліджень відзначалися особливості температурного режиму навесні 2020 р. Крім того, що температура у травні

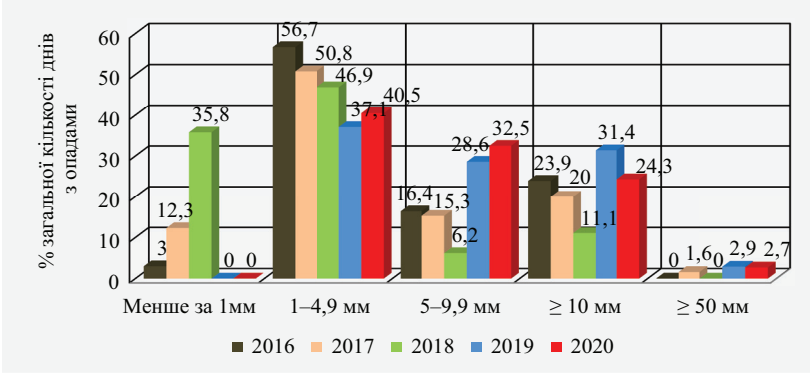


Рис. 3.2.3. **Розподіл дощових днів за градаціями опадів у роки досліджень**

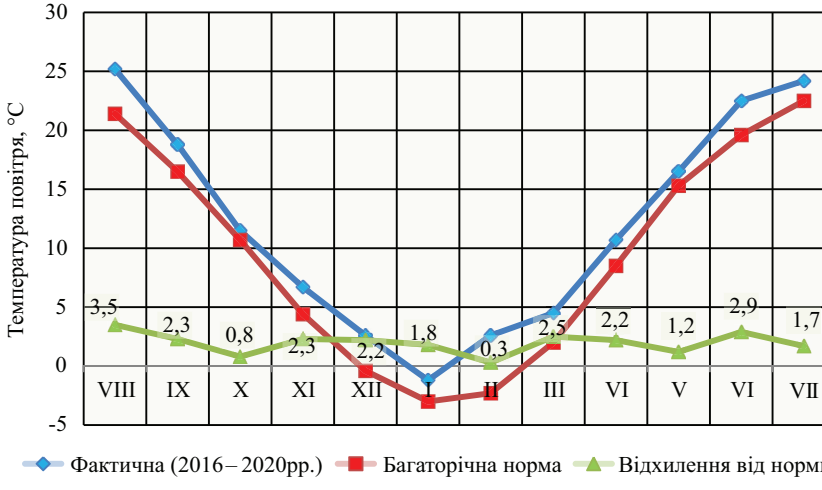


Рис. 3.2.4. **Температура повітря за місяцями сільськогосподарського року**

була на 2,1 °С нижча за середньобагаторічну, весняна вегетація озимини ускладнювалася приморозками, коли температура на поверхні ґрунту у нічні години на початку другої декади березня опускалася до (–11)...(–9) °С, що негативно вплинуло на загальний стан рослин. Загалом, приморозки спостерігалися в інші роки набагато пізніше, навіть у травні, але вони ніколи не перевищували (–1)...0 °С.

Таким чином, аналіз основних параметрів погоди в нашому регіоні неоднозначно показав, що глобальна зміна клімату призводить до збільшення частоти та тяжкості абіотичних стресів на локальних рівнях, що свідчить про необхідність розвитку всіх ланок технологій вирощування у напрямі пошуків прийомів підвищення стресостійкості рослин.

Результати досліджень

При вирощуванні зернових культур важливо зберегти насіння, кореневу систему та стебло до появи сходів від хвороб, шкідників. Традиційно це досягається обробкою насіння до сівби фунгіцидами хімічного походження. Альтернативою хімічним фунгіцидам є біологічні препарати як на основі живих мікроорганізмів, так і комбіновані.

Ефективність передпосівної бактеризації насіння пшениці озимої залежала від виду біопрепарату та попередника. При розміщенні пшениці озимої після попередника чорний пар (*табл. 3.2.1*) найвищу урожайність було отримано у варіанті з інокуляції насіння Планризом БТ (6,15 т/га) та комплексом біопрепаратів Планриз БТ, Фітоспорин БТ, Гаупсин БТ, Триходермін БТ – 6,14 т/га; відхилення від контрольного варіанта були невеликі і коливалися від 0,3 до 3,2 %. Загальний рівень урожайності на фоні попередника (горох) нижче у середньому на 28 % проти чорного пару, але прирости від передпосівного обробітку становили від 5,6 до 11,8 %. Причому максимальну величину (11,5–11,8 %) забезпечили моноштамові препарати Фітоспорин БТ, Триходермін БТ, Гаупсин БТ.

У досліді, де для передпосівного обробітку використовували Хелафіт-комбі, його ефективність порівнювали з чистим контролем та хімічним протруйником (*табл. 3.2.2*). Дію Хелафіту вивчали не лише на фоні попередників, а й у комбінації з таким фактором

інтенсифікації, як підживлення мінеральним азотом на початку виходу в трубку, появи прапорцевого листа та колосіння.

Таблиця 3.2.1. **Вплив передпосівного обробітку насіння біологічними препаратами на основі живих мікроорганізмів на урожайність зерна пшениці озимої** (2016–2018 рр.)

Варіант досліду	Попередник					
	пар чорний			горох		
	т/га	± до контролю		т/га	± до контролю	
		т/га	%		т/га	%
Контроль	6,12	–	–	4,07	–	–
Планриз БТ	6,15	0,03	0,5	4,36	0,29	7,1
Фітоспорин БТ	6,11	–0,01	–0,2	4,55	0,48	11,8
Гаупсин БТ	6,11	–0,01	–0,2	4,54	0,47	11,5
Триходермін БТ	5,92	–0,20	–3,2	4,54	0,47	11,5
Планриз БТ, Фітоспорин БТ, Гаупсин БТ, Триходермін БТ	6,14	0,02	0,3	4,30	0,23	5,6

Таблиця 3.2.2. **Ефективність передпосівного обробітку насіння пшениці озимої біопрепаратом комплексної дії** (2016–2018 рр.)

№ з/п	Варіант досліду				Попередник					
	обробка насіння	фази підживлення			пар чорний			горох		
		1	2	3	т/га	± до контролю		т/га	± до контролю	
						т/га	%		т/га	%
1	Контроль	–	–	–	6,12	–	–	4,07	–	–
2	Вітавакс 200ФФ	N_{60}	–	–	6,83	0,71	11,6	6,48	2,41	59,2
3	Хелафіт-комбі	–	–	–	6,04	–0,08	–1,3	4,25	0,18	4,4
4	Хелафіт-комбі	N_{30}	–	–	6,60	0,48	7,8	5,26	1,19	29,2
5	Хелафіт-комбі	N_{30}	N_{30}	–	6,82	0,70	11,4	5,58	1,51	37,1
6	Хелафіт-комбі	N_{30}	N_{30}	N_{30}	7,44	1,32	21,5	6,03	1,96	48,1

Примітка. Фази живлення позначено: 1– початок виходу в трубку; 2 – прапорцевий лист; 3 – колосіння.

За інокуляції насіння пшениці озимої одноосібно препаратом Хелафіт урожайність зерна не суттєво відрізнялася від чистого контролю (чорний пар) або перевищувала його на незначну величину – 4,4 % (при вирощуванні по гороху). Комбінація препарату, в основі якого лежить комплекс мікроелементів, з азотними підживленнями, дала змогу збільшити прирости врожайності при розміщенні по чорному пару від 7,8 до 21,5 %, а по гороху – від 29,2 до 48,1 %. Максимальні прирости в обох випадках отримано при поєднанні передпосівного обробітку з трикратним використанням мінерального азоту.

У наступній серії дослідів норму хімічного протруйника було зменшено на 50 % завдяки заміні на Хелафіт-комбі (*табл. 3.2.3*), який ввели і в схему підживлень посівів на трьох фонах удобрення (*табл. 3.2.4*). Передбачалося, що комбінована дія хімічних та біологічних речовин посилить дію кожного елемента технології.

Отримані результати (*табл. 3.2.3*) показали, що середня урожайність зерна при виключенні стадії обробітку насіння становила 2,76 т/га, зменшення норми протруйника вдвічі не вплинуло негативно на рівень урожайності: приріст в обох випадках становив 2,9 %; доповнення ½ норми хімічного реагенту біологічним сприяло зростанню урожайності на 6,9 % порівняно з контролем без обробітку і на 3,9 % – проти варіанту з Вітавакс 200ФФ.

Тенденція до зростання ефективності передпосівного обробітку при комбінації хімічного протруйника з імуномодулятором зберігається на різних фонах живлення, але має деякі відмінності за цими варіантами та попередниками (рис. 3.2.5): при вирощуванні пшениці на неудобреному фоні прирости урожайності за варіантами обробітку насіння в межах одного попередника різнилися між собою несуттєво (чорний пар – 4,0–4,7 %, гірчиця – 5,7–6,2 %, зокрема за рахунок Хелафіту – 0 %). Поліпшення режиму живлення посівів пшениці внесенням макроелементів (мінеральні добрива) сприяло, вочевидь, кращому засвоєнню мікроелементів Хелафіту і як результат – максимальне зростання урожайності, причому по кращому попереднику, на 15,1 та 8,2 %, зокрема за рахунок Хелафіту – на 9,2 та 6,5 %.

Результати спільного використання Хелафіт-комбі та мінерального азоту при підживленні посівів пшениці озимої при її

розміщенні по чорному пару показали доволі високий рівень ефективності (*табл. 3.2.4*). На контролі без внесення основного мінерального добрива урожайність пшениці озимої становила 2,98 т/га.

Таблиця 3.2.3. **Урожайність зерна пшениці озимої при частковій заміні хімічного протруювача імуностимулятором Хелафіт-комбі** (2017–2019 рр.)

Попередник (фактор А)	Добрива (фактор В)	Обробка насіння (фактор С)	Середня урожайність, т/га	Середня урожайність по факторам, т/га		
				А	В	С
Чорний пар	Без добрив	Контроль	2,98	3,41	2,55	2,76
		Вітавакс 200ФФ повна норма	3,10			2,84
		Вітавакс 200ФФ – ½ норма	3,12			2,84
		Хелафіт+Вітавакс ½	3,10			2,95
	$N_{32}P_{32}K_{32}$	Контроль	3,18		2,89	–
		Вітавакс 200ФФ повна норма	3,36			
		Вітавакс 200ФФ – ½ норма	3,35			
		Хелафіт+Вітавакс ½	3,66			
	$N_{64}P_{64}K_{64}$	Контроль	3,66		3,14	
		Вітавакс 200ФФ повна норма	3,70			
		Вітавакс 200ФФ – ½ норма	3,72			
		Хелафіт+Вітавакс ½	3,96			
Гірчиця озима	Без добрив	Контроль	1,93	2,31	–	
		Вітавакс 200ФФ повна норма	2,04			
		Вітавакс 200ФФ – ½ норма	2,05			
		Хелафіт+Вітавакс ½	2,05			
	$N_{32}P_{32}K_{32}$	Контроль	2,32			
		Вітавакс 200ФФ повна норма	2,40			
		Вітавакс 200ФФ – ½ норма	2,38			
		Хелафіт+Вітавакс ½	2,47			
	$N_{64}P_{64}K_{64}$	Контроль	2,47			
		Вітавакс 200ФФ повна норма	2,49			
		Вітавакс 200ФФ – ½ норма	2,50			
		Хелафіт+Вітавакс ½	2,57			

Таблиця 3.2.4. **Урожайність пшениці озимої залежно від елементів біологізації**

Обробка насіння	Підживлення			Попередник					
	початок виходу в трубку	прапорцевий лист	колосіння	пар чорний			гірчиця		
				т/га	± до фону		т/га	± до фону	
					т/га	%		т/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фон – без добрив				2,98	–	–	1,93	–	–
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	–	–	3,71	0,73	24,5	2,50	0,57	29,5
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	N_{30}		3,77	0,79	26,5	2,54	0,61	31,6
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	N_{30}	N_{30}	4,24	1,26	42,3	2,64	0,71	36,7
Хелафіт + ½ хім.	Хелафіт + N_{30}			3,94	0,96	32,2	2,52	0,59	30,5
Хелафіт + ½ хім.	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}		4,21	1,23	41,3	2,71	0,78	40,4
Хелафіт + ½ хім.	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}	4,36	1,38	46,3	3,28	1,35	69,9
Фон – $N_{32}P_{32}K_{32}$				3,18	–	–	2,32	–	–
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	–	–	3,97	0,79	24,8	2,50	0,18	7,7
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	N_{30}		4,12	0,94	29,6	2,71	0,39	16,8
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	N_{30}	N_{30}	4,45	1,27	39,9	2,75	0,43	18,5
Хелафіт + ½ хім	Хелафіт + N_{30}			4,33	1,15	36,2	2,62	0,3	12,9
Хелафіт + ½ хім.	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}		4,42	1,24	39,0	2,86	0,54	23,2
Хелафіт + ½ хім.	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}	4,55	1,37	43,1	3,41	1,09	46,9
Фон – $N_{64}P_{64}K_{64}$				3,66	–	–	2,47	–	–
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	–	–	4,32	0,66	18,0	2,64	0,17	6,9
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	N_{30}		4,46	0,80	21,8	2,66	0,19	7,7

Закінчення табл. 3.2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хелафіт + ½ хім.	N_{30}	N_{30}	N_{30}	4,53	0,87	23,7	2,90	0,43	17,4
Хелафіт + ½ хім	Хелафіт + N_{30}			4,42	0,76	20,7	2,75	0,28	11,3
Хелафіт + ½ хім.	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}		4,55	0,89	24,3	2,98	0,51	20,6
Хелафіт + ½ хім.	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}	Хелафіт + N_{30}	4,76	1,10	30,7	3,56	1,09	44,1

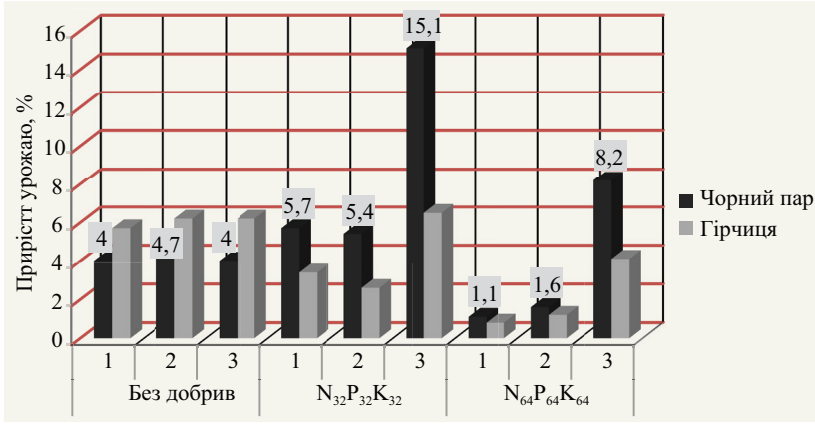


Рис. 3.2.5. **Прирости урожаю пшениці озимої за варіантами передпосівного обробітку насіння:** *1* – Вітавакс 200ФФ повна норма; *2* – Вітавакс 200ФФ ½ норми; *3* – Вітавакс ½ норми+Хелафіт-комбі

При інокуляції насіння Хелафітом та підживлення N_{30} на початку виходу в трубку урожайність підвищилася на 0,73 т/га (24,4 %); у варіанті, де провели два підживлення азотними добривами на початку виходу в трубку і фазі прапорцевого листка – на 26,5 %; при трикратному підживленні приріст становив 1,26 т/га (42,2 %), але найбільший приріст забезпечив варіант, де проводили трикратне підживлення азотним добривом з додаванням біопрепарату Хелафіту у фази виходу в трубку, прапорцевий лист і колосіння – 46,3 % до контролю.

На фоні основного мінерального добрива $N_{32}P_{32}K_{32}$ середня урожайність становила 3,18 т/га; підживлення без додавання біологічного препарату забезпечило урожайність зерна від 3,97 до 4,45 т/га,

а з додаванням Хелафіту при трикратному підживленні рослин азотним добривом урожайність підвищилася на 43,1 %. На загальному фоні $N_{64}P_{64}K_{64}$ середня урожайність становила 3,66 т/га. Обробіток насіння біологічним препаратом Хелафітом і подальше підживлення азотним добривом підвищило вихід зерна до 4,32–4,53 т/га, приріст становив 0,66–0,87 т/га.

Рівень приростів урожайності від підживлень посівів мінеральним азотом і в його комбінації з Хелафітом при розміщенні пшениці озимої після гіршого за чорний пар попередника (гірчиці) був вищий, але загальна тенденція зберігалася.

Якщо виділити вплив Хелафіту (порівняння парних варіантів), то максимальне підвищення урожайності пшениці озимої також отримано по попереднику гірчиця за умови трикратного підживлення, незалежно від фону основного живлення воно становило 24,0–22,7 % (рис. 3.2.6). При вирощуванні пшениці озимої по чорному пару триразове підживлення дало найменші прирости урожаю (2,0–5,1 %); більш ефективним було двократне на фоні без добрив (11,7 %) та одноразове на початку виходу в трубку на фоні $N_{32}P_{32}K_{32}$ (9,1 %). Залежність ефективної дії препарату Хелафіт-комбі від норми мінеральних добрив відмічали й інші дослідники [12, 13].

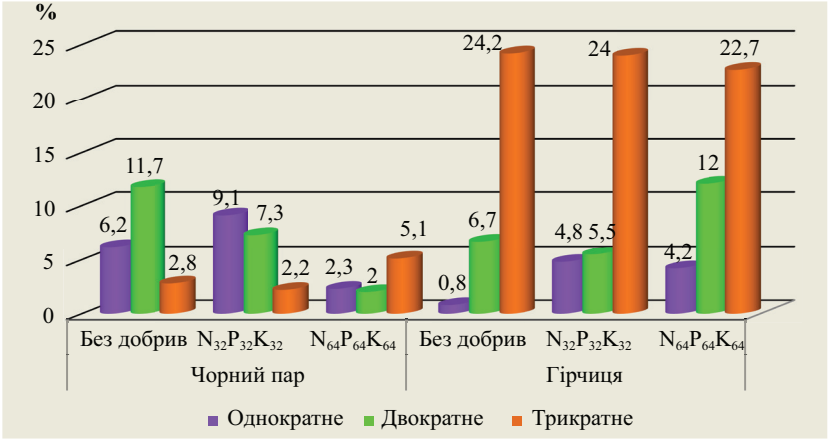


Рис. 3.2.6. **Прирости врожайності завдяки Хелафіту при його комбінації з мінеральним азотом у підживленні**

За результатами (рис. 3.2.7) дисперсійного аналізу експериментальних даних урожайності зерна пшениці озимої встановлено, що максимальний вплив на продуктивність рослин мали попередники (фактор А), які забезпечили формування урожайності на 76 %; обробка насіння перед сівбою біопрепаратом Хелафітом з хімічним протруйником Вітавакс 200ФФ (фактор В) – на 4 %, а підживлення по вегетації (фактор С) – на 17 %.

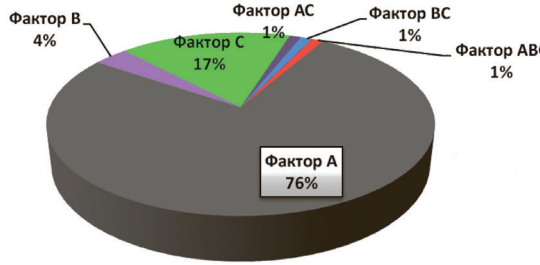


Рис. 3.2.7. **Частка впливу досліджуваних факторів на формування врожаю зерна пшениці озимої:** фактор А – попередник; фактор В – удобрення; фактор С – підживлення

У наступному досліді впродовж 2019–2020 рр. порівнювали ефективність препаратів різної спрямованості на посівах пшениці озимої (*табл. 3.2.5*) залежно від норми основного внесення добрив; реагенти використовували для передпосівного обробітку насіння із розрахунку 1 л/т і проводили триразове позакореневе підживлення нормою 1 л/га (Полімікростим, 1 та 2 л/га).

У погодних умовах 2019 р. (*табл. 3.2.5*) за рахунок природної родючості отримано 2,23 т/га зерна пшениці озимої при вирощуванні по соняшнику. Використання окремих препаратів та їх композицій підвищило вихід зерна пшениці озимої від 2,7 (Extra) до 17,0 % (Amino).

Внесення повного мінерального добрива в нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$ дало змогу істотно (на 0,32 т/га) підвищити врожайність на контрольному варіанті, а їх подвійна доза – на 0,62 т/га проти чистого контролю та на 0,30 т/га проти меншої норми внесення. Використання препаратів, але неоднократне, а тричі за вегетацію та для передпосівного обробітку насіння, дало можливість у середньому (незалежно від

Таблиця 3.2.5. **Вплив препаратів різного походження на урожай пшениці озимої** (попередник соняшник)

А – фон живлення	В – біопрепарати	2019 р.			2020 р.		
		АВ	А	В	АВ	А	В
		т/га					
Контроль без добрив	1. Контроль	2,23	2,40	2,54	0,98	1,04	1,11
	2. Триходермін БТ + Планриз БТ + Трихопсин БТ	2,32		2,91	1,02		1,20
	3. Біокомплекс БТУ+ Органік баланс + Міко-хелп	2,37		2,93	1,04		1,22
	4. Гуматал-нано	2,44		2,88	1,06		1,25
	5 .Полімікростим-1	2,58		2,94	1,08		1,26
	6. Полімікростим-2	2,32		2,65	1,03		1,24
	7. Amino	2,61		2,87	1,08		1,24
	8. Rootmost	2,42		2,84	1,05		1,22
	9. Extra	2,29		2,77	1,01		1,22
$N_{32}P_{32}K_{32}$	1. Контроль	2,55	2,80	–	1,14	1,28	–
	2. Триходермін БТ + Планриз БТ + Трихопсин БТ	2,74			1,24		
	3. Біокомплекс БТУ+ Органік баланс + Міко-хелп	3,15			1,26		
	4. Гуматал-нано	2,96			1,34		
	5 .Полімікростим-1	2,87			1,34		
	6. Полімікростим-2	2,59			1,32		
	7. Amino	2,66			1,27		
	8. Rootmost	2,95			1,26		
	9. Extra	2,74			1,34		
$N_{64}P_{64}K_{64}$	1. Контроль	2,85	3,25		1,20	1,34	
	2. Триходермін БТ + Планриз БТ + Трихопсин БТ	3,67			1,33		
	3. Біокомплекс БТУ+ Органік баланс + Міко-хелп	3,28			1,36		
	4. Гуматал-нано	3,24			1,35		
	5 .Полімікростим-1	3,37			1,37		
	6. Полімікростим-2	3,05			1,38		
	7. Amino	3,35			1,37		
	8. Rootmost	3,14			1,36		
	9. Extra	3,27			1,32		
$НІР_{0,95}$, т/га		0,13	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05

фону живлення) отримати від 2,65 т/га (Полімікростим, 2 л/га) до 2,94 т/га (Полімікростим, 1 л/га); практично на рівні цього препарату спрацювали наступні композиції: Триходермін БТ + Планриз БТ + Трихопсин БТ (2,91 т/га), Біокомплекс БТУ+ органік баланс + МікоХелп (2,93 т/га).

Ефективність препаратів залежала від фону живлення. Так, на неудобреному фоні максимальна ефективність спостерігалася при використанні препарату Amino (+ 3,8 ц/га): на фоні $N_{32}P_{32}K_{32}$ – композиція Біокомплекс БТУ + органік баланс + МікоХелп (+ 6,0 ц/га), на $N_{64}P_{64}K_{64}$ – Триходермін БТ + Планриз БТ + Трихопсин БТ (+ 8,2 ц/га).

Результати 2020 р. засвідчили, що навіть при жорстко посушливих умовах вегетації рослин пшениці озимої, препарати позитивно вплинули на урожайність, але ступінь впливу залежала від фону живлення. На ділянках без внесення добрив загальний рівень урожайності коливався в доволі вузькому інтервалі і був невисоким (0,98–1,08 т/га); приріст від використання препаратів становив від 3,1 до 10,2 % і лише у випадку з Полімікростимом у дозі 1л/га та Amino це зростання було математично достовірним (0,10 т/га при $НІР_{0,95}$ =0,09 т/га).

На ділянках з унесенням $N_{32}P_{32}K_{32}$ прирости урожаю коливалися від 8,8 до 17,5 % і за ефективністю дії препарати можна розташувати в наступний ряд: Полімікростим-1 = Гуматал-нано = Extra > Полімікростим-2 > Amino > Rootmost = Біокомплекс БТУ+ органік баланс + МікоХелп > Триходермін БТ + Планриз БТ + Трихопсин БТ.

З підвищенням дози внесення мінеральних добрив ефективність усіх препаратів була більш вирівняною між собою і прирости коливалися у межах від 11 до 15 %, але ряд їх активності мав дещо інший вигляд порівняно з меншою дозою добрив: Полімікростим-2 > Полімікростим-1 = Amino > Rootmost = Біокомплекс БТУ+ органік баланс + МікоХелп > Гуматал-нано > Триходермін БТ+ Планриз БТ + Трихопсин БТ > Extra.

При аналізі продуктивності пшениці озимої за два роки досліджень (рис. 3.2.8) відмічено тенденцію до зростання рівня урожайності з підвищенням фону живлення при використанні практично всіх препаратів, зокрема й біопрепаратів, на відміну від результатів Власюка О. [10], де біопрепарати були ефективнішими на ділянках без добрив, ніж на удобрених. У наших дослідах на неудобрених

ділянках урожайність становила від 1,65 до 1,85 т/га проти контролю без препаратів 1,61 т/га; при $N_{32}P_{32}K_{32}$ – 1,96–2,21 т/га (контроль – 1,85 т/га) та $N_{64}P_{64}K_{64}$ – 2,25–2,50 т/га проти 2,03 т/га. Але варто зазначити, що зони впливу препаратів дуже різні і визначаються приростом урожайності.

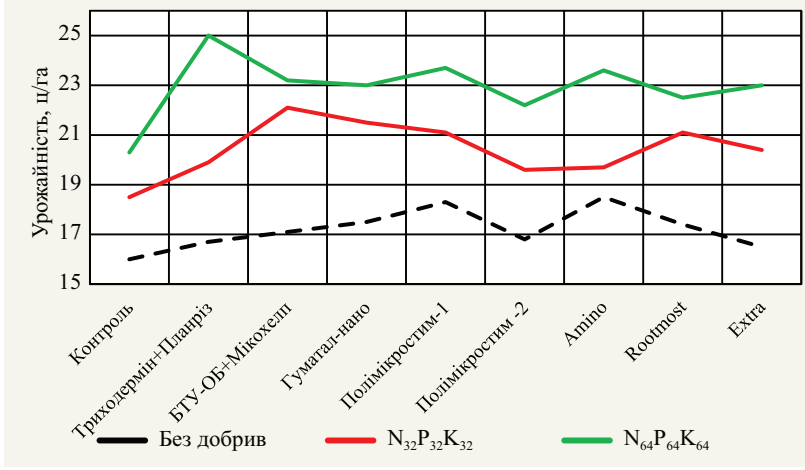


Рис. 3.2.8. **Вплив препаратів та агрофону на урожайність пшениці озимої** (середнє за 2019–2020 рр.)

На рис. 3.2.9 відображено флуктуації приростів урожайності пшениці озимої відповідно до фонів живлення і препаратів, а математичне прогнозування поведінки кожного із представлених препаратів показало, що дія комплексу з Триходерміном БТ, Полімікростиму та Extra перебуває у прямій залежності від дози мінеральних добрив (R^2 = 0,85–0,99).

Полімікростим доцільно використовувати нормою 1 л/га і з внесенням $N_{64}P_{64}K_{64}$, що забезпечує підвищення урожайності на 16,7 %. Ефективність більшої норми внесення цього препарату (2 л/га) хоч і сприяє зростанню приростів від 4,3 до 9,4 % із підвищенням забезпеченості рослин мінеральним живленням, але не досягає рівня інших препаратів. Можливо, для прояву активності вищої концентрації мікроелементів необхідна більша за $N_{64}P_{64}K_{64}$ доза мінеральних добрив та високий рівень забезпеченості мікроелементами.

Ефективність рідкого добрива на основі амінокислот (Amino) з підвищенням норми внесення мінеральних добрив спадає з вірогідністю у 61 % і тому його краще використовувати при рівні родючості вище середнього, на неудобреному фоні (приріст 14,9 %).

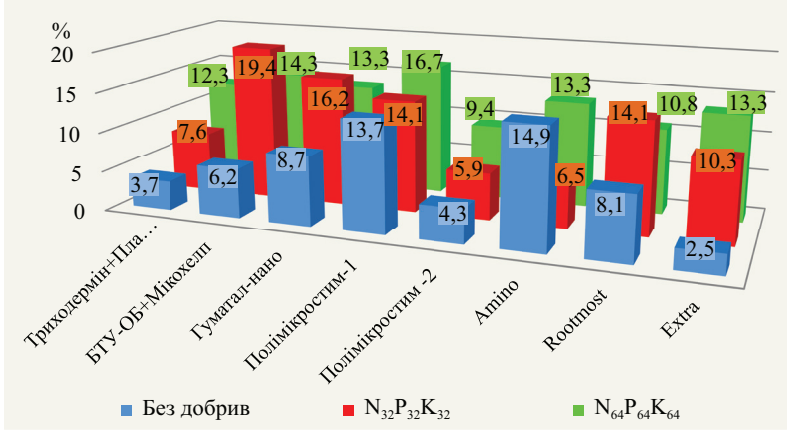


Рис. 3.2.9. **Прирости урожаю зерна за різних систем удобрення та препаратів,** % до відповідного контролю (2019–2020 рр.)

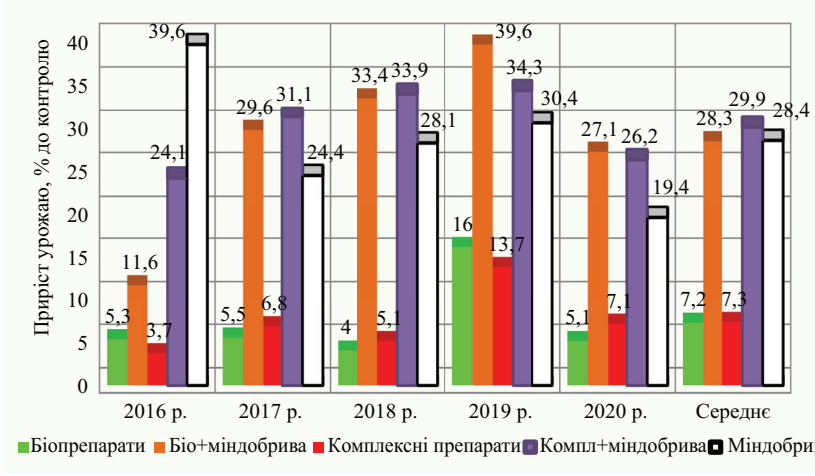


Рис. 3.2.10. **Агрономічна ефективність препаратів різного виду та їх комплексного використання з мінеральними добривами за роками досліджень**

Підсумкова систематизація та аналіз отриманих за п'ять років даних показали, що при використанні біопрепаратів у технологіях вирощування пшениці озимої в умовах Одеської обл. на чорноземах південних прирости урожаю коливалися від 3,7–5,3 до 13,2–16,0 % і в середньому за роки досліджень становили 7,2–7,3 % (див. рис. 3.2.10). При їх комплексному внесенні з мінеральними добривами загальна ефективність зростає в середньому у 3,9 раза.

Висновки

1. Розроблено технологію вирощування пшениці озимої з використанням класичних та багатофункціональних біопрепаратів для умов Одеської області, основними принципами якої є: урахування рівня родючості ґрунтів, якості попередника, комплексність використання, профілактичність та кратність.

2. У технологію використання препаратів входить: передпосівна інокуляція насіння та позакореневе підживлення у фази на початку виходу в трубку, появи прапорцевого листа та колосіння.

3. Передбачається диференційоване застосування препаратів залежно від ступеня біологізації, якості попередника та норми внесення мінеральних добрив:

- внесення біопрепаратів на посівах пшениці озимої при її вирощуванні по соняшнику забезпечує збільшення урожайності в середньому на 7,3 %. Найбільший ефект (+9,8 %) відмічається при використанні комплексу біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосфор- та каліймобілізуючих штамів, які водночас мають рістстимулюючий ефект. Біопрепарати на основі мікроорганізмів більш ефективні при рівні родючості ґрунту вище середнього;
- при вирощуванні пшениці по гороху для передпосівної бактеризації насіння доцільно використовувати біопрепарати Фітоспорин БТ, Триходермін БТ або Гаупсин БТ, які забезпечили приріст урожаю 11,5–11,8 %;
- на фоні основного внесення $N_{32}P_{32}K_{32}$ слід вводити комплекс препаратів БТУ (Біокомплекс БТУ + органік баланс + МікоХелп): передпосівна інокуляція насіння та позакореневе підживлення у фази на початку виходу в трубку, появі прапорцевого листа та колосіння. Урожайність пшениці озимої зростає

при цьому на 19,4 %. Можливо також використання за цих умов і Гуматал-нано (+16,2 %) та Rootmost (+14,1 %);

- мікроелементний комплекс Полімікростим доцільно використовувати нормою 1 л/га і з внесенням $N_{64}P_{64}K_{64,}$ що забезпечує підвищення урожайності на 16,7 %;
- ефективність рідкого добрива на основі амінокислот (Amino) з підвищенням норми внесення мінеральних добрив спадає достовірно, тому його доцільно використовувати при рівні родючості вище середнього, на неудобреному фоні (приріст 14,9 %);
- рідке органо-мінеральне добриво на основі фулерену (Extra) проявило найбільшу ефективність на фоні внесення $N_{32}P_{32}K_{32}$ – підвищення урожайності зерна становило 14,1 %, а на основі екстракту морських водоростей (Rootmost) – $N_{64}P_{64}K_{64}$ (+13,3 %);

4. Використання комплексного препарату Хелафіт-комбі для передпосівного обробітку насіння (1 л/т) дає змогу вдвічі скоротити норму хімічного протруйника, що у підсумку веде до зниження собівартості продукції та пестицидного навантаження на довкілля. Агрономічна ефективність сумісної біохімічної бактеризації насіння пшениці озимої визначається нормою припосівного внесення мінеральних добрив: на середньому рівні родючості чорнозему південного прирости урожайності становлять від 4,0 до 6,2 %, на фоні $N_{32}P_{32}K_{32}$ – до 15,1 і 8,2 % – на фоні $N_{64}P_{64}K_{64}$.

5. Максимально позитивна дія Хелафіт-комбі проявляється за наступною схемою використання: обробка насіння (Хелафіт-комбі, 1,0 л/т + ½ норми Вітавакс 200ФФ) + триразове підживлення по вегетації (N_{30} + Хелафіт-комбі, 1,0 л/га). При цьому середні прирости урожайності становлять без унесення добрив 58,1 %, $N_{32}P_{32}K_{32}$ – 45,0, $N_{64}P_{64}K_{64}$ – 37,4 %, зокрема за рахунок комплексного препарату – від 15,8 до 18,6 %.

Список використаних джерел до підрозділу 3.2

1. *Aipova R., Abdykadyrova A. B., Kurmanbayev A.* Biological products in organic agriculture. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2019. V. 2(4). P. 36–41.
2. *Крутякова В. І.* Інноваційні підходи до створення системи виробництва біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12. С. 54–58.

3. *Чугрій Г. А., Вінюков О. О., Гирка А. Д.* Вивчення впливу біопрепаратів за різних норм внесення на продуктивність пшениці озимої в умовах Північного Степу України. *Science Review*. 2020. № 1(28). С. 9–15.
4. *Ключенко В. В.* Вплив мікробних препаратів на продуктивність та якість зерна пшениці озимої в агрокліматичних умовах Степового Криму. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія». Серія: Екологія*. 2011. Т. 152. Вип. 140. С. 33–36.
5. *Корнута Ю. П., Гриник І. В.* Реакція рослин льону на застосування біопрепаратів за різних погодних умов року. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 64–69.
6. *Бердніков О. М., Волкогон В. В., Потапенко Л. В., Козар С. Ф.* Агрохімічна оцінка ефективності біопрепаратів у вузькоспеціалізованій сівозміні. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 31. С. 44–50.
7. *Ярошенко С. С.* Вплив мінеральних добрив і біопрепаратів на формування зернової продуктивності пшениці озимої в Північному Степу України. *Зернові культури*. 2018. Т. 2. № 1. С. 245–251.
8. *Зайчук Т. О., Ворона П. В., Мучник А. М.* Вітчизняний ринок екологічно чистих продуктів харчування та шляхи його розвитку (зарубіжний досвід). *Економіка і регіон*. 2010. № 2 (25). С. 44–49.
9. *Домарацький Є. О.* Аналіз стійкості сортів пшениці озимої до основних захворювань за різних строків сівби і обробітку насіння біологічними протруйниками зерна. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2014. Вип. 88. С. 73–79.
10. *Власюк О. С.* Ефективність біопрепаратів на посівах пшениці та ячменю ярих. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 10 (823). С. 23–30.
11. *Domaratskiy E. O., Bazaliy V. V., Domaratskiy O. O. at el.* Influence of mineral nutrition and combined growth regulating chemical on nutrient status of sunflower. *Indian Journal of Ecology.* 2018. V. 45(1). P. 126–129.
12. *Новохацький М. та ін.* Дослідження технології застосування «Хелафіту – комбі» на посівах пшениці озимої в умовах Лісостепу України. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 11(98). С. 34–36.
13. *Домарацький О. О., Сидякіна О. В., Іванів М. О., Добровольський А. В.* Біопрепарат нового покоління групи Хелафіт у технології вирощування гібридів соняшнику на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. № 98. С. 51–56.

3.3. Біологічний захист томатів від шкідливих організмів

Клечковський Ю. Е., Могилюк Н. Т., Ключко В. П.
Дослідна станція карантину винограду і плодових культур ІЗР НААН

Україна входить до числа провідних світових виробників овочів відкритого ґрунту. Однією з найпоширеніших овочевих культур є томати *Solanum lycopersicum*. Отриманню високих та якісних урожаїв цієї культури перешкоджають хвороби та шкідники. Основним прийомом захисту томатів від шкідливих організмів є хімічний засіб. Але застосування пестицидів створює небезпеку збереження їх залишків у плодах, погіршує санітарно-гігієнічні умови праці, призводить до підвищеної загибелі бджіл, загрозу забруднення залишками пестицидів ґрунтів і водних джерел [1]. Також необхідно враховувати і той факт, що плоди томатів використовують в їжу не лише в переробленому, а й у свіжому вигляді.

Сучасна концепція захисту рослин передбачає зниження чисельності шкідливих організмів до рівня економічного порогу шкідливості і поетапний перехід до створення стабільних, у фітосанітарному відношенні, агроекосистем. Успіх може бути досягнуто тільки за використання інтегрованої системи захисту рослин, тобто раціональне застосування агротехнічних, біологічних, хімічних та інших методів контролю, коли чисельність шкідливих організмів знижується до господарсько-невідчутного рівня і зберігаються умови для життєдіяльності корисних організмів. В останні роки стратегічним завданням є розробка екологізованих систем захисту рослин [2].

Одним із елементів екологічно безпечних систем захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів є використання біологічних засобів захисту рослин. Перевагою біопрепаратів є екологічна безпечність і можливість застосування за різних фазах розвитку рослин. У зв'язку з цим у комплексних системах захисту рослин значну увагу слід приділяти біологічним методам, які ґрунтуються на використанні паразитичних і хижих комах, біопрепаратів [3–7].

Основні хвороби та шкідники томатів у відкритому ґрунті

Альтернаріоз або **суха плямистість** (збудники – гриби роду *Alternaria*) є досить поширеною хворобою томатів у період вегетації. Суха плямистість з'являється на рослинах томатів практично щороку. Уражує томати в усіх районах вирощування, в усіх фазах розвитку і практично всі органи – листя, стебла, черешки, суцвіття та плоди. Симптоми ураження альтернаріозом з'являються на рослинах томатів, як правило, раніше, ніж фітофторозом, тому цю хворобу ще називають ранньою сухою плямистістю. Спочатку на нижніх, а потім і на верхніх листках з'являються темно-бурі округлі плями з концентричними колами. Тканина у місцях плям суха навіть за вологої погоди. Хвороба супроводжується поступовим загальним пожовтінням листків. На стеблах і черешках утворюються довгасті темно-бурі плями з чорним або темно-сірим нальотом. У місцях ураження утворюються сухі виразки. Рослини в'януть. На плодах утворюються бурі плями з вираженою зональністю. У вологу погоду плями вкриваються чорним оксамитовим нальотом – конідіальним спороношенням гриба [8–11].

Велике значення для розвитку хвороб мають погодні умови. Якщо розвитку фітофторозу сприяє дощова прохолодна погода, то альтернаріозу – суха спекотна погода з періодичними теплими дощами. У роки з холодною і вологою погодою в червні–липні домінує фітофтороз, при теплій погоді і частому чередуванні вологих і сухих періодів – альтернаріоз. Оптимальними умовами для розвитку альтернаріозу є температура повітря 23–25 °С за вологості не нижче 76 %. Тому, залежно від погодних умов, що складаються у період вегетації, домінує та або інша хвороба. За даними В. Сергієнко [8], шкідливість альтернаріозу дещо нижча порівняно з фітофторозом. Це пов'язано зі швидкістю накопичення інфекції, яка при альтернаріозі є, зазвичай, нижчою. Втрати урожаю плодів за 50 % розвитку хвороби при ураженні альтернаріозом становили 10 %, тоді як при ураженні фітофторозом – понад 49 %.

Антракноз – збудник хвороби: *Colletotrichum coccodes* (Walr.) Hughes. Симптоми хвороби можуть проявлятися на плодах, стеблах, листках і коренях, причому найбільш сильно уражаються плоди і коріння. Хоча плоди легко уражуються в незрілому стані,

симптоми проявляються лише після досягнення плодами зрілості. Спочатку пошкодження виглядають як осіли круглі плями, які, у міру збільшення в розмірах, набирають вигляду вдавлених плям з концентричними кільцями. Поверхня плям світла, потім набуває чорного кольору в результаті формування під епідермісом численних чорних склероціїв. При розростанні плями зливаються між собою, утворюючи великі водянисті виразки, що перетворюють плід у рідку масу [8, 9, 11].

За даними літератури, на сьогодні відомо вісім бактеріальних хвороб, які уражують томати і знижують якість плодів, це – бактеріальний рак, некроз серцевини стебла, чорна бактеріальна плямистість, крапчастість (плямистість) плодів, вершинна гниль плодів, водяниста гниль стебел і плодів, бактеріальне в'янення (бура гниль) стебел, рак коренів [12–16]. Дослідження, які проведено Р. І. Гвоздяк, Є. П. Черненко та ін. [13], показали, що господарське значення на території України мають збудники бактеріального раку *C. michiganensis subsp. michiganensis*, чорної бактеріальної плямистості *X. vesicatoria*, бактеріального в'янення *R. solanacearum* та бактеріальної крапчастості *P. syringae pv. Tomato*.

Бактеріальний рак томатів – збудник *Clavibacter michiganensis* (*C. michiganensis subsp michiganensis*) (Smith) (Davis) належить до числа найбільш шкідливих хвороб томатів у регіонах з високою вологістю. У країнах Європейського Союзу збудник цього захворювання включено у список А2 небезпечних карантинних організмів [17]. Це спорадичний, але дуже важливий і агресивний патоген, який останніми роками поширився в усі країни світу, зокрема в Україну [13, 17]. Основними джерелами цього бактеріозу є заражене насіння, розсада і рослинні рештки. Оптимальною температурою їх розвитку вважають 25–27 °С, за температури 50–53 °С вони гинуть. Розрізняють два типи ураження: *дифузне* і *місцеве*. При дифузному ураженні розсада в'яне й гине, на дорослих рослинах проявляється в'янення листків й гілочок. Бактерії проникають у рослини через пошкодження – уражають передусім судинну систему. На дифузноуражених рослинах плоди деформовані, а насіння, яке формується в них, – темного кольору і не сходить. Місцеве ураження спостерігають на дорослих рослинах і виявляють на всіх

органах При цьому на листках, черешках, стеблах і плодоніжках хвороба проявляється у вигляді дрібних коричневих виразок, а на плодах – плямистістю, яку називають «пташине око». На нестиглих плодах плями білі, з маленькими, темними тріщинами у центрі, а на стиглих – коричневі, оточені світлим ореолом. Здебільшого вони з'являються на плодах групами й розміщуються переважно ближче до плодоніжки [13, 16, 18].

Чорна бактеріальна плямистість – одна з найбільш шкідливих бактеріальних хвороб томатів. Збудник *Xanthomonas campestris pv. vesicatoria* вражає томати і перець, викликаючи значні втрати врожаю в країнах з теплим і вологим кліматом. Хворобу поширено на всіх континентах [15, 19, 20]. В останні роки спостерігається посилення цього бактеріозу в Україні [14]. У роки епіфітотій кількість хворих рослин може становити від 40 до 70 %. Частота та інтенсивність спалахів хвороб у регіонах вирощування томатів, зокрема в Одеській, Запорізькій, Миколаївській, Дніпропетровській і Херсонській областях України різняться за роками залежно від погодно-кліматичних факторів. Бактерії вражають листя, черешки, стебла та плоди. Симптоми ураження чорною бактеріальною плямистістю – невеликі темно-коричневі плями з хлоротичним обідком – спочатку з'являються на нижніх листках і поступово переходять на листя верхнього ярусу. Плями частіше неправильної форми, як правило, зливаються, листя скручуються, засихають, спостерігається опадання листя. На плодах, що з'явилися, водянисті точки з часом чорніють і виділяються на тлі пожовклою розпливчатою облямівкою. На листі некрози округлі, на черешках і стеблах – довгасті. Уражені рослини погано розвиваються, листя засихають, проростки гинуть. За умов інтенсивного ураження плоди не утворюються, а уражені – втрачають якість і смакові якості. Висока середньодобова температура та висока вологість повітря спричиняють масове поширення хвороби. Наприкінці вегетації розповсюдження і розвиток чорної бактеріальної плямистості може сягати 95 і 40 %, а ступінь ураження плодів – 1,7 % [14, 15]. Усі бактерії мають оптимальну температуру росту – від 28 до 36 °С, а за температури вище 28 °С відбувається пригнічення специфічної стійкості рослин до багатьох бактеріозів. Навіть

невелике підвищення температури призводить до різкого прискорення поширення і розвитку бактеріозів. Збільшення частоти екстремальних погодних умов (штормових вітрів, злив, граду тощо) також допомагає бактеріям поширюватися на великі відстані і заражати пошкоджені рослини [20].

Серед шкідливих комах на томатах відкритого ґрунту повсюдно трапляються і призводять до значних економічних збитків велика картопляна попелиця *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, тютюновий трипс *Thrips tabaci* Lind., картопляна міль *Phthorimaea operculella* Zell., південноамериканська томатна міль *Tuta absoluta* Meyr., колорадський жук *Leptinotarsa decemlineata* Say, підгризаючі совки *Noctuidae*, бавовникова совка *Helicoverpa armigera* Hbn.

Колонії попелиць найбільш чисельні у першій половині літа. Колорадський жук пошкоджує, як правило, молоді рослини сіяних томатів, що відбувається в період розвитку покоління шкідника, що перезимувало (травень – І декада червня). Картопляна і південноамериканська молі на томатах трапляються окремими локалітетами, які мають тимчасовий характер та, зазвичай, незначну чисельність навіть у роки з помірними зимами. Поширеними видами совок на томатах є городня, озима, капустяна, гамма і бавовникова. Чисельність першого покоління цих видів на томатах невелика, оскільки їхні гусениці навесні переважно живляться на багатьох видах бур'янів.

Бавовникова совка (*Helicoverpa armigera* Hb.) поширена у південних і центральних районах України і має тенденцію заселяти навіть частини північних областей, може живитися більш ніж 120 видами рослин**.** На томатах призводить до значної шкоди у разі порушення послідовності використання полів сівозміни та їх посіву після сильно ушкоджених культур, а також після пасльонових культур. У таких випадках, а також на забур'янених дикою рослинністю полях запас шкідника, який перезимував, може ушкоджувати до 70 % плодів, а окремими роками – майже весь урожай томатів. За вегетацію розвивається у 2–3 генераціях, активно заселяє рослини з початку цвітіння, плодоутворення і продовжує харчуватися у плодах, які дозрівають, аж до завершення збору врожаю. Економічний поріг шкідливості (ЕПШ) бавовникової совки становить

1–1,5 гусениці на рослину при заселенні 9–12 % рослин. Шкідник гнучко адаптується до негативного впливу стресових факторів: нестача вологи, надлишок ультрафіолетового випромінювання тощо [21–23].

Біологічний захист томатів від шкідливих організмів

Практика останніх років беззаперечно показує, що масове використання хімічних засобів для захисту сільськогосподарських культур не дає бажаних результатів, оскільки призводить до порушення біологічної рівноваги в агробіоценозах, забруднення довкілля й урожаю. Однією з альтернатив є використання біологічних засобів захисту рослин або біопестицидів [2, 24, 25]. В основу біологічних препаратів покладено корисні для захисту рослин мікроорганізми, що реально існують у природі, або продукти їх життєдіяльності, які викликають захворювання і загибель шкідливих організмів. Біологічні препарати виконують завдання фунгіцидного захисту, стимуляції зростання, поліпшення імунітету, інсектицидного захисту рослин. На сьогодні в Україні зареєстровано біопрепарати різного сільськогосподарського призначення, які використовують як інсектициди, так і фунгіциди, протруювачі насіння і стимулятори зростання для захисту рослин від шкідників і хвороб. Більшість розроблених біопестицидів – це бактерицидні препарати. Ученими виділено низку бактерій і грибів, що мають антагоністичні властивості до патогенів рослин. Найпоширеніші бактерицидні препарати на основі *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aurefaciens*, *P. Fluorescens*. Вони проявляють антагоністичну активність до широкого спектра фітопатогенів роду: *Erwinia*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Botritis*, *Pythium*, *Verticillium*, *Sclerotinia*, *Phytophthora*, *Ascohyta*. Широке використання у всіх країнах світу отримали бактерії групи *Bacillus thuringiensis*, які досить ефективні і технологічні [25].

Особливе значення біологічний метод має в овочівництві відкритого і закритого ґрунту, де вирощують продукцію для вживання у свіжому вигляді впродовж всього вегетаційного періоду, тому хімічні обробки небажано. Розробка промислових технологій виробництва ентомологічних, бактеріальних, грибних і вірусних засобів захисту рослин, а також бактеріальних добрив – один з напрямів

діяльності Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН (ІТІ «Біотехніка» НААН). В Інституті виробляють 18 мікробіологічних препаратів, із них 8 – фунгіцидної дії, 6 – інсектицидної і 2 – інсектофунгіцидної дії [26].

Науковцями Дослідної станції карантину винограду і плодових культур ІЗР НААН розроблено регламенти застосування біопрепаратів виробництва ІТІ «Біотехніка» НААН для захисту томатів відкритого ґрунту від шкідливих організмів. Робота передбачала як польові (обстеження посадок томатів на заселеність шкідниками й ураженість хворобами, уточнення рівня їх шкідливості, відбір зразків для подальшої лабораторної експертизи, встановлення ефективності застосування біопрепаратів), так і лабораторні дослідження (визначення видового складу збудників найпоширеніших хвороб), які проводили згідно із загальноприйнятими методиками [27–30].

Результати фітосанітарного моніторингу посадок томатів відкритого ґрунту в господарствах Одеської області, які проведено впродовж 2016–2018 рр., дали змогу встановити, що серед хвороб томатів найпоширенішими є альтернаріоз, антракноз, бактеріальний рак, чорна бактеріальна плямистість. Для захисту культури від хвороб оцінювали ефективність препаратів Триходермін БТ (містить міцелій та спори гриба із роду *Trichoderma* з титром не нижче $2{,}0 \cdot 10^9$ КУО/см^3, а також біологічно активні речовини), Планриз БТ (містить ризосферні бактерії роду *Pseudomonas* з титром не нижче $4{,}0 \cdot 10^9$ КУО/см^3 і біологічно активні речовини), Бактофіт БТ (містить живі клітини та спори бактерій із роду *Bacillus* з титром не нижче $2{,}0 \cdot 10^9$ КУО/см^3), які мають не лише фунгіцидну, а й захисностимулювальну дію й активізують механізми підвищення у рослин стійкості до хвороб. Ці препарати застосовують і як протруйники насіння томату для профілактики захворювань томату, позитивного впливу на енергію проростання та схожість насіння, стимулювання коренеутворення.

Упродовж вегетації проводили 5 обприскувань рослин томатів біологічними препаратами, перше обприскування – через 10–12 днів після висадки розсади, останні обробки – з інтервалом 10–14 днів. На дослідних ділянках було виявлено грибні хвороби – альтернаріоз

та антракноз. Перші ознаки альтернаріозу на томатах спостерігали у І декаді липня. Результати обліків наведено у *табл. 3.3.1, 3.3.2*. Поширення хвороби (від першого обліку до останнього) при застосуванні біопрепаратів на варіанті Триходермін БТ у нормі витрати 3,0 л/га + Бактофіт БТ у нормі витрати 3,0 л/га становило 10,7–32,0 %; на варіанті Планриз БТ у нормі витрати 3,0 л/га + Бактофіт БТ у нормі витрати 3,0 л/га становило 11,3–36,0 %; інтенсивність розвитку хвороби за варіантами випробування препаратів становила 2,1–10,5 і 2,4–11,7 %, відповідно. На контрольному варіанті поширення і розвиток хвороби становили 26,0–67,3 і 6,9–33,8 % відповідно.

Таблиця 3.3.1. **Ураженість рослин томатів альтернаріозом** (Одеська обл., Овідіопольський р-н, АФ «Петродолинське», сорт Астерікс)

Варіант досліду	Норма витрати, л/га	Ураженість рослин за термінами обліків, %					
		1 облік		2 облік		3 облік	
		P	R	P	R	P	R
Контроль	Б/о	26,0	6,9	47,3	18,3	67,3	33,8
Триходермін БТ + Бактофіт БТ	3,0+3,0	10,7	2,1	18,7	5,8	32,0	10,5
Планриз БТ + Бактофіт БТ	3,0+3,0	11,3	2,4	20,7	6,7	36,0	11,7
НІР$_{0,05}$		**7,41**	**1,63**	**8,01**	**3,17**	**13,95**	**7,06**

Примітка. Тут і в *табл. 3.3.2–3.3.4*: Б/о – без оброблення; P – поширення хвороби; R – розвиток хвороби.

Таблиця 3.3.2. **Ураженість рослин томатів антракнозом** (Одеська обл., Овідіопольський р-н, АФ «Петродолинське», сорт Астерікс)

Варіант досліду	Норма витрати, л/га	Ураженість рослин за термінами обліків, %			
		1 облік		2 облік	
		P	R	P	R
Контроль	Б/о	30,0	16,1	56,0	37,1
Триходермін БТ + Бактофіт БТ	3,0+3,0	11,7	5,8	25,0	13,3
Планриз БТ + Бактофіт БТ	3,0+3,0	12,0	6,4	26,3	14,8
НІР$_{0,05}$		**3,30**	**2,86**	**5,98**	**2,98**

Застосування суміші біопрепаратів Триходермін БТ у нормі витрати 3,0 л/га і Бактофіт БТ у нормі витрати 3,0 л/га зменшило ураження томатів альтернаріозом на 68,8 %; на варіанті Планриз БТ (3,0 л/га) + Бактофіт БТ (3,0 л/га) – на 65,4 % (рис. 3.3.1).

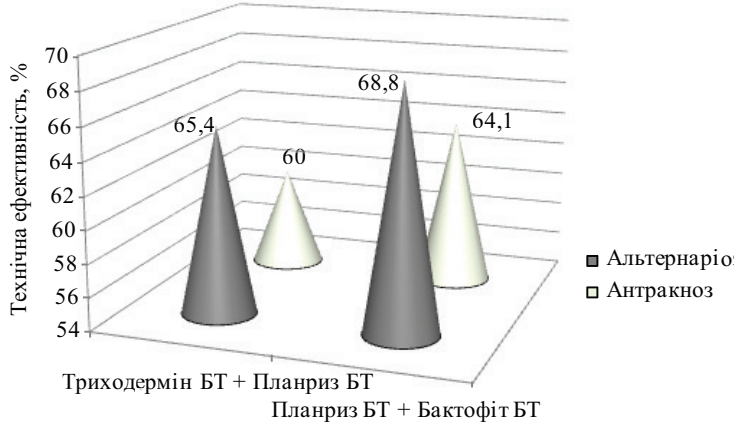


Рис. 3.3.1. **Ефективність біопрепаратів для захисту томатів від хвороб** (Одеська обл., Овідіопольський р-н, АФ «Петродолина», сорт Астерікс; середнє за 2016–2018 рр.)

Перші ознаки антракнозу було виявлено на плодах томатів у III декаді липня. У контрольному варіанті поширення хвороби становило 30–56 % за інтенсивності розвитку 16,1–37,1 %. Поширення хвороби при застосуванні суміші біопрепаратів Триходермін БТ (3,0 л/га) і Бактофіт БТ (3,0 л/га) становило: 11,7–25,0 %; на варіанті Планриз БТ (3,0 л/га) + Бактофіт БТ (3,0 л/га) – 12,0–26,3 %; інтенсивність розвитку хвороби – 5,8–13,3 і 6,4–14,8 % відповідно. Технічна ефективність біопрепаратів Триходермін БТ у нормі витрати 3,0 л/га в суміші з Бактофітом БТ у нормі витрати 3,0 л/га в захисті томатів від антракнозу становила 64,1 %; на варіанті Планриз БТ (3,0 л/га) + Бактофіт БТ (3,0 л/га) – 60,0 % (рис. 3.3.1).

Перші ознаки бактеріального раку на томатах спостерігали у III декаді червня. У контрольному варіанті поширення бактеріального раку (від першого обліку до останнього) становило 4,67–23,33 % за інтенсивності розвитку хвороби 1,17–9,5 %. Поширення хвороби (від першого обліку до останнього) при застосуванні суміші

біопрепаратів Бактофіт БТ у нормі витрати 3,0 л/га і Триходермін БТ у нормі витрати 3,0 л/га становило 1,33–7,33 %; у варіанті із застосуванням суміші Бактофіт БТ у нормі витрати 3,0 л/га і Планриз БТ у нормі витрати 3,0 л/га – 1,33–8,67 %; інтенсивність розвитку хвороби за варіантами випробування препаратів була на рівні 0,33–2,17 і 0,33–2,67 %, відповідно (*табл. 3.3.3, 3.3.4*).

Таблиця 3.3.3. **Ураженість рослин томатів бактеріальним раком** (Одеська обл., Овідіопольський р-н, АФ «Петродолина», сорт Астерікс)

Варіант досліду	Норма витрати, л/га	Ураженість листків за термінами обліків, %					
		1 облік		2 облік		3 облік	
		P	R	P	R	P	R
Контроль	Б/о	4,67	1,17	8,67	2,17	23,3	9,5
Бактофіт БТ + Триходермін БТ	3,0 + 3,0	1,33	0,33	2,67	0,67	7,33	2,17
Бактофіт БТ + Планриз БТ	3,0 + 3,0	1,33	0,33	3,33	0,83	8,67	2,67
НІР$_{0,05}$		**1,51**	**0,38**	**1,51**	**1,23**	**6,85**	**2,11**

Таблиця 3.3.4. **Ураженість рослин томатів чорною бактеріальною плямистістю** (Одеська обл., Овідіопольський р-н, АФ «Петродолина», сорт Астерікс)

Варіант досліду	Норма витрати, л/га	Ураженість листків за термінами обліків, %					
		1 облік		2 облік		3 облік	
		P	R	P	R	P	R
Контроль	б/о	8,0	2,0	14,7	4,33	26,0	8,5
Бактофіт БТ + Триходермін БТ	3,0 + 3,0	2,0	0,5	6,67	1,83	9,33	2,5
Бактофіт БТ + Планриз БТ	3,0 + 3,0	2,67	0,67	6,67	1,83	10,0	2,83
НІР$_{0,05}$		**3,55**	**0,89**	**2,62**	**1,13**	**4,00**	**0,76**

Технічна ефективність суміші біопрепаратів варіанта – Бактофіт БТ (3,0 л/га) і Триходермін БТ (3,0 л/га) – становила 77,2 %; а на варіанті Бактофіт БТ 3,0 л/га і Планриз БТ 3,0 л/га – 71,93 %. Кращий

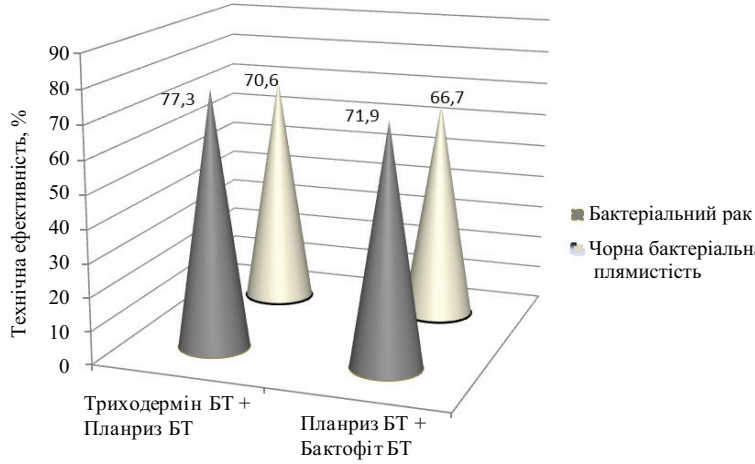


Рис. 3.3.2. **Ефективність біопрепаратів для захисту томатів від хвороб** (Одеська обл., Овідіопольський р-н, АФ «Петродолина», сорт Астерікс, середнє за 2016–2018 рр.)

результат із застосуванням біопрепарату Бактофіт БТ було отримано на варіанті у суміші з Триходерміном БТ – 77,2 % (рис. 3.3.2).

Ураження томатів чорною бактеріальною плямистістю спостерігали в І декаді липня. У контрольному варіанті поширення (від першого до останнього обліку) становило 8,0–26,0 % за інтенсивності розвитку хвороби 2,0–8,5 %. Поширення хвороби (від першого до останнього обліку) при застосуванні суміші біопрепаратів на варіанті Бактофіт БТ (3,0 л/га) і Триходермін БТ (3,0 л/га) – 2,0–9,33 %; на варіанті Бактофіт БТ (3,0 л/га) і Планриз БТ (3,0 л/га) – 2,67–10,0 %; інтенсивність розвитку хвороби за варіантами випробування препаратів становила 0,5–2,5 і 0,67–2,83 % відповідно (див. *табл. 3.3.4*). Технічна ефективність суміші біопрепаратів на варіанті Триходермін БТ (3,0 л/га) і Бактофіт БТ (3,0 л/га) становила 70,6 %; на варіанті Планриз БТ (3,0 л/га) і Бактофіт БТ (3,0 л/га) – 66,7 %. Кращий результат із застосуванням біопрепарату Бактофіт БТ було отримано на варіанті у суміші із застосуванням біопрепарату Триходермін БТ – 70,6 % (див. рис. 3.3.2).

Експериментальними дослідженнями 2016–2018 рр. підтверджено, що найбільш чисельним шкідником томатів є бавовникова

совка *Helicoverpa armigera* Hub. Візуальними спостереженнями та методом феромоніторингу встановлено, що шкіднику властиве рівномірне освоєння екологічних ніш томатного поля. Тенденцій до формування локальних або крайових осередків не виявлено.

Також не підтвердилася думка деяких дослідників, що бавовникова совка виключно належить до листогризучих шкідників. За результатами ентомологічних обліків та спостережень, цей шкідник віддає перевагу полям томатів з поливними системами і пошкоджує переважно генеративні органи та плоди, які дозрівають. Листям томатів живляться гусениці першого віку, характер пошкодження – скелетування, а з другого–третього віку гусениці здебільшого починають виїдати паренхіму генеративних органів. Шипуваті гусениці старших віків особливо великої шкоди завдають томатам, вигризаючи дірки у плодах збоку плодоніжки і заповнюючи їх червоточиною. Проведені дослідження показали, що за термічних умов 2016–2018 рр.в виліт метеликів покоління, що перезимувало, зареєстровано на початку травня, а масовий літ – у другій половині травня. Активність метеликів була помірною – 5 екз./пастку за тиждень. Виліт метеликів другої генерації припадає на кінець червня і становить 10 екз./пастку, а пік третьої – на кінець липня–серпня з більшою активністю виловів – 14 екз./пастку за 7 днів. Отже, загалом літ метеликів тривав 128 діб – з 5 травня по 30 серпня з трьома різновеликими піками чисельності.

Наступним за чисельністю фітофагом на томатному полі дослідного господарства був карантинний шкідник картопляна міль *Phthorimaea operculella* Zell. За характером пошкоджень листя томатів кардинально відрізняється від попереднього шкідника. Тоді як гусениці бавовникової совки скелетують листя, картопляна міль їх мінує, обплітає павутиною, а її ходи – міни, які заповнено екскрементами гусениць. Якщо гусениця проникає у черешок, такий листок засихає, а якщо гусениця поселяється у стеблі, то верхня частина стебла вище місця ураження відмирає. За цими ознаками при достатньо високій чисельності шкідника можна виявити візуально, хоча міни на листках томатів видно погано, їх стінки не прозорі, а пошкоджена ділянка суха. Але в нашому випадку чисельність популяції картопляної молі була незначною (уловистість феромонних

пасток за тиждень становила 0,8–2,0 екз./пастку). Інших небезпечних шкідників: колорадського жука, томатної попелиці та південноамериканської томатної молі на експериментальному полі не виявлено ні за допомогою ентомологічних спостережень, ні при застосуванні феромоніторингу.

Оскільки чисельність бавовникової совки перевищувала ЕПШ (10 особин на пастку за тиждень), було проведено польове тестування ефективності низки біологічних засобів контролю, таких як Актофіт БТ (містить спори, міцелій та токсичні метаболіти актиноміцету із роду *Streptomyces* з титром не нижче1,0.10^9 КУО/см^3) у нормі витрати 2,0 л/га, Трихопсин БТ (містить міцелій, спори гриба із роду *Trichoderma* та ризосферні бактерії роду *Pseudomonas* з титром не нижче 2,0.10^{10} КУО/см^3, а також біологічно активні речовини, що продукують штами-продуценти) у нормі витрати 5,0 л/га, Бецимід БТ (містить спори бактерій роду *Bacillus* з титром не нижче 2,0·10^9 КУО/см^3 та кристали δ-ендотоксину) у нормі витрати 4,0 л/га. Препарати застосовували у два терміни – 6–14 червня і 10–15 липня у фази цвітіння і розвитку плодів. Результати польових випробувань біологічних інсектофунгіцидів наведено на рис. 3.3.3.

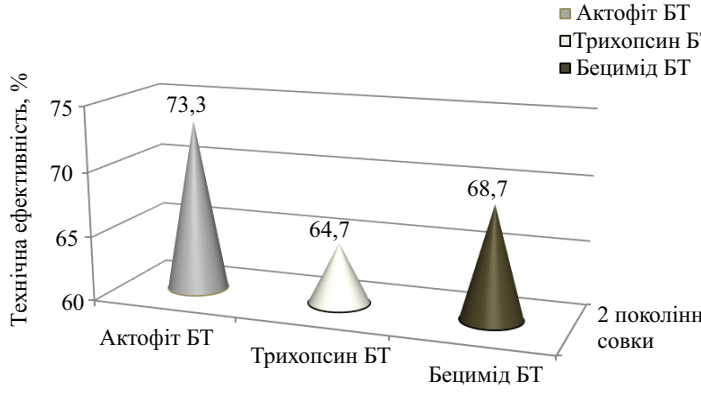


Рис. 3.3.3. **Ефективність біоінсектицидів через 14 днів після застосування проти другого покоління бавовникової совки на томатах**
(Овідіопольський р-н, Одеська обл., АФ «Петродолинське», 2016–2018 рр.)

Таблиця 3.3.5. **Регламенти застосування препаратів за екологізованого захисту томатів відкритого ґрунту від шкідливих організмів**

Шкідливі організмі	Препарат	Метод унесення	Термін обробки	Норма витрати, л/т
Профілактика хвороб та рістстимулювальна дія	Планриз БТ	Обробка насіння	За 1–2 доби до висіву насіння	1,0–1,5
	Триходермін БТ	Обробка насіння	За 1–2 доби до висіву насіння	1,5–2,5
	Бактофіт БТ	Обробка насіння	За 1–2 доби до висіву насіння	1,5–2,5
Профілактика грибних та бактеріальних хвороб	Триходермін БТ + + Бактофіт БТ	Обприскування вегетуючих рослин	Через 10–12 днів після висадки розсади	3,0+3,0
	Триходермін БТ + + Бактофіт БТ	Обприскування вегетуючих рослин	I–II декада червня	3,0+3,0
Колорадський жук, бавовникова совка	Актофіт БТ	Обприскування вегетуючих рослин	I–II декада червня	2,0
Профілактика грибних та бактеріальних хвороб	Триходермін БТ + + Бактофіт БТ	Обприскування вегетуючих рослин	III декада червня	3,0+3,0
	Триходермін БТ + + Планриз БТ	Обприскування вегетуючих рослин	III декада червня – I декада липня	3,0+3,0
	Триходермін БТ + + Планриз БТ	Обприскування вегетуючих рослин	II декада липня	3,0+3,0
Колорадський жук, бавовникова совка	Актофіт БТ	Обприскування вегетуючих рослин	II декада липня	2,0

Проведені спостереження та обліки показали, що технічна ефективність застосованих біопрепаратів коливалася у межах 64,7–73,3 %. Найвищу ефективність проявив препарат Актофіт БТ у нормі витрати 2,0 л/га – 73,3 %, а два інші застосовані біопрепарати (Трихопсин БТ та Бецимід БТ) забезпечили контроль

чисельності бавовникової совки на рівні 64,7–68,7 % порівняно з контрольним варіантом. Таким чином, встановлено, що всі досліджувані біопрепарати проявили певну інсектицидну дію на гусениць бавовникової совки, але найвищу ентомопатогенну активність виявлено у препарату Актофіт БТ у нормі витрати 2,0 л/га – 73,2 %.

Під час досліджень було розроблено регламенти застосування біологічних препаратів для захисту томатів відкритого ґрунту від грибних та бактеріальних хвороб і шкідників (див. *табл. 3.3.5*).

При епіфітотіях хвороб на посадках томатів використовують хімічний метод. Для захисту від фітофторозу застосовують препарати Акробат МЦ в.г. (2,0 кг/га), Ридоміл Голд МЦ 68 WG, в.г. (2,5 кг/га), проти альтернаріозу томатів – Луна Експіріенс 400 SC, КС (0,35–0,75 л/га), Акробат МЦ в.г. (2 кг/га), Квадріс 250 SC, к.с. (0,6 л/га), Купроксат к.с. (3–5 л/га) та ін. Проти септоріозу ефективними є Танос 50 в.г. (0,6 кг/га), Тайтл 50 в.г. (0,6 л/га), Ревус 250 SC, к.с. (0,5 л/га) [31]. Подальший догляд за томатами полягає у розпушуванні міжрядь, крім того, рослини томатів упродовж вегетації потребують постійних поливів із розрахунку підтримання вологості ґрунту на рівні 75 % найменшої вологоємності.

Висновки

На основі фітосанітарного моніторингу господарств Одеської області встановлено, що впродовж вегетаційного періоду томати уражуються хворобами, серед яких значного поширення набули: альтернаріоз (*Alternaria alternata f. lycopersici*), антракноз (*Colletotrichum coccodes* (Walr.) Hughes.), бактеріальний рак томата (*Clavibacter michiganensis subsp michiganensis* (Smith) (Davis)), чорна бактеріальна плямистість (*Xanthomonas campestris pv. Vesicatoria*).

На основі результатів проведених дослідів встановлено, що найбільш ефективно контролюють грибні хвороби суміш біопрепаратів Планріз БТ у нормі витрати 3,0 л/га і Бактофіт БТ у нормі витрати 3,0 л/га. Їх застосування впродовж вегетації знижує ураження рослин томатів альтернаріозом на 68,8 %, антракнозом – на 64,1 %. Застосування біопрепаратів підвищує стійкість рослин до інфікування фітопатогенними бактеріями та пригнічує розвиток хвороб

бактеріальної природи. Найкращу ефективність, як проти бактеріального раку – 77,2 %, так і проти чорної бактеріальної плямистості – 70,6 % спостерігали при застосуванні суміші біопрепаратів Триходермін БТ (3,0 л/га) і Бактофіт БТ (3,0 л/га).

Встановлено фітосанітарний стан посадок томатів в агрокліматичних умовах Одеської області методом феромоніторингу. Виявлено два небезпечних шкідника – бавовникова совка *Helicoverpa armigera* Hb. і картопляна міль *Phthorimaea operculella* Zell. Чисельність бавовникової совки перевищувала значення ЕПШ (3–5 гусениць на 100 рослин) для цього виду (10–12 гусениць на 100 рослин), а чисельність картопляної молі була незначною. За тестування біоінсектицидів виробництва ІТІ «Біотехніка» НААН у контролюванні другого покоління бавовникової совки найвищу ентомопатогенну активність показав препарат Актофіт БТ у нормі витрати 2,0 л/га, технічна ефективність якого на 14-й день обліку становила 73,3 %. За встановлення оптимальних нормативів застосування на томатах біопрепарати мають істотні екологічні та економічні переваги перед хімічними препаратами.

Список використаних джерел до підрозділу 3.3

1. *Новожилов К. В.* Перспективы повышения экологической безопасности химического метода защиты растений. *Защита и карантин растений*. 2005. № 3. С. 80–83.
2. *Стратулат Т. Г.* Биопестициды: современные требования к безопасности и регистрации. *Защита растений – результаты и перспективы*: материалы докл. междунар. симпозиума (27–28 окт. 2015, Кишинев). Кишинев, 2015. С. 197–200.
3. *Биологические* препараты. Сельское хозяйство. Экология: Практика применения; под. ред. П. А. Кожевича. Москва: ООО «ЭМ-Кооперация», 2008. 296 с.
4. *Федоренко В. П., Ткаленко А. Н., Конверская В. П.* Биологический метод защиты растений в Украине: состояние, развитие и перспективы. *Защита растений – достижения и перспективы:* материалы докл. междунар. симпозиума (19–22 окт. 2009 г., Кишинев). Кишинев, 2009. С. 23–26.
5. *Федоренко В. П., Ткаленко А. Н., Конверская В. П.* Достижения и перспективы развития биологического метода защити растений в Украине. *Защита и карантин растений*. 2010. № 4. С. 12–15.

6. *Федоренко В. П., Ткаленко А. Н.* Использование биологических препаратов на овощных культурах в условиях частного хозяйствования. *Стратегия и тактика защиты растений*: тез. докл. междунар. науч. конф. (28 фев. – 2 мар. 2006 г., Минск). Минск, 2006. Вып. 30. Ч. 1. С. 512–515.
7. *Федоренко В. П., Ткаленко А. Н., Конверская В. П.* Украина была лидером в развитии биометода и будет им в дальнейшем! *Защита и карантин растений*. 2005. № 11. С. 15–17.
8. *Сергієнко В.* Основні хвороби томатів у період вегетації. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 14 (285). URL: http://www.agro-business.com.ua/
9. *Кошникович В. И.* Болезни томатов: видовой состав. Новосибирск: ООО «Печатное издательство Агро-Сибирь», 2008. 198 с.
10. *Райчук Т. М.* Основні хвороби томатів та оптимізація заходів захисту в Північному Лісостепу України: автореф. дис. … канд. с.-г. наук: 06.01.11. Національний аграрний ун-т. Київ, 2005. 24 с.
11. *Артеменко Л.В. и др.* Защита овощных и бахчевых культур от болезней. Херсон: ООО ТФ «Тимекс», 2008. 68 с.
12. *Матвеева Е. В., Быкова Г. А., Лазарев А. М.* Бактериальные болезни томата и картофеля и меры борьбы с ними: метод. реком. СПб.: ВИЗИР, 1999. 30 с.
13. *Гвоздяк Р. І., Черненко Є. П., Мороз С. М., Яковлева Л. М.* Антагоністична активність бацил щодо збудників бактеріальних хвороб томата. *Карантин і захист рослин*. 2007. № 12. С. 15–17.
14. *Кабашная Л. В., Шабан М. А. Pseudomonas syringae* pv. tomato и *Xanthomonas campestris* – возбудители бактериозов томатов на Украине. *VII съезд Украинского микробиол. общества*: тез. докл. Черновцы, 1989. Ч. 2. С. 12–13.
15. *Гвоздяк Р. І. та ін.* Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин: монографія; за ред. В. П. Патики. Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2011. 444 с.
16. *Черненко Є. П.* Бактеріальні хвороби томату і біологічне обґрунтування заходів обмеження їхнього розвитку: автореф. дис. … канд. біол. наук: 06.01.11. Національний аграрний ун-т. Київ, 2009. 18 с.
17. *Clavibacter* michiganensis subsp. Michiganensis. *OEPP/EPPO Bulletin*. 2005. V. 35. P. 275–283.
18. *Шпаар Г., Клейнхельпель Г., Мюллер К., Науманн К.* Бактериозы культурных растений. Москва: Колос, 1980. 143 с.
19. *Лазарев А. М., Попов Ф. А.* Ареал и зона вредоносности черной бактериальной пятнистости томата *Xanthomonas campestris* pv vesicatoria (Doide) Dye. *Вестник защиты растений*. 2011. № 4. С. 73–75.

20. *Pseudomonas syringae pv*. tomato and *Xanthomonas spp.* on tomato. *EPPO Bulletin*. 2011. V. 41. P. 269–271.
21. *Байдик Г. В.* Бавовникова совка – багатоїдний шкідник сільськогосподарських культур. 2016. URL: https://www.syngenta.ua/news/sonyashnik/bavovnikova-sovka-bagatoyidniy-shkidnik-silskogospodarskih-kultur
22. *Клечковський Ю. Е., Глушкова С. О., Могилюк Н. Т., Ігнатьєва О. В.* Шкідливість популяції бавовникової совки та мікробіоконтроль її чисельності на посівах томатів. *Агробіологія.* 2017. № 1. С. 141–146.
23. *Булеза В. В.* Хлопковая совка (*Helicoverpa armigera*) в Закарпатской области. *Зоологический журнал*. 1989. Т. 68. № 5. С. 142–145.
24. *Галкина Н. Н., Тур А. И., Строева И. А.* Бактофит новый бактериальный препарат для защиты растений от болезней: тез. докл. II симпозиума стран-членов СЭВ по микробным пестицидам (15–19 мая 1990 г., Протвино). Москва, 1990. С. 128–129.
25. *Ігнатьєва О. В., Клечковський Ю. Е., Глушкова С. О., Могилюк Н. Т.* Застосування вітчизняних біопрепаратів для захисту томатів відкритого ґрунту у Причорномор'ї. *Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи:* матеріали міжнар. наук.-практ. конф. СПРС МОББ № 53. (1–5 жовт. 2018 р., Одеса). Одеса: ПП «Фенікс», 2018. С. 133–138.
26. *Мікробіологічні* препарати. URL: http://biotechnica.org.ua/ua/p/produkciya/
27. *Трибель С. О. та ін.* Методики випробування і застосування пестицидів; за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.
28. *Бельтюкова Е. И., Матышевская М. С., Куликовская М. Д., Сидоренко С. И.* Методы исследования возбудителей бактериальных болезней растений. Киев: Наукова думка, 1968. 106 с.
29. *Омелюта В.П. та ін.* Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур; за ред. В. П. Омелюти. Київ: Урожай, 1986. 296 с.
30. *Тимченко В. Й., Єфремова Т. Г.* Атлас шкідників та хвороб овочевих, баштанних культур і картоплі. Київ: Урожай, 1982. 175 с.
31. *Перелік* пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: Юнівест Медіа, 2018. 1010 с.

3.4. Технологія захисту персика від хвороб із використанням біопрепаратів

Ткаленко Г. М.[1], Ходорчук В. Я.[2]
[1]Інститут захисту рослин НААН
[2]Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

На розвиток ураження плодових культур збудниками хвороб та зокрема персика впливає своєчасне проведення обробок упродовж вегетаційного періоду. Для ефективного захисту плодових насаджень від шкідливих організмів за вегетаційний період слід проводити обприскування мікробіологічними фунгіцидами.

Плодові насадження є агроценозами, де з часом формується сталий комплекс шкідливих організмів, що завдають істотної шкоди культурам, знижують їх продуктивність і часто призводять до передчасної загибелі дерев. Захист плодових насаджень від комплексу шкідливих організмів, починаючи з 7–8-річного віку дерев, є основою технології вирощування. Плодові дерева уражуються грибними і бактеріальними патогенами, причому завжди спочатку поселяються бактерії, а потім – гриби. Для ефективного запобігання захворюванням дерев потрібно використовувати фунгіциди з бактерицидною дією [1].

Для захисту плодових насаджень від шкідливих організмів за вегетаційний період слід провести не менше 4–6 обприскувань інсектоакарицидами та фунгіцидами, а окремими роками і більше.

Персик звичайний належить до роду *Prunus* родини розоцвітих (*Persica vulgaris*). Персик є деревом невеликого розміру (заввишки до 3,5 м).

Він за несприятливих умов розвитку схильний до різного роду захворювань, зокрема клястероспоріозу (*Klasterosporium carpophilum*), моніліозу (*Monilia cinerea*), вертицильозу (*Verticillium alboatrum*), кучерявості листя (*Taphrina deformans*), борошнистої роси (*Sphaeratpaca pannosa*), парші (*Cladosporium carpophilum*), бурої плямистості (гноміноз) (*Marssonina potentilliae*), плодової гнилі (*Monilia fructigena*). Уражаються листя, пагони, рідше – плоди. Як у молодих, так і плодоносних насадженнях особлива небезпека

захворювання відмічається у роки з прохолодною, довгою і вологою весною. При цьому за короткий відрізок часу уражаються практично всі молоді листки. Не уражаються тільки листя старше двох тижнів. Після розпускання листя на них утворюється характерна кучерявість. Уражені листки деформуються, нерівномірно розростаються, мають гофрований вигляд і червонувато-жовте або світло-жовте забарвлення. Приріст уражених пагонів сповільнюється, вони товщі, ніж здорові, мають упорядкований вигляд, жовто-зелене забарвлення, часто викривляються і всихають. Грибниця збудника хвороби розвивається в поверхневих тканинах уражених листя і пагонів. Спори збудника кучерявості листків персика поширюються в саду в період вегетації, потрапляють на всі органи рослини. Вторинного зараження в поточному році не відбувається. Збудник зберігається і зимує на рослинах.

Клястероспоріоз або **дірчаста плямистість** кісточкових викликається грибом *Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh. Зимує гриб у вигляді міцелію і конідій в місцях ураження. Навесні опади і підвищена вологість повітря спричиняє масовий розвиток хвороби. Уражає бруньки, листя, квітки, зав'язь, плоди, пагони, гілки. На листках утворюються червоно-коричневі плями, що змінюються до світло-коричневих з червоно-бурою облямівкою. У місцях ураження тканина відмирає, відпадає, і утворюються діри, що і визначило назву хвороби. На плодах з'являються дрібні бурі плями, які поступово збільшуються і грубіють, припиняється ріст тканини і утворюється поглиблення. На пагонах поразки видно по бурих з червоною облямівкою плямах і тріщинах на корі, з яких виділяється камедь. Спори формуються у вигляді темних подушечок або слабкого нальоту на уражених пагонах і нирках за температури вище 4 °С і наявності крапельної вологи. Розвитку хвороби сприяє помірно тепла (від 19 до 26 °С) дощова погода влітку або просто періоди з високою вологістю повітря (вище 70 %).

Сіра гниль або **моніліальний опік** (моніліоз) кісточкових викликається грибом *Monilia cinerea Bonord.* Моніліальним опіком називають весняну форму хвороби, яка виявляється в раптовому побурінні і засиханні квіток, слідом за яким в'януть і засихають листя, молоді плодові гілочки й однорічні пагони [2]. Збудник

хвороби зимує в уражених гілках, плодах. У вологу і прохолодну погоду при тривалому цвітінні відбувається масове зараження рослин. В результаті квітки буріють, всихають, і тривалий час залишаються висіти на дереві. Слідом за квітками всихають листя і пагони. Хворі гілки мають вигляд обпалених. Влітку конідії заражають плоди: інфекція проникає через пошкодження.

Раптовість, з якою настає засихання плодових гілочок і пагонів, нагадує поразку морозом або вогнем, чому ця форма хвороби й отримала назву моніліального опіку. У вологу погоду на засохлих квітках, квітконіжках, біля основи листових слідів та ін. розвивається попелясто-сіре спороношення гриба. Надалі таке ж спороношення може утворитися і на засохлих пагонах або гілках, кора яких зморщується і тріскається [2].

Збудник **вертицильозу** – гриб *Verticillium alboatrum* – викликає в'янення окремих гілок або загибель усього дерева у другій половині літа, супроводжується пожовтінням і осипанням листя в нижній частині хворих гілок, тоді як на верхівці листя залишаються зеленими. Кора і луб залишаються здоровими. Гриб розвивається у провідних судинах деревини, накопичується в черешках і жилках листя. При розкладанні рослинних решток потрапляє у ґрунт, накопичується в ньому і заражає нові рослини через порізи, уражені коріння і нижні частини стовбура.

Збудник **клястероспоріозу** – гриб *Clasterosporium carpophilum (Lev.) Aderh.* Клястероспоріозом уражуються листя, бруньки, пагони і плоди. Навесні конідії гриба, потрапляючи на листя, проростають і проникають у тканину, де починає розвиватися міцелій. На листках утворюються округлі коричневі плями з малиновою облямівкою діаметром 3–5 мм. Уражена тканина незабаром випадає, залишаючи в тканинах аркуша круглий отвір [3].

Кучерявість листя проявляється, в основному, в ураженні листя і пагонів, рідше плодових бруньок і квіток, іноді плодів. Для захисту від кучерявості необхідні періодичне обрізування для омолодження дерев; восени або ранньою весною – обрізування та знищення уражених пагонів; прибирання уражених листя і плодів, на яких може зберігатися інфекція (сумчаста стадія гриба) у зимовий період; своєчасне перекопування пристовбурних кіл і міжрядь; унесення

добрив, що стимулюють ріст вегетативних частин рослин і підвищують їх стійкість до хвороби [4] .

Збудником **борошнистої роси** є сумчастий гриб *Sphaerotheca pannosa Lev. var. persikae* Woronich, який зимує в уражених гілках, в опалих плодах і листках. Хвороба проявляється відразу після розпускання бруньок у вигляді білого нальоту на листках, пагонах, рідше плодах. З часом наліт стає сірим. При сильному ураженні пагони втрачають у зростанні і стають звивистими.

Борошниста роса персика сильніше розвивається на деревах з великим приростом пагонів. Уражені листки обсипаються, оголюючи верхівки дерев, уражені пагони засихають, плоди розтріскуються і загнивають; ослаблені хворобою дерева сильно пошкоджуються морозом, урожай на наступний рік істотно знижується.

Збудником **парші** кісточкових є гриб *Cladosporium carpophilum (Thum) Oud.*, порядку *Hyphomycetales* [5]. На плодах ознаки парші проявляються в період, коли вони досягають половини свого розміру. Найтиповішим проявом хвороби є утворення спочатку ледь виражених дрібних, від зеленого до оливкового кольору плям, що потім збільшуються в розмірі, вкриваються оксамитовим нальотом, чітко відмежовуються від здорових тканин вузькою світлою облямівкою [5].

Збудником **бурої плямистості** є гриб *Marssonina potentillae*, який уражує листя, меншою мірою – плоди і пагони. Викликає передчасний листопад, знижує врожайність і погіршує якість плодів. На листках утворюються жовті плями діаметром 0,5–1,5 см, які згодом підсихають. Уражена частина листка буріє, листя всихають, скручуються і передчасно опадають. На неодерев'янілих пагонах поточного року з'являються сірі плями неправильної форми. Великої шкоди хвороба завдає молодим рослинам, викликаючи передчасне опадання листя, ослаблення рослин.

Збудником **плодової гнилі** є сумчастий гриб *Monilia fructigena*. Плодова гниль починається з невеликої темної плями, яка швидко розростається й охоплює весь плід; на поверхні утворюється безліч дрібних розрізнених або таких, що зливаються разом світло-сірих великих подушечок спороношення гриба, які розташовуються концентричними колами [2]. Гнилі плоди зморщуються і засихають,

інфекція зберігається в сухих муміфікованих плодах, що залишилися висіти на дереві або впали на землю; навесні вони покриваються численними конідіями, які слугують додатковим джерелом інфекції [2].

Відомі дослідження ефективності біопрепаратів Гаупсин (*Pseudomonas aureofaciens*) і Триходермін (*Trichoderma lignorum*) у системі захисту персика від кучерявості листя (*Taphrina deformans Tul.*) і клястероспоріозу (*Clacterosporium carpophilum (Lev.) Aderh.*) [6]. Дослідження показали високу ефективність біофунгіцидів Гаупсин і Триходермін (по 5,0 л/га) проти кучерявості листя і клястероспоріозу персика [6]. Застосування цих екологічно безпечних засобів у системі інтегрованого захисту насаджень від названих хвороб сприятиме обмеженню використання хімічних препаратів, завдяки чому зростатиме можливість поліпшення екологічної рівноваги в садових агроценозах [6].

Дослідження останніх років, проведені в Інституті захисту рослин НААН, були присвячені розробленню технології захисту персика від хвороб із використанням біопрепаратів на основі мікробіологічних фунгіцидів. У дослідженнях застосовували біологічні засоби захисту рослин, які виробляють в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН згідно з власними технологіями і нормативно-технічною документацією.

Було досліджено фітопатологічний комплекс у посадках персика сорту «Золотий ювілей» в Одеській області. Основними патогенами в персиковому саду впродовж вегетації були кучерявість листків і клястероспоріоз, розвитку яких сприяли погодні умови вегетаційного року.

У виробничому досліді площа ділянки становила 0,5–0,8 га. У площу дослідної ділянки входить захисна зона (ширина міжрядь 2 м) між варіантами досліду. За використання тракторних обприскувачів у кожному варіанті має бути не менше трьох рядів, з яких обліковим є середній.

Форму ділянок визначають просторовим розміщенням повторностей, але в будь-якому разі вона має форму прямокутника чи квадрата. Бажано розміщувати ділянки вздовж більшої сторони квадрата саду.

Перед закладанням досліду на ділянці згрібають та знешкоджують рослинні рештки минулого року, обрізують дерева, стовбури й скелетні гілки очищають від старої, відмерлої кори. Тріщини і дупла замазують садовим варом або сумішшю цементу з глиною. У літній період виполюють бур'яни у пристовбурних кругах та механізовано знищують у міжряддях.

Ґрунт пристовбурного круга і міжрядь повинен бути розпушеним. Восени бажаний вологозарядковий полив. У період вегетації для зони Степу належить дотримуватися системи поливу.

Так, висока кількість опадів навесні та у червні (95,5 і 56 мм відповідно) спричинили розвиток хвороб на листках персика у фазу рожевого пуп'янка на рівні 8,0 %, у фазу цвітіння – 13,5 %. Зразу після закінчення цвітіння персика ураженість листків хворобами підвищилася до 24,5 %, а при формуванні і рості плодів становила 38,0 %.

Установлено, що проведення двох обробок (перед цвітінням і під час цвітіння) мікробіологічним фунгіцидом Триходермін БТ на основі гриба-антагоніста (*Trichoderma viride (lignorum*) за двох норм витрати 4,0 і 6,0 л/га не знизили ураженості листків персика хворобами; мікробіологічним фунгіцидом Гліокладін БТ (*Trichoderma (Gliocladium*) *virens*) за норми витрати 4,0 л/га ураженість знизилася до 11,4 %, а за норми витрати 6,0 л/га – до 8,0 % при 13,5 % у контролі.

Після проведення трьох обробок мікробіологічним препаратом Триходермін БТ на основі гриба-антагоніста (*Trichoderma viride (lignorum*) за двох норм витрати 4,0 і 6,0 л/га ураженість листків персика кучерявістю і клястероспоріозом знизилася відповідно до 21,3 і 18,2 % при 24,5 % у контролі. Три обробки мікробіологічним препаратом Гліокладін БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) знизили ураженість хворобами за норми витрати 4,0 л/га – до 16,0 %; з нормою витрати 6,0 л/га – до 14,3 %.

У фазі росту плодів персика ураженість листків хворобами в контролі збільшувалася і становила 38,0 %. У дослідних варіантах за проведення чотирьох обробок відмічали зниження ураженості листків. Так, Триходермін БТ на основі гриба-антагоніста (*Trichoderma viride (lignorum*) з досліджуваними нормами витрати 4,0 л/га і 6,0 л/га знижував ураженість листків до 30,0 і

24,3 % відповідно. За застосування біопрепарату Гліокладін БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) за норм витрати 4,0 і 6,0 л/га ці показники були дещо вищі і становили 23,2 і 21,2 % відповідно.

Варто відмітити відчутне зниження ураженості плодів персика хворобами в дослідних варіантах порівняно з контролем. У варіанті за застосування Триходерміну БТ на основі гриба-антагоніста (*Trichoderma viride (lignorum*) за досліджених норм витрати 4,0 і 6,0 л/га було уражено 14,0–17,3 % плодів, за застосування Гліокладіну БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) за норми витрати 4,0 л/га ураженість плодів становила 16,8 %, за норми витрати 6,0 л/га – 12,5 %. На необроблених ділянках уражено було в середньому плодів 27,3 %.

Застосування біологічних препаратів на основі гриба-антагоніста Триходерма – Триходерміну БТ (*Trichoderma viride (lignorum*) і Гліокладіну БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) з досліджуваними нормами витрати 4,0 і 6,0 л/га знижувало кількість опалих листків персика. У варіанті Триходермін БТ (*Trichoderma viride (lignorum)*) в середньому опало 23,5–30,3 % листків/дерево, Гліокладін БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) – 18,3–21,4 %, тоді як у контролі цей показник становив 31,2 %.

Встановлено, що ураженість персика листків та плодів кучерявістю і клястероспоріозом істотно впливає на формування врожаю персика. У контролі врожайність персика становила 8,7 т/га, при цьому стандартна продукція була на рівні 70,2 % і нестандартна – 29,8 %. У дослідних варіантах показники врожайності були значно вищі.

За застосування Триходерміну БТ (*Trichoderma viride (lignorum*) за норм витрати 4,0 і 6,0 л/га врожайність становила 9,6 і 10,5 т/га, що вище на 10,3 і 20,7 %, ніж у контролі.

За застосування Гліокладіну БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) врожайність персика була 11,3 т/га за норми витрати 4,0 л/га і 12,0 т/га – за норми 6 л/га, що перевищувала контроль на 29,8 і 37,9 % відповідно.

Якість плодів персика в дослідних варіантах перевищувала контроль у варіанті Триходермін БТ (*Trichoderma viride (lignorum*)) на 2,2–4,1 %, Гліокладін БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) – на 8,0–9,8 %.

Для зниження ураженості листків персика кучерявістю і клястероспоріозом доцільно застосовувати мікробіологічний препарат Гліокладін БТ на основі гриба-антагоніста (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) за норми витрати 6,0 л/га і за проведення чотирьох обробок упродовж вегетації, починаючи із самих ранніх фаз розвитку (рожевий пуп'янок), що забезпечує зниження ураженості листків персика хворобами на 39,0–44,2 %, плодів – на 38,9–54,2 %, опадання листків – у 1,4–1,7 раза, підвищує врожайність екологічно безпечної продукції персика на 29,8 і 37,9 % порівняно з контролем.

Висновок

Таким чином, проведені дослідження показали доцільність використання мікробіологічних препаратів на основі гриба-антагоніста роду Триходерма для захисту персика від хвороб. Розроблена технологія використання біофунгіцидів Триходермін БТ (*Trichoderma viride (lignorum*)) і Гліокладін БТ (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) дає змогу значно збільшити врожайність та підвищити якість плодів, а також знизити ураженість листків персика кучерявістю і клястероспоріозом.

Список використаних джерел до підрозділу 3.4

1. *Колесова Д. А.* Бактериозы как первопричина грибковых заболеваний плодовых деревьев и меры борьбы с ними. *Научные труды СКЗНИИСиВ*. 2013. Т. 2. С. 65–74.
2. *Звонарева Л. Н., Бунчук Е. И.* Итоги изучения поражаемости селекционных форм и сортов персика грибными заболеваниями. *Защита плодовых, декоративных культур и винограда от патогенных организмов и способы повышения устойчивости многолетних насаждений.* ГНБС. Ялта, 2016. Т. 142. С. 76–83.
3. *Леонов Н. Н.* Для защиты персика от кластероспориоза. *Защита и карантин растений.* 2012. № 1. С. 28–29.
4. *Цхведадзе Л., Шенгелия Н., Мачаберидзе А., Чанкветадзе Т.* Как защитить персик от опасных заболеваний. *Защита и карантин растений.* 2011. № 5. С. 55–56.
5. *Нагорна Л. В.* Парша кісточкових. *Cladosporium carpophilum (Thum) Oud.* – ефективність системи захисту абрикоса від хвороби. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 1. С. 1–13.
6. Нагорна Л. В. Ефективність біопрепаратів проти основних хвороб персика (*Persica vulgaris mill.*). *Садівництво.* 2015. Вип. 70. С. 93–98.

3.5. Технологія захисту яблуні від хвороб із використанням біопрепаратів

Ткаленко Г. М.[1]***, Ходорчук В. Я.***[2]
[1]Інститут захисту рослин НААН
[2]Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Поняття екологічного землеробства останнім часом набуває все більшої актуальності, сформовано певний теоретико-методологічний фундамент зазначеного напряму. Розвиток і впровадження екологічно орієнтованих систем виробництва сільськогосподарської продукції стало одним з найперспективніших напрямів сучасного агропромислового комплексу. Певна роль у цьому процесі належить Інженерно-технологічному інституту «Біотехніка» НААН.

В екологізованих та органічних технологіях біологічний захист рослин повинен стати основним інструментом обмеження шкідливості хвороб і шкідників [1]. У сучасних умовах для захисту сільськогосподарських рослин від хвороб і шкідників все частіше застосовують біологічні препарати. Їх основа – живі мікроорганізми, які виділено з природи або їх метаболіти, нешкідливі для навколишнього середовища, людей, теплокровних тварин і корисної фауни. Відомо понад 700 видів ентомопатогенних грибів і понад 1000 мікроорганізмів з антагоністичною дією, більшість із яких є спеціалізованими паразитами і уражують велике коло фітофагів та фітопатогенів різних видів, родин і родів, що дає змогу біологічним препаратам на їх основі знайти широке застосування у системі захисних заходів від хвороб та шкідників [2].

Функціональна роль засобів захисту рослин полягає не лише у зменшенні втрат сільгосппродукції, пов'язаних з хворобами і шкідниками. Завдяки застосуванню засобів захисту рослин можливо інтенсифікувати процеси, що протікають у рослинах та підвищувати стійкість фітоценозів до абіотичних та біологічних стресів [3, 4].

Садівництво України – важлива галузь агропромислового комплексу, що забезпечує потребу населення в плодах, які містять комплекс важливих макро- і мікроелементів та вітамінів. Вони також

придатні для різних видів переробки – соків, пюре, компотів тощо. Ця продукція незамінна і є важливим компонентом раціонального харчування людини [5]. Україна має значні переваги перед європейськими державами за природно-економічним потенціалом ведення промислового садівництва і може успішно вирощувати всі плодові культури помірного клімату: яблуню, грушу, вишню, черешню, абрикос, сливу.

Стратегічним напрямом подальшого розвитку садівництва має бути інтенсифікація садівничої галузі, стабілізація і подальше збільшення виробництва, насичення внутрішнього продовольчого ринку конкурентоспроможними продуктами та розширення їх експорту, забезпечення потреб населення в якісних продуктах за фізіологічними нормами, розширення виробництва екологічно чистої продукції, розробка та впровадження систем фітосанітарного оздоровлення агроценозів плодових культур.

Аналіз стану галузі садівництва свідчить, що за останні роки з'явилося багато проблем, які стримують подальший її розвиток. Таку ситуацію значною мірою зумовлено перебудовою системи землекористування, глобальними змінами клімату, порушенням налагоджених систем захисту. Зменшення масштабів виробництва плодової продукції відбувається не лише через скорочення площ плодоносних насаджень, а й зниженням їх урожайності. Причина – погіршення фітосанітарного стану плодових насаджень, зумовлене низкою соціально-економічних та природно-екологічних факторів.

В Україні, як і в усіх розвинених країнах світу, яблуня є основною плодовою породою, частка якої становить близько 70 % у структурі плодових насаджень. Серед хвороб яблуневого саду найпоширенішими є плодова гниль та бактеріоз [3]. Боротьба з цими хворобами за допомогою ефективних мікробіопрепаратів, що досліджують у роботі, може дати не лише істотний економічний ефект, а й розв'язати певні екологічні проблеми України.

Збудник **плодової гнилі** яблуні – конідіальний гриб *Monilia fructigena Pers.* (клас *Deuteromycetes*, порядок *Hyphomycetales*) із сумчастою стадією *Stromatinia fructigena Pers*., що ставиться до класу *Deuteromycetes*, порядку *Hyphomycetales* [6]. Дуже поширене і шкідливе захворювання зерняткових плодових культур. Воно

дістало назву плодової гнилі тому, що часто викликає побуріння і загнивання плодів. На плодах спочатку з'являється невелика бура пляма, яка швидко збільшується й охоплює весь плід, внаслідок чого його м'якоть стає бурою, розм'якшується і втрачає смакові якості. Слідом за побурінням на поверхні плода утворюються жовтувато-білі подушечки спороношень гриба, які розміщуються концентричними колами.

Шкідливість плодової гнилі дуже велика. Полягає в загибелі суцвіть і відмиранні молодих пагонів, а також ураженні значної кількості плодів, яке часто досягає 20–30 і нерідко 60–70 % урожаю. Плоди гинуть від плодової гнилі не тільки в саду, а й під час зберігання. Імунних до плодової гнилі сортів зерняткових плодових культур немає.

Бактеріальний опік (*Erwinia amylovora*) – одне з найнебезпечніших захворювань плодових і ягідних культур. Найбільш сприйнятливі до нього груша, яблуня, айва, глід, вишня, абрикос, слива. Хворобу за свою високу шкодочинність віднесено до об'єктів суворого карантину. А основним «розповсюджувачем» її буває садивний матеріал. Тому вибирати саджанець потрібно особливо ретельно.

У саджанця, ураженого бактеріозом, кора сіра або темно-сіра з червоними плямами, тьмяна, шорстка на дотик, з численними дрібними бульбашками, здуттями. Або ж поверхню кори покрито численними яскравими білими чечевичками, які утворено після розриву цих здуття. На корі хворого саджанця видно тріщини і напливи, виразки різного розміру. На поперечному зрізі ураженої частини добре помітно суцільне або переривчасте потемніння ксилеми і серцевини. Бруньки розчепірені, верхні покриваючі лусочки часто короткі і не досягають верхівки бруньки, іноді вони опадають або верхня половина лусочки почорніла, нерідко відламується, оголюючи внутрішні частини бруньки.

Основним захисним заходом проти плодової гнилі та бактеріозу є обприскування хімічними фунгіцидами. Фенологічна система захисту яблуні від хвороб, що застосовується в Україні, нарівні з позитивними ознаками має й серйозні недоліки. Особливо гострою залишається проблема захисту яблуні від плодової гнилі, часті

епіфітотії якої, зокрема в лісостеповій, поліській зонах та Закарпатті, а нерідко і в степовій зоні, завдають великих збитків і вимагають значних затрат на проведення захисних заходів. Широке застосування хімічних засобів при цьому зумовлює необхідність розв'язання не лише економічних, а й екологічних проблем.

Варто зауважити, що контроль розвитку плодової гнилі з використанням системного комплексу заходів забезпечує також надійний захист яблуні від інших хвороб. У зв'язку з цим удосконалення системи інтегрованого захисту яблуні від плодової гнилі є досить актуальною широкоплановою проблемою, розв'язання якої має важливе значення не тільки у підвищенні врожайності та поліпшенні товарної якості плодів, а й у подальшому розвитку екологічно безпечних ресурсоощадних технологій вирощування продукції садівництва.

Переліком дозволених до застосування пестицидів й агрохімікатів в Україні на яблуні зареєстровано 78 фунгіцидних препаратів, серед яких 2 рекомендовано застосовувати проти бактеріозу яблуні [7]. Більшість цих препаратів проявляють комплексну захисну дію не лише проти плодової гнилі, а й проти інших хвороб. За сильного прояву плодової гнилі конче потрібні цілеспрямовані обприскування проти хвороби. Для цього застосовують спеціальні дієві проти плодової гнилі фунгіциди на основі пенконазолу, тебуконазолу, флутріафолу, флутріафолу у суміші з карбендазимом, міклобутанілу, міклобутанілу в суміші з квіноксифеном, сірки, трифорину, тріадимефону [6, 8].

Технології захисту яблуні за використання біопрепаратів перебувають на стадії розробки і публікацій з цього напряму дуже мало. У роботі [9] наведено результати випробувань Пентафага-С і Ризоплана, які показали, що застосування біологічних засобів упродовж усієї вегетації не забезпечує контролю над захворюванням, так само як і використання в обробках після цвітіння тільки біопрепаратів. Найбільш ефективними є обробки біопрепаратами в терміни після цвітіння у чергуванні з хімічними фунгіцидами. Оптимальна кратність застосування біологічних засобів захисту залежить від погодних умов, стійкості сорту і величини зараження плодовою гниллю.

Забезпечення екологічної безпеки і здоров'я людей потребує значного обмеження застосування хімічних пестицидів, особливо на культурі яблуні відразу після цвітіння. Тому для збереження високої врожайності необхідно подальше вдосконалення інтегрованих методів захисту рослин, які повинні ґрунтуватися на використанні біологічних засобів захисту рослин [10].

Впровадження системи інтегрованого захисту рослин може відбуватися з різними рівнями використання біологічних засобів (разове застосування, чергування обробок хімічними і біологічними препаратами, використання переважно біологічних засобів) [11]. В екологізованих і органічних технологіях біологічний захист рослин повинен стати основним інструментом обмеження шкідливості хвороб і шкідників [1].

Відомо, що найбільш оптимальний період при проведенні захисту від плодової гнилі та бактеріозу – під час поширення первинної інфекції: необхідно запобігти утворенню в обох захворювань джерел вторинного зараження [12]. В останнє десятиліття сезонна динаміка плодової гнилі характеризується високою інтенсивністю емісії аскоспор у початковому періоді, раннім епіфітотійним розвитком. У бактеріозі спостерігається перехід від депресії до помірного розвитку і появи вогнищ епіфітотії [13, 14]. Від ступеня пригнічення первинного зараження і контролю над розвитком епіфітотій плодової гнилі та бактеріозу в найбільш уразливі стадії розвитку яблуні залежить ефективність подальшого захисту. Основним напрямом підвищення ефективності захисних заходів є підбір засобів і технологій обмеження шкідливих видів, застосування у найбільш небезпечні періоди високоефективних препаратів.

Як свідчить наш попередній досвід, у боротьбі з основними фітопатогенами яблуні можна очікувати значної ефективності від мікробіологічних фунгіцидів на основі грибів-антагоністів [15].

На основі проведеного моніторингу збудників хвороб яблуні в лісостеповій зоні України встановлено, що основними найбільш шкодочинними патогенами впродовж вегетації на яблуні були парша (*Venturia inaegualis (Cooke) Wind*), борошниста роса (*Podosphaera leucotriche*); бактеріоз (*Erwinia amylovora*) і плодова гниль *Monilia fructigena Pers*.

Парша – домінуюча хвороба у комплексі патогенів яблуні, збудником є гриб, у циклі розвитку якого дві стадії: сумчаста *Venturia inaequalis (Cke) Wint* і належить до класу аскоміцети (*Ascomycetes*), підкласу локулоаскоміцети (*Loculoascomycetidae*), порядку дотідеальні (*Dothideales*), родини вентурієві (*Venturiaceae*), і конідіальна *Fusicladium dendriticum (Wallr) Fuck* і належить до класу недосконалі гриби (*Deuteromycetes*), порядку гіфальні (*Hyphomycetales*), родина демацієві (*Dematiaceae*) [16–20].

Борошниста роса яблуні – збудник (*Podosphaera leucotriche*) – гриб, що уражує листки, молоді пагони, суцвіття, рідко зав'язь і плоди. Борошнисто-білий наліт на уражених органах – це поверхневий міцелій і конідіальне спороношення гриба. Конідії починають утворюватися рано навесні, у ще закритих уражених бруньках. Масового розвитку конідіальне спороношення набуває під час розпускання листків і цвітіння яблуні. Через ураження борошнистою росою знижується фотосинтетична активність листкової поверхні. Верхівки сильно уражених пагонів відмирають. У період цвітіння уражені суцвіття вкриваються щільним білим нальотом. Квітки відстають у розвитку, цвітуть недружно, мають деформовані жовто-зелені пелюстки.

Плодова гниль яблуні – досить поширене і шкідливе захворювання яблуні. Збудник плодової гнилі яблуні – конідіальний гриб *Monilia fructigena Pers.* (клас *Deuteromycetes*, порядок *Hyphomycetales*) із сумчастою стадією *Stromatinia fructigena Pers*., що ставиться до класу *Deuteromycetes*, порядку *Hyphomycetales* [6]. Дістало назву плодової гнилі тому, що часто викликає побуріння і загнивання плодів.

На основі багаторічних досліджень розроблено технологію біологічного захисту яблуні проти поширених збудників захворювань яблуні – плодової гнилі, бактеріозу, борошнистої роси і парші – за використання мікробіологічних фунгіцидів, розроблених в ІТІ «Біотехніка» НААН, на основі грибів-антагоністів та корисних бактерій.

Основним методом обробки залишається обприскування за використання різних технічних пристроїв для нанесення робочих розчинів. Проте для внесення мікробіологічних препаратів деякі

Таблиця 3.5.1. **Технологія біологічного захисту яблуні**

Строки та способи обробки	Препарат	Норми витрат на 1 га, л		Кількість обробок
		препарату	робочого розчину	
Сорти середньоуражені				
1 обробка – початок цвітіння	Планриз БТ Гаупсин БТ Пентафаг-С Планриз БТ + Гліокладін БТ Планриз БТ + Гліокладін БТ Гаупсин БТ + Триходермін БТ Планриз БТ + Триходермін БТ	4,0–6,0 4,0–6,0 2,0–4,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0	600–800	1
2 обробка – масове цвітіння	Планриз БТ Гаупсин БТ Пентафаг-С Планриз БТ + Гліокладін БТ Планриз БТ + Гліокладін БТ Гаупсин БТ + Триходермін БТ Планриз БТ + Триходермін БТ	4,0–6,0 4,0–6,0 2,0–4,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0	600–800	1
3 обробка – фаза зав'язі	Планриз БТ Гаупсин БТ Пентафаг-С Планриз БТ + Гліокладін БТ Планриз БТ + Гліокладін БТ Гаупсин БТ + Триходермін БТ Планриз БТ + Триходермін БТ	4,0–6,0 4,0–6,0 2,0–4,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0	600–800	1
4 обробка – фаза росту плодів	Планриз БТ Гаупсин БТ Пентафаг-С Планриз БТ + Гліокладін БТ Планриз БТ + Гліокладін БТ Гаупсин БТ + Триходермін БТ Планриз БТ + Триходермін БТ	4,0–6,0 4,0–6,0 2,0–4,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0	600–800	1
5 обробка – фаза росту плодів (за високого розвитку хвороб)	Планриз БТ Гаупсин БТ Пентафаг-С Планриз БТ + Гліокладін БТ Планриз БТ + Гліокладін БТ Гаупсин БТ + Триходермін БТ Планриз БТ + Триходермін БТ	4,0–6,0 4,0–6,0 2,0–4,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0 3,5+3,0	600–800	1

пристрої є непридатними, оскільки здатні подавати робочі розчини під тиском від 8 атм. й більше, що є неприйнятним для використання цілої низки мікробіологічних препаратів, оскільки під впливом високого тиску руйнуються клітини бактерій та міцелій грибів. Крім того, враховуючи морфологічні особливості рослини, виникають труднощі з нанесенням робочих розчинів на нижню поверхню листя, де розвивається переважна більшість шкідливих організмів. Встановлено, що оптимальним є метод нанесення робочих розчинів за допомогою обприскувачів (робочий тиск яких становить від 2 до 4 атм.), які забезпечують завихрення потоку в процесі нанесення біопрепаратів, зокрема й на нижню сторону листка рослини.

Запропонована технологія (див. *табл. 3.5.1*) біологічного захисту яблуні включає:

- від бактеріозів – мікробіологічний препарат Пентафаг-С за норм витрати 2,0 і 4,0 л/га, бакову суміш Планриз БТ + Гліокладін БТ (3,5+3,0 л/га) і Гаупсин БТ + Триходермін БТ (3,5+3,0 л/га);
- від плодової гнилі – біопрепарати Гаупсин БТ (4,0 і 6,0 л/га) і Пентафаг-С (2,0 і 4,0 л/га); бакову суміш Планриз БТ + Гліокладін БТ (3,5+3,0 л/га) і Гаупсин БТ + Гліокладін БТ (3,5+3,0 л/га);
- від парші і борошнистої роси – Гліокладін БТ на основі гриба (*Trichoderma (Gliocladium) virens*) за норми витрати 6,0 л/га; бакову суміш Планриз БТ + Гліокладін БТ (3,5+3,0 л/га) і Гаупсин БТ + Гліокладін БТ (3,5+3,0 л/га).

За результатами проведення чотирьох обробок у період активних стадій розвитку хвороб ураженість листків хворобами було знижено на 64,0-66,3 %, плодів – на 31,4–40,0 %. При цьому маса плодів підвищилася на 13,0–18,4 %, вихід стандартної екологічно безпечної продукції збільшився на 12,0 і 14,2 %, а урожайність – на 4,6–5,8 т/га. Захист від хвороб проводять диференційовано залежно від стійкості сортів до цих захворювань.

Висновок

У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень було розроблено технологію захисту яблуні на основі використання низки мікробіологічних препаратів Планриз БТ, Гаупсин БТ, Триходермін БТ та Гліокладін БТ. Технологія дає змогу не лише значно знизити ураженість яблуні хворобами, а й значно підвищити урожайність та якість плодів, що є передумовою її успішного використання у сільськогосподарських підприємствах.

Список використаних джерел до підрозділу 3.5

1. *Гармашов В. В., Фомічова О. В.* До питання органічного сільськогосподарського виробництва в Україні. *Вісник аграрної науки.* 2009. № 1. С. 11–15.
2. *Богач Г. И., Белоусов Ю. В., Муратов Ю. И., Богач А. Г.* Применение биологических средств защиты растений в теплицах Украины. *Информационный Бюллетень ВПРС МОББ.* 2007. № 38. С. 39–43.
3. *Орынбаев С. О., Гейштовт Н. Ю.* Микробиометод на косточковых культурах. *Защита растений*. 1985. № 8. С. 22.
4. Ахатов А. К., Белошапкина О. О. Защита растений от болезней в садах: справочник; под. ред. Ахатова А. К. Москва Т-во науч. ИЗА КМК, 2002. 463 с.
5. *Кондратенко П. В.* Адаптація яблуні в Україні. Київ: Світ, 2001. 192 с.
6. *Бублик Л. І. та ін*. Довідник із захисту рослин; за ред. М. П. Лісового. Київ: Урожай, 1999. 744 с.
7. *Перелік* пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: Юнівест-медіа, 2010. 56 с.
8. *Корчагин В. Н.* Защита сада от вредителей и болезней. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1998. 287 с.
9. *Якуба Г. В.* Экологизация защиты яблони от парши в южном садоводстве на основе биологических особенностей возбудителя болезни: автореф. дис. … канд. биол. наук: 06.01.11. Кубанский гос. аграр. ун-т. Краснодар, 1998. 13 с.
10. *Дядечко М. П. та ін.* Біологічний захист рослин; за ред. М. П. Дядечка, М. М. Падія. Біла Церква: НТПІ БДАУ, 2001. 312 с.
11. *Бондаренко Н. В.* Биологическая защита растений. Млосква Агропромиздат, 1986. 278 с.
12. *Изучение* генетики иммунитета плодовых, ягодных культур и винограда: метод. реком.; под ред. Л. А. Ищенко, Г. С. Прохоровой. Мичуринск,1984. 92 с.

13. *Танчик С. П.* No–Till і не тільки. Сучасні системи землеробства. ТОВ «Юнівест Медіа». Київ, 2009. С. 161.
14. *Беспалов І. М., Гармашов В. В.* Деякі підходи до нормативно – правового забезпечення розвитку органічного та екологічного землеробства. *Інформаційний бюлетень СПРС МОББ*. 2016. № 49. С. 40–48.
15. *Гармашов В. В., Крутякова В. І., Беспалов І. М.* Хімічна складова в рослинницькій сировині мізерно мала порівняно з шкідливістю неприродних інгредієнтів переробки. *Зерно і хліб*. 2015. № 3. С. 113–114.
16. *Китт Г.* Парша яблони. Болезни растений: пер. с англ. Москва: Издво иностр. лит., 1956. С. 607–613.
17. *Федорова Р. Н.* Парша яблони. Ленинград: Колос, 1977. 64 с.
18. *Ellis M. A., Madden L. V., Wilson L. L.* Electronic unit field tested for predicting apple Scab. *Ohio Rep. Res. Developm*. 1985. V. 70. № 3. P. 45–47.
19. *Hartmann W., Schlosser E.* Triebschorf bei reduziertem Einsatz Von Fungiziden gegen *Venturia inaequalis* (CKE) Wint. *Meded. Fac. Landbouww. Rijkcunniv. Gent.* 1988. 53. № 2b. P. 571–576.
20. *Matta A.* Lotta biologica: quale strategia? *Dif. piante.* 1985. 8. № 2. P. 95–98.

3.6. Вплив біопрепаратів на продуктивність інноваційних гібридів кукурудзи інтенсивного типу та їх батьківських форм в умовах краплинного зрошення

***Лавриненко Ю. О.*[1], *Марченко Т. Ю.*[1], *Пілярська О. О.*[1], *Бельченко В. М.*[2]**
[1]Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
[2]Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Удосконалення сортових технологій і добір гібридів із певним рівнем адаптивності до агроекологічних зон і технологій є підґрунтям для стабільності тренду зростання виробництва зерна в Україні [1, 2]. Проте використання сучасних інноваційних адаптивних гібридів потребує розробки сортових технологій прискореного розмноження ліній – батьківських компонентів для забезпечення необхідної кількості насіння для ділянок гібридизації [3].

Нині популярності в аграрному виробництві набуває напрям, спрямований на екологічність землеробства. Біологічний метод захисту рослин (biological control або biocontrol) у його вузькому класичному розумінні є методом боротьби зі шкідниками, бур'янами і хворобами рослин із використанням природних ворогів. Він ґрунтується на природних механізмах («хижак – жертва», «паразит – господар») і активному втручанні людини у процес регуляції та пригнічення шкідників і патогенних організмів [4–6]. Вивчення впливу біопрепаратів із рістрегулювальними властивостями є перспективним та актуальним, особливо в умовах змін клімату. Аналіз літературних даних вказує на те, що застосування біопрепаратів сприяє реалізації закладених в організмі потенційних можливостей, зокрема певних імунних реакцій, підвищує продуктивність рослин і сприяє реалізації генотипних задатків сортів і гібридів. Питанню широкого використання біопрепаратів у землеробстві приділяють значну увагу у більшості економічно розвинених країн (Франція, Велика Британія, Германія, Швейцарія, США) [7, 8]. В Україні і за кордоном проводять розробки постіндустріального ведення аграрного виробництва з використанням біотехнологічних альтернатив для удобрення та біологічного захисту рослин, точного землеробства, мінімізації деградації структури ґрунту. Застосування біопрепаратів дає змогу зменшити антропогенний вплив аграрного виробництва на довкілля зі зниженням енергетичних і матеріальних витрат та підвищенням якісних показників отриманої продукції [9, 10]. Разом із хімічними та біологічними методами захисту рослин важливого значення набули селекційні методи підвищення стійкості рослин до несприятливих умов середовища. Основними завданнями сортових ресурсів нині є створення селекційного матеріалу, стійкого до вражаючих біо- та абіотичних чинників і забезпечення виробництва високоякісним посівним матеріалом [11, 12].

Для цього потрібне вдосконалення існуючої технології вирощування ліній-батьківських компонентів гібридів та інноваційних гібридів кукурудзи на зрошуваних землях через установлення впливу нових біопрепаратів на ураженість рослин хворобами і шкідниками та на урожайність насіння та зерна за умов краплинного зрошення

у Південному Степу. Досягти можна завдяки підбору та науковому обґрунтуванню найефективніших препаратів для відповідних генетичних плазм ліній – батьківських компонентів і гібридів різних груп ФАО за краплинного зрошення, що дасть змогу підвищити рівень урожайності батьківських компонентів і гібридів кукурудзи у разі використання екологічно безпечних біопрепаратів.

Дослідження проводили у 2019–2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства (нині – Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства) НААН у рамках виконання спільної з Інженерно-технологічним інститутом «Біотехніка» НААН науково-дослідної роботи.

Фактор А. Різні за групами ФАО та генетичними плазами лінії –батьківські компоненти: лінія ДК445 (ФАО 420, Mixed germplasm), (батьківський компонент гібридів Арабат, Віра, Гілея); лінія ДК411 (ФАО 420, Iodent germ-plasm), (батьківський компонент гібридів Чонгар, Ламасан); лінія ДК281 (ФАО 190, Mixed germplasm), (батьківський компонент гібриду Степовий); лінія ДК247 (ФАО, Mixed germ-plasm), (батьківський компонент гібридів Скадовський, Олешківський).

Інноваційні гібриди селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН: Степовий (ФАО 190), Каховський (ФАО 350), Чонгар (ФАО 420), Арабат (ФАО 430).

Фактор В. Густота посіву становила 70, 80, 90 тис. рослин/га.

Фактор С. Обробка батьківських компонентів кукурудзи інноваційними вітчизняними біопрепаратами Флуоресцин БТ, Трихопсин БТ, Біоспектр БТ.

Агротехніка вирощування – загальноприйнята для умов зрошення і відповідає вимогам технологій виробництва кукурудзи для агроекологічних умов степової зони України [13]. Досліди проводили в умовах зрошення. Основним критерієм планування режиму зрошення був рівень передполивної вологості ґрунту (РПВҐ). Біологічно оптимальним режимом зрошення кукурудзи вважається такий режим, при якому на всіх етапах органогенезу РПВҐ підтримується на рівні 80 % НВ, який і було застосовано у досліді. Методика досліджень – загальноприйнята для умов зрошення із кукурудзою [14]. Біопрепарати застосовували згідно з рекомендаціями

Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН [15]. Технічну ефективність дії препарату розраховували за методиками [16].

Кукурудза піддається ураженню збудниками багатьох інфекційних захворювань, особливо в Південному Степу України при зрошенні, де для їхнього розвитку складаються оптимальні умови. Кожен зі збудників хвороб має свої біологічні особливості, певний цикл розвитку і спричиняє характерні симптоми захворювань. Досліджувані біопрепарати виявили позитивний вплив на стійкість до грибних захворювань. Так, на ранньостиглій лінії ДК281 усі біопрепарати вплинули на розвиток пухирчастої сажки кукурудзи (*Ustilago zeae* Beckm.). Біопрепарат Флуоресцин БТ зменшив вияв захворювання на 1,9 %, Трихопсин БТ – на 3,0, Біоспектр БТ – на 3,2 % (*табл. 3.6.1*).

Технічна ефективність біопрепаратів при захворюванні пухирчастою сажкою була різною залежно від генотипу ліній. Найбільш високу технічну ефективність зафіксовано на лініях ДК411 і ДК445 (ФАО 420) при застосуванні біопрепаратів Біоспектр БТ і Трихопсин БТ (31,3–34,5 %).

Технічна ефективність біопрепарату Трихопсин БТ при ураженні рослин кукурудзи стебловим (кукурудзяним) метеликом (*Ostrinia nubilalis*) становила від 13,4 до 25,9 %. Біоспектр БТ показав технічну ефективність від 14,3 до 25,0 %. Біопрепарат Флуоресцин БТ не є інсектицидом, тому дії на стеблового (кукурудзяного) метелика (*Ostrinia nubilalis*) не мав.

Ураженість фузаріозом качана зменшувалася при застосуванні біопрепаратів. Найбільш ефективним був препарат Біоспектр БТ. Ураженість цією хворобою у ліній зменшилася на 2,8–4,0 %. Найменшою ураженістю фузаріозом качана характеризувалася лінія ДК247 при застосуванні Біоспектр БТ (8,9 %). Ураженість стебловим метеликом знижувалася при застосуванні біопрепаратів Трихопсин БТ і Біоспектр БТ, які мають інсектофунгіцидну та ріст-стимулювальну дії. Зменшення ураженості становило 2,3–2,8 % залежно від генотипу ліній. Технічна ефективність препаратів при використанні проти стеблового метелика була найвищою у ліній Д247, ДК411, ДК445 при застосуванні Біоспектру БТ (20,9–25,9 %). Технічна ефективність Трихопсину БТ була дещо нижчою,

Таблиця 3.6.1. **Технічна ефективність використаних біопрепаратів на лініях – батьківських компонентах гібридів кукурудзи** (середнє за 2019–2020 рр.)

Лінія – батьківський компонент (фактор А)	Обробіток біопрепаратами (фактор В)	Технічна ефективність, %		
		Пухирчаста сажка кукурудзи (*Ustilago zeae* Beckm.)	Фузаріоз качана (*Fusarium moniliforme* Scheld.)	Стебловий (кукурудзяний) метелик (*Ostrinia nubilalis*)
ДК281 (ФАО 190, Mixed germplasm)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	16,8	12,7	–
	Трихопсин БТ	26,5	22,6	13,4
	Біоспектр БТ	28,3	20,6	14,3
ДК247 (ФАО 290, Mixed germplasm)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	16,8	10,2	
	Трихопсин БТ	16,9	25,2	17,5
	Біоспектр БТ	17,7	31,5	21,1
ДК411 (ФАО 420, Iodent germplasm)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	13,1	19,6	–
	Трихопсин БТ	31,9	13,7	14,7
	Біоспектр БТ	31,3	24,6	20,9
ДК445 (ФАО 420, Mixed germplasm)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	16,8	6,8	–
	Трихопсин БТ	33,6	16,6	25,9
	Біоспектр БТ	34,5	26,7	25,0

особливо у ранньостиглих ліній ДК281 і ДК247 (13,4–17,5 %). Дослідженнями встановлено, що більшу силу росту, а відтак і вищу посівну якість, має насіння гібридів кукурудзи крупної фракції порівняно із дрібною. Тому звертали увагу на вплив біопрепаратів на структурні показники урожайності насіння ліній – батьківських компонентів гібридів (*табл. 3.6.2*).

Маса 1000 зерен і маса зерна качана збільшувалися при застосуванні біопрепаратів. Найбільше підвищував масу 1000 зерен

Таблиця 3.6.2. **Структура продуктивності та урожайність насіння лінії – батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від обробітку біопрепаратами**
(середнє за 2019–2020 рр.)

Лінія – батьківський компонент (фактор А)	Обробка біопрепаратами (фактор В)	Маса, г		Урожайність насіння, т/га
		1000 зерен	зерна із качана	
ДК281 (ФАО 190, Mixed germplasm)	Контроль, без обробки	211,9	46,5	3,75
	Флуоресцин БТ	215,8	48,4	3,87
	Трихопсин БТ	213,9	49,4	3,95
	Біоспектр БТ	212,5	49,8	3,99
ДК247 (ФАО 290, Mixed germplasm)	Контроль, без обробки	222,7	56,4	4,49
	Флуоресцин БТ	224,6	56,6	4,53
	Трихопсин БТ	223,8	57,2	4,58
	Біоспектр БТ	223,4	58,1	4,65
ДК411 (ФАО 420, Iodent germplasm)	Контроль, без обробки	264,6	64,1	5,19
	Флуоресцин БТ	266,8	65,6	5,25
	Трихопсин БТ	265,7	66,1	5,29
	Біоспектр БТ	265,3	66,5	5,32
ДК445 (ФАО 420, Mixed germplasm)	Контроль, без обробки	275,7	72,4	5,79
	Флуоресцин БТ	277,4	72,8	5,85
	Трихопсин БТ	276,8	74,4	5,95
	Біоспектр БТ	276,3	76,4	6,11
$НІР_{05}$	Фактор А	5,21	4,21	0,21
	Фактор В	1,50	1,14	0,09

біопрепарат Флуоресцин БТ. Маса зерна із качана істотно підвищувалася завдяки використанню препаратів Трихопсин БТ і Біоспектр БТ. Препарат Флуоресцин БТ був істотно ефективним, проте з меншим позитивним впливом.

Аналіз зв'язків урожайності насіння ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи і маси 1000 зерен показав їхню сильну залежність. Коефіцієнт кореляції становив r = +0,961, що вказує на позитивний вплив обробки біопрепаратами на масу 1000 зерен та

урожайність насіння. Маса зерна із качана мала ще вищу залежність. Це вказує на те, що застосування біопрепаратів має позитивний вплив на окремі показники структури урожайності, що адитивно впливає на основну утилітарну ознаку – урожайність насіння ліній – батьківських компонентів гібридів.

Результати обліку врожайності батьківських компонентів (ліній кукурудзи) показали, що під впливом агротехнічних елементів в умовах зрошення продуктивність досліджуваних ліній кукурудзи у середньому по фактору А коливалася від 3,75 до 6,11 т/га. Встановлено, що обробіток біопрепаратом Біоспектр БТ сприяє формуванню найвищої урожайності зерна батьківських форм кукурудзи, яка в середньому становила 4,63 т/га, приріст урожайності – 0,44 т/га (10,5 %). Обробіток біопрепаратом Трихопсин БТ позитивно вплинув на урожайність, яка становила в середньому 4,54 т/га. Він забезпечив приріст урожайності 0,35 т/га (8,4 %). Обробіток Флуоресцином БТ забезпечив приріст урожайності 0,14 т/га (3,3 %). Максимальну урожайність у досліді показала батьківська форма середньопізньої групи ДК445 при обробітку біопрепаратом Біоспектр БТ – 6,11 т/га.

Досліджені біологічні препарати показали високу технічну ефективність у досліджуваних захворюваннях. Біопрепарат Флуоресцин БТ показав технічну ефективність проти кукурудзяної сажки, коливаючись від 24,0 до 30,4 %. Трихопсин БТ показав технічну ефективність від 38,2 до 57,9 %, а Біоспектр БТ – від 46,0 до 58,6 % відповідно.

Технічна ефективність біологічного препарату Флуоресцин БТ проти хвороби фузаріозу качанів (*Fusarium moniliforme* Scheld.) коливалася від 20,5 до 25,0 %. Біологічний препарат Трихопсин БТ показав технічну ефективність від 19,4 до 38,9 %, а Біоспектр БТ – від 31,3 по 53,2 % (*табл. 3.6.3*).

Технічна ефективність при зараженні рослин кукурудзи стебловим кукурудзяним метеликом (*Ostrinia nubilalis*) для біологічних препаратів Трихопсин БТ коливалася від 7,5 до 28,4 %, Біоспектр БТ – від 10,3 до 29,8 %. Оскільки Флуоресцин БТ не є інсектицидом, то він не мав впливу на стебловий (кукурудзяний) метелик (*Ostrinia nubilalis*).

Таблиця 3.6.3. **Технічна ефективність використаних біопрепаратів на гібридах кукурудзи** (середнє за 2019–2020 рр.)

Гібрид (фактор А)	Обробіток біопрепаратами (фактор В)	Технічна ефективність, %		
		Пухирчаста сажка кукурудзи (*Ustilago zeae* Beckm.)	Фузаріоз качана (*Fusarium moniliforme* Scheld.)	Стебловий (кукурудзяний) метелик (*Ostrinia nubilalis*)
Степовий (ФАО 190)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	27,0	21,5	–
	Трихопсин БТ	47,6	19,4	23,4
	Біоспектр БТ	46,0	31,2	29,8
Каховський (ФАО 350)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	28,8	23,4	–
	Трихопсин БТ	38,2	38,9	28,4
	Біоспектр БТ	58,6	53,2	27,8
Чонгар (ФАО 420)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	24,0	25,0	–
	Трихопсин БТ	54,7	32,9	7,5
	Біоспектр БТ	56,0	34,1	10,3
Арабат (ФАО 430)	Контроль, без обробки	–	–	–
	Флуоресцин БТ	30,4	20,5	–
	Трихопсин БТ	57,9	28,9	15,1
	Біоспектр БТ	57,9	31,3	23,7

Результати обліку урожайності показали, що під впливом агротехнічних елементів в умовах зрошення продуктивність досліджуваних гібридів кукурудзи, у середньому, коливалася від 10,71 до 17,68 т/га (*табл. 3.6.4*).

Установлено, що обробіток біопрепаратом Біоспектр БТ сприяє формуванню найвищої урожайності зерна кукурудзи, яка в середньому ствновила 14,8 т/га. За обробітку препаратом Трихопсин БТ урожайність зерна гібридів кукурудзи була дещо нижче 14,7 т/га. За обробітку препаратом Флуоресцин БТ урожайність зерна кукурудзи – 14,4 т/га.

Таблиця 3.6.4. **Вплив густоти рослин та біопрепаратів на урожайність зерна гібридів різних груп стиглості,** т/га (середнє за 2019–2020 рр.)

Гібрид (фактор А)	Густота, тис. рослин/га (фактор С)	Обробіток біопрепаратами (фактор В)				У середньому за факторами	
		Без обробітку	Біоспектр БТ	Трихопсин БТ	Флуоресцин БТ	А	В
Степовий (ФАО 190)	70	10,71	11,73	11,24	11,45	11,65	11,34
	80	10,72	12,45	12,36	11,68		11,89
	90	10,89	**12,72**	12,54	11,73		**11,97**
Середнє		**10,79**	**12,27**	**12,19**	**11,64**		
Каховський (ФАО 350)	70	10,46	13,49	13,12	12,67	12,79	12,45
	80	11,29	13,97	13,56	13,35		**12,96**
	90	10,85	13,65	13,16	13,13		12,74
Середнє		**10,87**	**13,65**	**13,38**	**13,08**		
Чонгар (ФАО 420)	70	16,35	16,95	16,89	16,56	16,45	**16,71**
	80	16,18	16,64	16,57	16,45		16,42
	90	15,67	16,56	16,35	16,11		16,15
Середнє		**16,05**	**16,74**	**16,58**	**16,35**		
Арабат (ФАО 430)	70	17,14	17,68	17,35	17,36	16,78	**17,35**
	80	16,56	17,27	16,95	16,85		16,96
	90	15,64	16,15	15,89	15,75		15,87
Середнє		**16,45**	**17,06**	**16,78**	**16,67**		
В середньому за фактором С		13,55	**14,89**	14,78	14,45		
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів							
$НІР_{05}$, т/га		A = 0,15; B = 0,14; C = 0,11					

Порівняно з контролем приріст урожаю від застосування препаратів Біоспектр БТ становила 1,3 т/га, або 9,6 %, Трихопсин БТ – 1,2 т/га, або 8,9 %, Флуоресцин БТ – 1,0 т/га, або 6,7 %.

Гібрид Арабат у середньому за період проведення досліджень виявився найбільш продуктивним – середня урожайність зерна становила 16,7 т/га. Максимальну урожайність гібрид Арабат показав за густоти 70 тис. рослин/га при обробітку препаратом

Біоспектр БТ – 17,6 т/га. Дещо меншу урожайність було отримано у варіантах з гібридом Чонгар – 16,9 т/га. Максимальну урожайність – 12,7 т/га – гібрид Степовий показав за густотою 90 тис. рослин/га при обробітку препаратом Біоспектр БТ.

Генотип гібрида мав специфічну реакцію на густоту рослин. Ранньостиглий гібрид Степовий показав найвищу урожайність за густоти 90 тис. рослин/га – 11,9 т/га. Середньостиглий гібрид Каховський сформував максимальну урожайність за густоти 80 тис. рослин/га – 12,9 т/га. Середньопізні гібриди Чонгар і Арабат максимальну врожайність – 16,7 та 17,3 т/га відповідно – показали за густоти 70 тис. рослин/га. Максимальну урожайність у досліді показав гібрид середньопізньої групи Арабат за густоти рослин 70 тис. рослин/га та обробітку препаратом Біоспектр БТ – 17,6 т/га.

Висновок

Технічна ефективність біопрепарату Флуоресцин БТ при захворюванні фузаріозом качана (*Fusarium moniliforme* Scheld.) становила від 6,8 до 19,6 %, біопрепарат Трихопсин БТ показав технічну ефективність від 13,7 до 25,2 %, а Біоспектр БТ – від 20,6 до 31,5 %. Найбільш високу технічну ефективність біопрепаратів при захворюванні пухирчастою сажкою було зафіксовано на лініях ДК411 і ДК445 (ФАО 420) при застосуванні біопрепаратів Біоспектр БТ і Трихопсин БТ (31,3–34,5 %). Технічна ефективність препаратів при використанні проти стеблового метелика була найвищою у ліній ДК247, ДК411, ДК445 при застосуванні Біоспектр БТ (20,9–25,9 %). Технічна ефективність Трихопсин БТ була дещо нижчою, особливо у ранньостиглих ліній ДК281 і ДК247 (13,4–17,5 %). Біопрепарати Флуоресцин БТ, Трихопсин БТ, Біоспектр БТ мали позитивний вплив на структурні показники урожайності насіння ліній – батьківських компонентів гібридів. Обробіток біопрепаратом Біоспектр БТ сприяє формуванню найвищої урожайності зерна батьківських форм кукурудзи, яка в середньому становила 4,63 т/га, а приріст урожайності – 0,44 т/га (10,5 %). Обробіток біопрепаратом Трихопсин БТ позитивно вплинув на урожайність, яка становила в середньому 4,54 т/га, забезпечив її приріст на 0,35 т/га (8,4 %). Обробіток біопрепаратом Флуоресцин БТ забезпечив приріст урожайності 0,14 т/га (3,3 %).

Установлено, що обробіток біопрепаратом Біоспектр БТ сприяє формуванню найвищої урожайності зерна гібридів кукурудзи, яка в середньому становила 14,8 т/га. Порівняно з контролем приріст урожаю від застосування препарату Біоспектр БТ становив 1,3 т/га, або 9,6 %.

Гібрид Арабат у середньому за період проведення досліджень, виявився найбільш продуктивним – середня урожайність зерна становила 16,7 т/га. Максимальну врожайність гібрид Арабат показав за густоти 70 тис. рослин/га за обробітку препаратом Біоспектр БТ – 17,6 т/га.

Список використаних джерел до підрозділу 3.6

1. *Аверчев О. В., Іванів М. О., Лавриненко Ю. О.* Мінливість елементів структури продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО та їхній зв'язок із урожайністю зерна за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушливому Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 112. С. 3–15.
2. *Lavrynenko Yu. O., Vozhegova R. A., Hozh O. A.* Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2016. V. 3. № 1. P. 55–60.
3. *Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Найдьонов В. Г., Михаленко І. В.* Методичні вказівки із насінництва кукурудзи в умовах зрошення. Херсон: Айлант, 2008. 212 с.
4. *Крутякова В. І.* Біометод – основа сталого розвитку вітчизняного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 10. С. 5–14.
5. *Волкогон В.В. та ін.* Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях: наук.-практ. реком.; за ред. В. В. Волкогона. Київ: НААН, 2015. 248 с.
6. *Крутякова В. І., Таргоня В. С.* Багаторівнева система сертифікації органічних виробництв сільськогосподарської продукції. *Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи:* матеріали міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя НААН. Інформ. бюл. СПРС МОББ № 53 (1–5 жовтня 2018, м. Одеса). Одеса: ПП «Фенікс», 2018. С. 185–191.
7. *Parnell J. J. et al.* From the lab to the farm: an industrial perspective of plant beneficial microorganisms. *Front Plant Sci*. 2016. V. 7. P. 1110.
8. *Van Lenteren J. C. et al.* Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new. *BioControl.* 2018. V. 63. P. 39–59.

9. *Ткаленко Г.* Біологічні препарати в захисті рослин. Сучасні агротехнології із застосування біопрепаратів і регуляторів росту. *Пропозиція.* Спецвипуск. 2015. С. 2–15.
10. *Леманова Н. Б., Пынзару Б. В.* Потенциал использования PGPR бактерий при выращивании кукурузы. *Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи:* матеріали міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя НААН. Інформ. бюл. СПРС МОББ № 53 (1–5 жовтня 2018, м. Одеса). Одеса: ПП «Фенікс», 2018. С. 191–196.
11. *Черчель В. Ю., Шевченко М. С.* Агроресурси і наукове моделювання виробництва 100 мільйонів тонн зерна. *Зернові культури*. 2020. Т. 4. № 1. С. 53–63.
12. *Кирпа М. Я., Ковальов Д. В.* Особливості проростання насіння гібридів кукурудзи залежно від його крупності. *Зернові культури.* 2020. Т. 4. № 1. С. 46–52.
13. *Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю.* Теоретичні основи та практичні результати селекції гібридів кукурудзи інтенсивного типу для умов зрошення: монографія. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 338 с.
14. *Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Найдьонов В. Г., Михаленко І. В.* Методичні вказівки із насінництва кукурудзи в умовах зрошення. Херсон: Айлант, 2008. 212 с.
15. *Методичні* рекомендації Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН (м. Одеса). URL: https://biotekhnika.od.ua/uk
16. *Трибель С.О. та ін.* Методика випробування і застосування пестицидів; за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.

3.7. Методи компостування осадів стічних вод із застосуванням мікроорганізмів для використання у виробництві органічних добрив

Крутякова В. І., Пиляк Н. В., Нікіпелова О. М.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Фосфор є важливим елементом живлення рослин, що сприяє їх росту та розвитку. При нестачі фосфору у ґрунті затримується ріст і розвиток рослин, знижується ефективність фотосинтезу та здатність багаторічних бобових культур до фіксації молекулярного азоту з атмосфери. Відомо, що концентрація доступного фосфору в

ґрунті завжди низька через безперервний процес поглинання його рослинами. Достатні запаси фосфору в ґрунті для формування урожаю сільськогосподарських культур можуть поповнюватися, в основному, завдяки внесенню мінеральних та органічних добрив, застосуванню мікробних препаратів [1–6], сівбі сидеральних культур, які мають потужну кореневу систему (буркун, люпин, гречка) і здатні переміщувати фосфор та інші мінеральні речовини з нижніх у верхні шари ґрунту тощо [7, 8].

Різке зниження обсягів виробництва добрив і їх застосування у землеробстві призвело до погіршення родючості ґрунтів і зниження продуктивності землеробства. Виникла проблема як оптимізації фосфорного живлення рослин через недостатнє застосування фосфорних мінеральних добрив так і застосування органічних добрив через знищення галузі тваринництва. Ця ситуація спонукає до пошуку нових видів місцевих удобрювальних ресурсів і розроблення ефективних прийомів підвищення у них доступності сполук фосфору.

Одним із перспективних напрямів розв'язання проблеми збагачення ґрунтів доступними сполуками фосфору для рослин може бути біоконверсія органогенних відходів (осадів стічних вод (ОСВ) станцій біологічної очистки (СБО)) [9–11] і в результаті неї отримання доступної органічної сировини (компости) та селекційних фосфатмобілізувальних мікроорганізмів.

Метою досліджень, проведеними в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН, було розроблення методів переробки ОСВ СБО «Південна» та «Північна» (м. Одеса) задля активізації процесу трансформації важкодоступних фосфатів ОСВ у доступні форми для рослин. Результатом цих досліджень стало створення оптимізованої технології компостування ОСВ з різними вуглецевмісними наповнювачами за інтродукції продуктивного селекціонованого штаму фосфатмобілізувальних мікроорганізмів та отримання нових видів біоорганічних добрив.

Для визначення доцільності застосування ОСВ СБО (м. Одеса) було визначено їх параметри показників небезпеки для довкілля і якості як нетрадиційних добрив та/або місцевої органічної сировини для їх виробництва. Зокрема, встановлено, що зразки ОСВ

містять слідові концентрації окремих пестицидів, які не перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК).

Одними із найнебезпечніших шкідливих речовин, вміст яких в ОСВ може варіювати і сягати значних концентрацій, є важкі метали. За необхідності контролювання забруднення ОСВ важкими металами прийнято визначати їх різні форми (валові, кислоторозчинні, обмінні). Це пов'язано з тим, що валовий вміст важких металів не завжди може характеризувати ступінь забруднення ОСВ токсикантами, оскільки певна їх частина перебуває у формі недоступних для рослин сполук. Тому ОСВ необхідно піддавати оцінюванню за вмістом токсикантів у різних формах.

За результатами досліджень зразків ОСВ обох СБО встановлено, що в ОСВ більшість з хімічних елементів (мідь, марганець, кобальт, кадмій, нікель, свинець, стронцій, хром, цинк, ртуть) перебувають у незначних концентраціях, які не перевищують ГДК [12].

У ОСВ обох СБО не виявлено ртуті. Такі порівняно незначні концентрації хімічних елементів і важких металів в ОСВ можуть бути необхідні для рослин як мікрокомпоненти, що беруть участь в їхніх фізіологічних і біохімічних процесах. Найвищі показники вмісту кислоторозчинної форми хімічних елементів в ОСВ обох СБО варіюють у межах (% їх валового вмісту): кобальт – 66–70; нікель – 85–88; свинець – 82–97; мідь – 87–97; цинк – 94–96. Для обмінної форми хімічних елементів в ОСВ ці показники становлять відповідно (% їх валового вмісту): кадмій – 20–29; марганець – 25–32; цинк – 31–45.

За трирічного зберігання ОСВ у мулових майданчиках в аридних умовах регіону (зона Степу) завдяки процесу самоочищення, в основному, забезпечувалась їх епідемічна безпека. Так, за результатами санітарно-гігієнічних досліджень ОСВ обох СБО не виявлено гельмінтів, патогенних мікроорганізмів, зокрема й сальмонели. Показники титру бактерій групи кишкової палички у зразках ОСВ перебувають на рівні 0,2 КУО/дм^3 (СБО «Південна») і $3{,}9 \cdot 10^3$ КУО/дм^3 (СБО «Північна») за допустимої норми $5{,}0 \cdot 10^3$ КУО/дм^3. Отже, зразки ОСВ СБО «Південна» за санітарно-бактеріологічними та мікробіологічними показниками характеризуються як «чисті», тоді як зразки ОСВ СБО «Північна» близькі до

статусу «забруднені», що потребує їх обов'язкового компостування при застосуванні на добрива.

У досліджених зразках ОСВ відмічено сліди техногенної радіоактивності, проте параметри радіологічних показників не перевищували значень фонової радіоактивності ґрунту (чорнозем південний) у районі застосування цих добрив, що відповідає вимогам нормативних документів.

Досліджено фітотоксичність ОСВ щодо тест-культури кукурудзи. Фітотоксичність – це важливий інформативний показник, який доцільно застосовувати при дослідженні ОСВ для встановлення цілісної оцінки їх впливу на культурні рослини й угруповання ґрунтових мікроорганізмів. Токсичні речовини, що утворюються, зокрема й мікроорганізмами, викликають істотні зміни в хімічному складі рослин, порушують обмін речовин у них, пригнічують проростання насіння, ріст паростків, розвиток рослин. Токсичні форми мікроорганізмів у певній кількості наявні у всіх типах ґрунтів, також їх виявлено в досліджуваних зразках ОСВ обох СБО.

В усіх досліджених зразках ОСВ і на контролях (ґрунт – аналог ОСВ, пісок – нейтральне середовище) середній відсоток проростання насіння кукурудзи становив 95–100. Отже, фітотоксичної активності у зразках ОСВ практично не виявлено, що зумовлено незначною наявністю в них токсикантів та фітотоксичних метаболітів мікробного походження.

За результатами визначення агрохімічних показників встановлено, що ОСВ СБО «Північна» і «Південна» дещо збіднені на органічну речовину. Масова частка органічної речовини в ОСВ становить 19 % до сухої речовини (при нормативі – не менше 40 %), у гної великої рогатої худоби її міститься 22 %. Органічна речовина ОСВ містить 10–12 % загального вуглецю (гній великої рогатої худоби – 18 %). Масова частка поживних речовин в ОСВ становить (% на суху речовину): азоту загального – 5,3–6,2 (норматив – не менше 1,5); фосфору загального – 1,4–2,0 (норматив – не менше 0,7); калію загального – 0,2–0,6 (норматив – не менше 0,1).

У гної великої рогатої худоби (варіант порівняння) вміст поживних речовин (NPK) становить відповідно 1,72; 2,55 і 2,20 %. В ОСВ співвідношення поживних речовин (одиниці азоту до фос-

фору і калію) становить 1:0,3:(0,04–0,10) і свідчить про незбалансованість за вмістом фосфору і калію порівняно з гноєм великої рогатої худоби (1:1,5:1,3). Серед рухомих форм поживних речовин у ОСВ переважає нітратний азот (1,71–9,98 мг/100 г субстрату). При цьому найвищі показники вмісту нітратного азоту в ОСВ (9,98 мг/100 г субстрату) встановлено для ОСВ СБО «Північна». ОСВ обох СБО характеризуються вузьким співвідношенням C:N (відповідно 1,5 і 2,2 % проти 10,8 % у гної великої рогатої худоби) і високим умістом азоту загального (5,3–6,2 % на суху речовину проти 1,72 % у гної великої рогатої худоби), тому їх можна застосовувати для удобрення будь-якої культури без ризику спричинення азотного голодування рослин у перші періоди їх розвитку.

За певних умов (при тривалому застосуванні ОСВ як добрив, можливому порушенні технологічних регламентів, особливо в умовах зрошення), можуть розвиватися процеси засолення та осолонцювання ґрунту. У зв'язку з цим проведено визначення сольового складу ОСВ та їх оцінювання щодо здатності спричиняти розвиток процесів засолення й осолонцювання ґрунту порівняно із зональним ґрунтом району проведення досліджень (чорнозем південний, шар 0–20 см). Встановлено, що ОСВ обох СБО мають слабокислу й кислу реакцію середовища pH 5,9–6,5 (норматив 6,5–7,5), сульфатний кальцієвий склад солей. Загальна сума солей становить 1,82 (ОСВ СБО «Південна») і 0,85 % (ОСВ СБО «Північна») проти 0,08 % у ґрунті. Сума токсичних солей в ОСВ становить відповідно 0,30 і 0,23 % проти 0,03 % у ґрунті, тобто в ОСВ параметри цього показника відповідно у 10 і 8 рази вищі, ніж у ґрунті.

У сольовому складі ОСВ серед аніонів переважають сульфати (їх уміст відповідно у 51 і 23 рази вищий, ніж у ґрунті), відсутні карбонати, гідрокарбонати перебувають на рівні показників ґрунту або дещо нижче їх. Серед катіонів у сольовому складі ОСВ обох СБО переважає кальцій (його міститься в 11–26 рази більше, ніж у ґрунті). При цьому ОСВ СБО «Південна» вирізняються значно вищим вмістом кальцію і характеризуються в сольовому складі ширшим співвідношенням Ca^{2+}/Na (24,5) і дещо вищими значеннями цього показника, ніж у ґрунті, відповідно – 21,5 (проти 7,08 в ОСВ СБО «Північна»), що є важливою позитивною ознакою ОСВ

вказаної СБО як меліораційного матеріалу. Зразки ОСВ обох СБО характеризуються значно вищими параметрами вбирної катіонної ємності (у 1,6–2 рази), ніж чорнозем південний.

У вбирному комплексі ОСВ переважає кальцій (75–80 % суми увібраних основ, у ґрунті – 67 % суми катіонів). Щодо параметрів умісту магнію у складі обмінних основ ОСВ, то вони в 1,7 раза менші, тоді як натрію – у 2–6 рази більші, ніж у ґрунтовому вбирному комплексі. Отже, ці ОСВ характеризуються високими параметрами поглинальної здатності, в їх катіонному складі превалює кальцій, параметри вмісту якого значно вищі, ніж у зональному ґрунті, тому за внесення ОСВ на полях вони можуть зумовлювати підвищення буферних властивостей ґрунту і стійкість його до деградації.

Таким чином, за параметрами речовинного складу ОСВ СБО, в основному, відповідають вимогам нормативних документів, що висуваються до добрив такого походження, проте містять дещо підвищений вміст кадмію і стронцію (хоча й не перевищують ГДК). Тому згідно з вимогами нормативних документів ці ОСВ віднесено до 3-ї класифікаційної групи використання, що передбачає їх застосування в землеробстві як добрива у дозі 5–6 т/га за сухою речовиною один раз на 5–7 років з обов'язковим контролюванням фонового вмісту елементів у ґрунті. Досліджені ОСВ також можна використовувати для виробництва біоорганічних добрив.

Важливими діагностичними показниками екологічної прийнятності органогенних відходів як добрив у сільському господарстві є еколого-мікробіологічні показники (чисельність мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп, специфіка функціональної спрямованості мікробіоти тощо), які дають змогу прогнозувати вплив відходів на екологічний стан ґрунтів, розроблення за потреби упереджувальних заходів відповідно до екологічної ситуації.

За результатами досліджень визначено, що ОСВ СБО «Південна» та «Північна» прийнятні для розвитку мікроорганізмів, які споживають органічні та мінеральні сполуки азоту, стрептоміцетів, фосфатмобілізувальних і спорових мікроорганізмів, хоча за чисельністю амоніфікаторів, фосфатмобілізувальних та спорових мікроорганізмів ці відходи поступаються традиційному органічному добриву. При визначенні функціональної спрямованості

мікробіологічних процесів досліджувані субстрати характеризуються високою забезпеченістю елементами живлення (ІО=0,1–1,0), параметри коефіцієнта мінералізації–іммобілізації (0,04–0,2) свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини. Можна прогнозувати, що при застосуванні ОСВ на добрива можливе сприяння процесам гумусоутворення, що, своєю чергою, забезпечить підвищення родючості ґрунту та врожайності сільськогосподарських культур.

Через те, що вміст рухомих форм фосфору в підсушених ОСВ становить 7–10 % їх загальної кількості, доцільним є пошук безпечних прийомів підвищення доступності сполук фосфору в ОСВ для рослин із застосуванням їх біоконверсії і вилученням активних форм мікроорганізмів, що дасть можливість підсилити мобілізацію фосфору з важкодоступних сполук ОСВ у легкодоступні.

У результаті досліджень встановлено, що середня чисельність фосфатмобілізувальних бактерій в ОСВ, різної вологості, з мулових полів СБО «Північна» і «Південна» після трирічного зберігання варіює від 15,6±0,7 до 322,3±2,2 млн/г, причому фосфатмобілізувальні мікроорганізми, що трансформують органофосфати, становлять від 28,2 до 64,8 % загальної кількості бактерій. Тобто, у зразках ОСВ виявлено бактерії, які здатні до мобілізації, переважно, органофосфатів. Цю особливість, вірогідно, пов'язано з

Таблиця 3.7.1. **Мобілізація рухомого фосфору ізолятами, які виділено із ОСВ СБО** (м. Одеса)

Номери виділених ізолятів	Кількість розчиненого фосфору в перерахунку на P_2O_5	
	мг/100 см^3 середовища	%
1	Сліди	–
2	55,3	24,1
3	43,4	19,0
4	49,2	21,5
5	34,1	14,9
6	60,8	26,6
7	15,8	6,9
8	34,7	15,2

Примітка. 1. №№ 1–6 позначено ізоляти, що виділено з ОСВ СБО «Південна» (06.03.14 р.), які здатні до мобілізації рухомого фосфору. 2. № 7 позначено ізолят, що виділено з ОСВ СБО «Південна» (24.07.14 р.), який здатний до мобілізації рухомого фосфору. 3. № 8 позначено ізолят, що виділено з ОСВ СБО «Північна» (24.07.14 р.), який здатний до мобілізації рухомого фосфору. 4. У дослідах використовували рідке поживне середовище Муромцева при внесенні $Ca_3(PO_4)_2$ – 5 г/дм^3, P_2O_5 – 229 мг/100 см^3 середовища.

наявністю в органічних сполуках ОСВ фосфатних груп, які зумовлюють розвиток мікрофлори, що здатна до трансформації органофосфатів.

За результатами мікробіологічного дослідження, вперше із ОСВ СБО «Південна» і «Північна» (м. Одеса) виділено 8 ізолятів фосфатмобілізувальних мікроорганізмів (див. *табл. 3.7.1*), з двома яких (№ 3 і № 4), проводили подальші дослідження.

За результатами дослідження активності фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, які здатні до трансформації фосфору, було відібрано два найбільш активних ізоляти, у подальшому умовно їх позначено штам № 1 та штам № 2 відповідно.

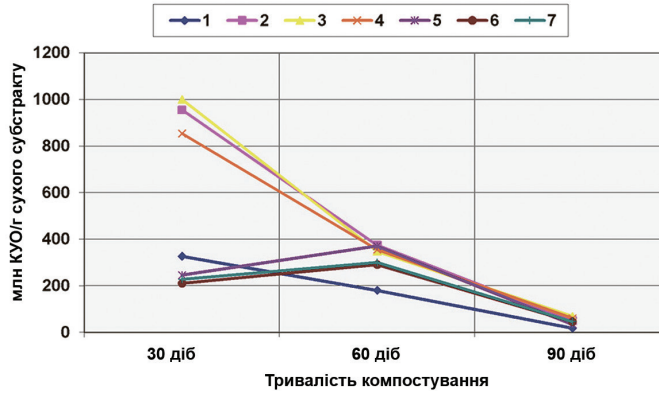
У модельному досліді вивчали мікробіологічні аспекти при компостуванні ОСВ для дослідження перебігу мікробіологічних процесів в органічних субстратах різного походження та їх сумішей.

Досліджено динаміку розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, які розчиняють мінерало- та органофосфати під час компостування ОСВ з різноманітними наповнювачами. У результаті встановлено, що розвиток фосфатмобілізувальних мікроорганізмів при компостуванні характеризується зростанням їх чисельності відразу після інокуляції з поступовим зниженням кількісних характеристик селекціонованих штамів (рис. 3.7.1, 3.7.2).

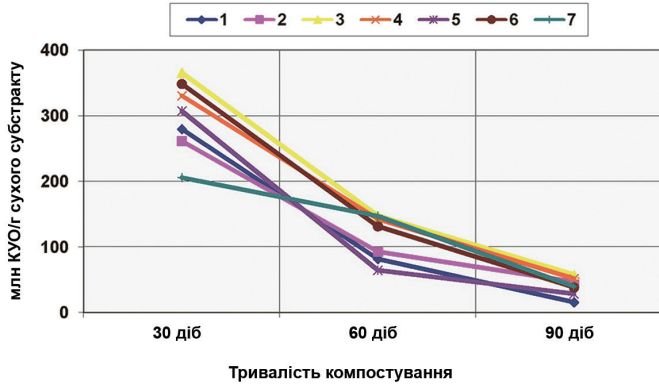
Особливістю динаміки розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів у субстратах є те, що на початку компостування спостерігається стрімкий розвиток мікроорганізмів, які розчиняють органофосфати, а по мірі мінералізації органофосфатів чисельність бактерій цієї групи зменшується. Через 60 днів компостування простежується розвиток бактерій, які здатні до розчинення мінеральних форм фосфатів. Поступова трансформація важкорозчинних сполук фосфору в лабільні зумовлює зниження чисельності мікроорганізмів, що розчиняють як органічні, так і мінеральні форми фосфору.

Із продовженням тривалості компостування чисельність фосфатмобілізувальних бактерій зменшується разом із закономірним зменшенням загальної чисельності мікроорганізмів.

У компостах було досліджено динаміку розвитку наступних груп мікроорганізмів: бактерій, що засвоюють переважно мінеральні та органічні сполуки азоту, стрептоміцетів, грибів і спорових мікроорганізмів.



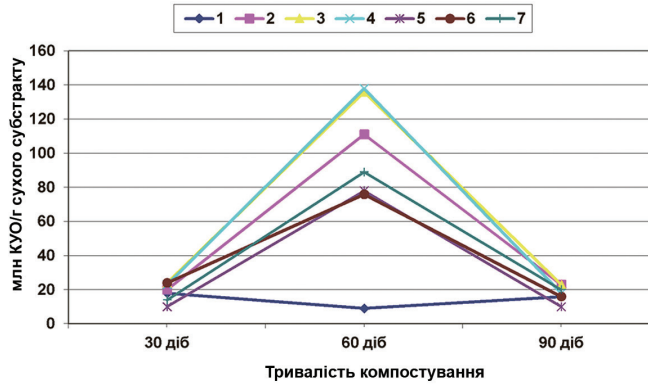
а



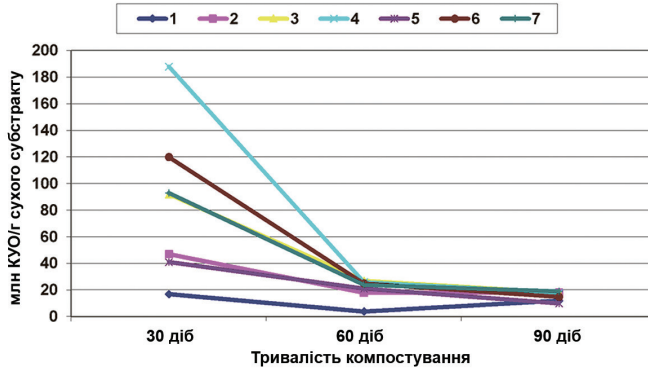
б

Рис. 3.7.1. **Динаміка розвитку мікроорганізмів, які розчиняють органофосфати:** *а* – СБО «Південна»; *б* – СБО «Північна»; *1* – ОСВ; *2* – ОСВ + солома; *3* – ОСВ + солома + штам № 1; *4* – ОСВ + солома + штам № 2; *5* – ОСВ + лушпиння; *6* – ОСВ + лушпиння + штам № 1; *7* – ОСВ + лушпиння + штам № 2

За результатами мікробіологічних досліджень встановлено, що компостування ОСВ за участі селекціонованих фосфатмобілізувальних бактерій має істотний вплив на чисельність мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп. Інокуляція позитивно позначилася на чисельності окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у компостах.



а

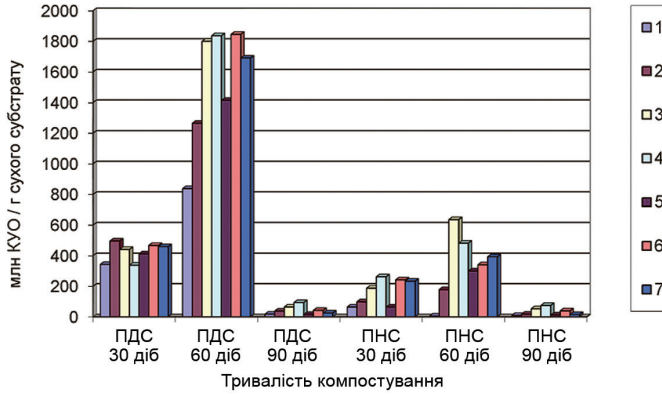


б

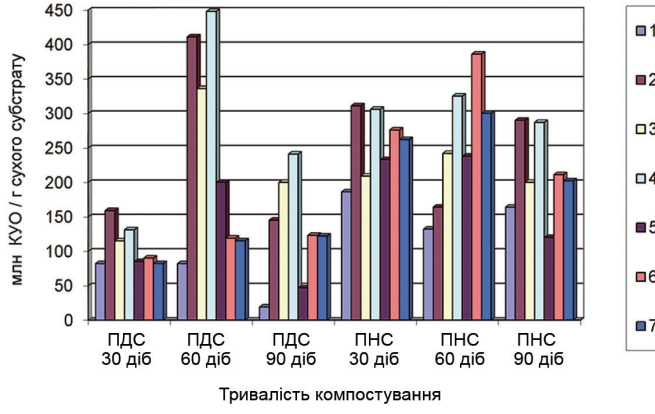
Рис. 3.7.2. **Динаміка розвитку мікроорганізмів, які розчиняють мінералофосфати:** *а* – СБО «Південна»; *б* – СБО «Північна»; *1* – ОСВ; *2* – ОСВ + солома; *3* – ОСВ + солома + штам № 1; *4* – ОСВ + солома + штам № 2; *5* – ОСВ + лушпиння; *6* – ОСВ + лушпиння + штам № 1; *7* – ОСВ + лушпиння + штам № 2

Так, за час досліджень, зростала чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів (рис. 3.7.3, *а*), тоді як кількість бактерій, які засвоюють мінеральний азот (рис. 3.7.3, *б*), збільшувалася повільніше, що пояснюється наявністю в компостах додаткової органічної речовини і невеликим умістом мінеральних сполук азоту.

До складу мікроорганізмів, які беруть участь у трансформації органічної речовини та використовують мінеральні форми азоту,



а



б

Рис. 3.7.3. **Динаміка розвитку мікроорганізмів, що засвоюють:** *а* – органічні форми азоту; *б* – мінеральні форми азоту; *1* – ОСВ; 2 – ОСВ + солома; *3* – ОСВ + солома + штам № 1; *4* – ОСВ + солома + штам № 2; *5* – ОСВ + лушпиння; *6* – ОСВ + лушпиння + штам № 1; *7* – ОСВ + лушпиння + штам № 2; ПДС – СБО «Південна»; ПНС – СБО «Північна»

також належать стрептоміцети. Останні становлять важливу складову ґрунтових мікробоценозів. Вони беруть участь у розкладі рослинних і тваринних решток у ґрунті, в утворенні гумусу, його мінералізації. Як свідчать одержані результати (рис. 3.7.4, *а*), перший місяць компостування ОСВ СБО «Південна» характеризується

незначною кількістю представників цієї групи мікроорганізмів, їх чисельність становила від 0,29 до 0,28 млн КУО/г сухого субстрату, що у 9,3 раза більше, ніж у контрольному варіанті – ОСВ (0,03 млн КУО/г сухого субстрату).

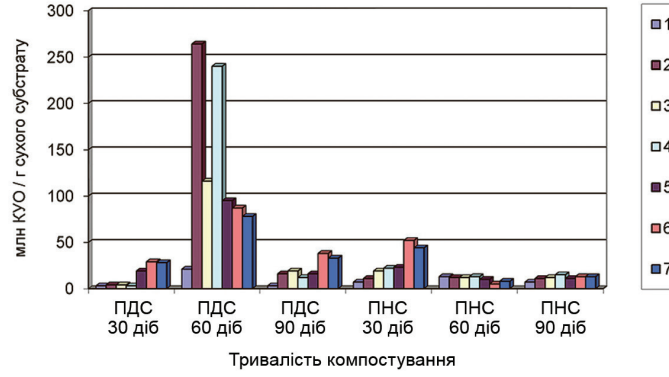
Компостні субстрати на основі ОСВ СБО «Північна» першого місяця компостування вирізняються більшою кількістю стрептоміцетів, ніж субстрати на основі ОСВ СБО «Південна». Другий місяць компостування субстратів на основі ОСВ СБО «Південна» характеризується підвищеними показниками стрептоміцетів, тоді як органічні субстрати, основою яких були ОСВ СБО «Північна», вирізняються значно меншою кількістю цієї групи мікроорганізмів. Чисельність стрептоміцетів третього місяця компостування для СБО «Південна» становила 0,03–0,38 і 0,08–0,17 млн КУО/г сухого субстрату для СБО »Північна».

Отже, можна припустити, що при застосуванні цих органічних субстратів у сільському господарстві можливе поліпшення процесів гумусоутворення.

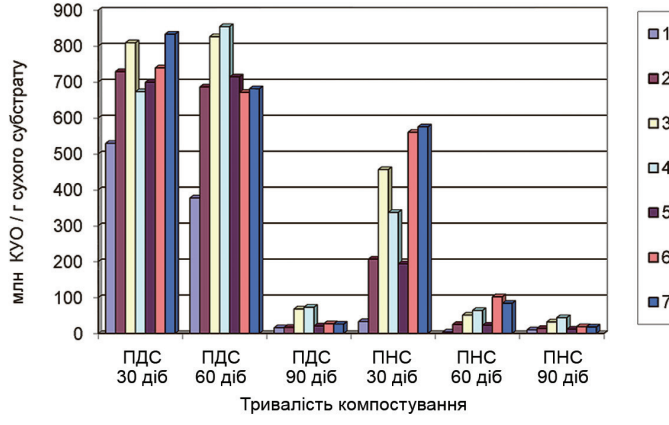
Дослідження чисельності спорових мікроорганізмів показали, що компости на основі ОСВ сприятливі для їх розвитку, оскільки в їхньому складі є необхідні вуглецеві субстрати та зв'язані сполуки азоту (рис. 3.7.4, *б*).

Визначення у компостах чисельності мікроміцетів (під впливом інтродукованих мікроорганізмів та без них) демонструє, що впродовж 90 днів їхні показники істотно не відрізнялися за варіантами дослідів. Так, при компостуванні органічних субстратів чисельність мікроміцетів першого місяця варіювала у межах 7,0–13,0 тис. (ОСВ СБО «Південна») та 10,0–32,0 тис. КУО/г сухого субстрату (ОСВ СБО «Північна»). Чисельність мікроміцетів другого місяця компостування змінювалася у межах 2,0–12,0 тис. (ОСВ СБО «Південна») і 5,0–13,0 тис. КУО/г сухого субстрату (ОСВ СБО «Північна»). Третій місяць компостування також характеризувався низькою чисельністю мікроміцетів: від 2,0 до 9,0 тис. КУО/г сухого субстрату для ОСВ СБО «Південна» та від 3,9 до 11,3 тис. КУО/г сухого субстрату для ОСВ СБО «Північна».

Чисельність оліготрофної мікрофлори була незначною (*табл. 3.7.2–3.7.4*), що вказує на достатню кількість поживних речовин,



а



б

Рис. 3.7.4. **Динаміка розвитку мікроорганізмів у компостах:** *а* – стрептоміцети; *б* – спорові мікроорганізми; *1* – ОСВ; *2* – ОСВ + солома; *3* – ОСВ + солома + штам № 1; *4* – ОСВ + солома + штам № 2; *5* – ОСВ + лушпиння; *6* – ОСВ + лушпиння + штам № 1; *7* – ОСВ + лушпиння + штам № 2; ПДС – СБО «Південна»; ПНС – СБО «Північна»

які необхідні для життєдіяльності мікробоценозу, оскільки оліготрофна мікрофлора інтенсивно розвивається у збіднених субстратах, що зумовлено їх трофічною специфічністю та відсутністю конкуренції.

Отже, одержані результати чисельності мікроорганізмів, що належать до різних еколого-трофічних груп, свідчать, що компости

Таблиця 3.7.2. **Чисельність оліготрофів та індекс оліготрофності (ІО) першого місяця компостування**

Субстрат	Чисельність оліготрофів			
	СБО «Південна»		СБО «Північна»	
	10^4 КУО/г с. с.*	ІО	10^4 КУО/г с. с.	ІО
ОСВ	35,0±1,6	0,08	23,0±2,0	0,09
ОСВ + солома	34,0±1,3	0,05	12,0±1,3	0,02
ОСВ + солома + штам № 1	43,0±2,0	0,07	37,0±1,3	0,09
ОСВ + солома + штам № 2	44,0±2,3	0,09	30,0±1,0	0,05
ОСВ + лушпиння	46,0±1.7	0,09	11,0±1,8	0,03
ОСВ + лушпиння + штам № 1	58,0±4,0	0,10	15,0±2,1	0,02
ОСВ + лушпиння + штам № 2	51,0±4,4	0,09	15,0±1,3	0,03

* Тут і в *табл. 3.7.3, 3.7.4* с. с. – сухий субстрат.

Таблиця 3.7.3. **Чисельність оліготрофів та індекс оліготрофності (ІО) другого місяця компостування**

Субстрат	Чисельність оліготрофів			
	СБО «Південна»		СБО «Північна»	
	10^4 КУО/г с. с.	ІО	10^4 КУО/г с. с.	ІО
ОСВ	14,0±1,0	0,010	26,0±3,9	0,20
ОСВ + солома	57,0±6,1	0,030	36,0±2,9	0,10
ОСВ + солома + штам № 1	73,0±4,3	0,030	88,0±3,3	0,10
ОСВ + солома + штам № 2	80,0±2,3	0,003	76,0±6,7	0,09
ОСВ + лушпиння	9,0±2,3	0,005	28,0±1,6	0,05
ОСВ + лушпиння + штам № 1	16,0±1,6	0,008	38,0±1,8	0,05
ОСВ + лушпиння + штам № 2	13,0±0,6	0,007	69,0±6,0	0,10

на основі ОСВ є субстратом, який сприяє розвитку амоніфікаторів і бактерій, що утилізують мінеральний азот. Водночас у компостах відмічено посилений розвиток представників інших груп мікроорганізмів, що оптимізує мінеральне живлення рослин. Оскільки ОСВ передбачається використовувати на полях у нормах, які рекомендовано для традиційного органічного добрива, можливо передбачити,

Таблиця 3.7.4. **Чисельність оліготрофів та індекс оліготрофності (ІО) третього місяця компостування**

Субстрат	Чисельність оліготрофів			
	СБО «Південна»		СБО «Північна»	
	10^4 КУО/г с. с.	ІО	10^4КУО/г с. с.	ІО
ОСВ	17,0±1,1	0,4	28,0±2,3	0,2
ОСВ + солома	17,0±0,0	0,09	30,0±1,3	0,1
ОСВ + солома + штам № 1	68,0±2,0	0,3	73,0±3,1	0,3
ОСВ + солома + штам № 2	74,0±3,1	0,2	75,0±3,2	0,2
ОСВ + лушпиння	21,0±0,6	0,3	35,0±1,1	0,3
ОСВ + лушпиння + штам № 1	26,0±2,3	0,2	42,0±2,0	0,2
ОСВ + лушпиння + штам № 2	25,0±1,0	0,2	50,0±1,1	0,2

що ОСВ та компости на їх основі можна застосовувати для удобрення і ґрунтополіпшення в сільськогосподарському виробництві.

При компостуванні ОСВ з різними наповнювачами (за внесення бактеріальних суспензій та без них) було встановлено різні показники вмісту водорозчинних сполук фосфору (рис. 3.7.5).

Так, наприкінці компостування (через 90 днів) у всіх зразках, що досліджували, відбулося зростання кількості водорозчинних форм фосфатів. Компостування осадів за участі активних штамів № 1 і № 2 сприяло достовірному збільшенню вмісту водорозчинного фосфору порівняно з контролем (ОСВ). Інтродукція до компосту селекціонованих штамів забезпечила зростання водорозчинного фосфору на 93,4 % порівняно з контролем (ОСВ) в ОСВ СБО «Південна» з лушпинням насіння соняшнику. У варіантах ОСВ СБО «Північна» найкращі показники водорозчинного P_2O_5 визначено у компостах із соломою (*табл. 3.7.5, 3.7.6*).

Як видно із таблиць, кращі агрохімічні показники ОСВ СБО «Південна» в досліді з наповнювачем – лушпиння насіння соняшнику, а ОСВ СБО «Північна» у досліді з наповнювачем – солома.

Проведені модельні досліди свідчать, що серед селекціонованих фосфатмобілізувальних мікроорганізмів не можливо виділити найактивнішого. Ці бактерії активно розвиваються у компостах на основі ОСВ та однаково активно розчиняють фосфати. Подальше

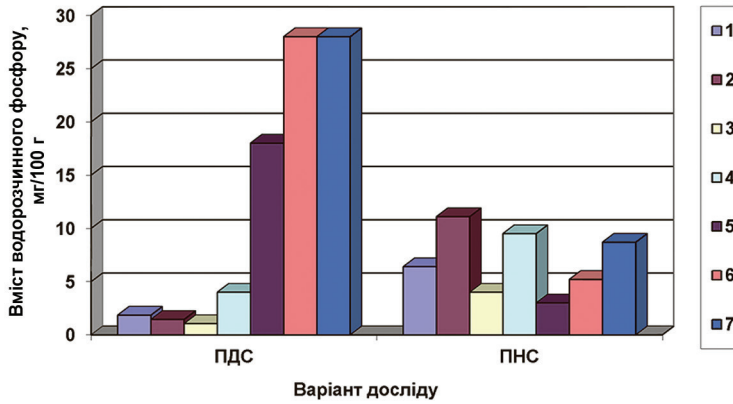


Рис. 3.7.5. **Уміст водорозчинних сполук фосфору в компостах:** *1* – ОСВ; *2* – ОСВ + солома; *3* – ОСВ + солома + штам № 1; *4* – ОСВ + + солома + штам № 2; *5* – ОСВ + лушпиння; *6* – ОСВ + лушпиння + штам № 1; *7* – ОСВ + лушпиння + штам № 2; ПДС – СБО «Південна»; ПНС – СБО «Північна»

застосування селекціонованих фосфатмобілізувальних бактерій у технології компостування потребує вивчення їх властивостей, зокрема морфологічних, фізіолого-біохімічних особливостей.

Вивчено морфологічні та фізіолого-біохімічні особливості штамів № 1 і № 2. Встановлено, що вегетативні клітини природних ізолятів – прямі, аспорогенні палички. У молодих культурах тонкі поодинокі палички, розміром від 0,4–0,8 · 10^{-6} до 1,0–2,5 · 10^{-6} м. У старих культурах палички дещо коротші.

Аероби, метаболізм дихальний, каталазопозитивні культури зберігаються на м'ясо-пептонному агарі (МПА) під мінеральною олією до шести місяців. Засвоюють глюкозу, арабінозу. Не гідролізують желатин та крохмаль. Значення pH для культивування штаму – в межах від 6,5 до 7,5. На агаризованому МПА за температури (28 ± 2) °С утворюють колонії слизової консистенції, іноді – з жовтуватою пігментацією. Штами з рістстимулювальною дією. На середовищі Муромцева розчиняють фосфати з утворенням зон гало. Активність штамів визначається на середовищах з P_2O_5.

За складом клітинних кислотних ліпідів визначено таксономічний статус одного активного штаму з фосфатмобілізувальними

Таблиця 3.7.5. **Агрохімічна характеристика компостів на основі ОСВ СБО «Південна»**

Субстрат	Показники, що досліджували							
	Валові, %				Рухомі, мг/100 г			
	зола	P_2O_5	Ca	Mg	Ca	Mg	P_2O_5	$N–NO_3$
ОСВ	63,54	0,379	0,916	0,437	680	157,5	1,85	130
ОСВ + солома	34,18	0,385	2,531	1,770	260	73,5	1,45	90
ОСВ + солома + + штам № 1	36,59	0,354	2,439	0,127	204	73,5	1,05	80
ОСВ + солома + + штам № 2	48,24	0,346	2,531	1,770	344	84,0	4,0	45
ОСВ + лушпиння	24,29	0,462	1,257	0,500	440	308	18,0	236
ОСВ + лушпиння + + штам № 1	20,45	0,421	1,454	0,517	452	294	28,0	230
ОСВ + лушпиння + + штам № 2	22,37	0,408	4,895	0,368	520	280	28,0	168

Таблиця 3.7.6. **Агрохімічна характеристика компостів на основі ОСВ СБО «Північна»**

Субстрат	Показники, що досліджували							
	Валові, %				Рухомі, мг на 100 г			
	зола	P_2O_5	Ca	Mg	Ca	Mg	P_2O_5	$N–NO_3$
ОСВ	33,33	0,409	0,952	0,417	500	175	6,4	90
ОСВ + солома	24,68	0,420	1,039	0,273	660	213,5	11,1	196
ОСВ + солома + + штам № 1	23,08	0,415	1,285	0,224	500	175	4,0	180
ОСВ + солома + + штам № 2	17,28	0,416	0,988	0,216	540	231	9,5	188
ОСВ + лушпиння	23,46	0,420	1,086	0,561	380	192,5	3,0	98
ОСВ + лушпиння + + штам № 1	17,98	0,371	0,989	0,511	320	157,5	5,2	96
ОСВ + лушпиння + + штам № 2	27,5	0,438	1,251	0,394	480	175	8,7	100

властивостями. Штам № 1 віднесено до роду *Microbacterium* і він може бути застосований як біотехнологічний агент для виробництва біоорганічного добрива нового покоління завдяки здатності до продукування фосфаторганічних комплексних сполук, які доступні для рослин. Реєстраційний номер, який надано штаму мікроорганізму Депозитарієм Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України, – *ІМВ В-7691*.

Штам *Microbacterium barkeri ЛП-1* за отриманими результатами вірулентності (lg LD*50 per os* > 9) без урахування рівнів токсичності, токсигенності, алергенності, дисбіотичної дії та за відповідними нормативними матеріалами належить до групи авірулентних мікроорганізмів, які не здатні до дисемінації у тканини внутрішніх органів досліджених теплокровних тварин (мишей).

Щодо іншого селекціонованого активного штаму фосфатмобілізувальних бактерій, який активно трансформує фосфати (штам № 2), то в подальшому проводитимуться дослідження та буде підготовлено пакет документів для його депонування.

Надалі на меті стояло оптимізувати технологію компостування за участі *Microbacterium barkeri ЛП-1*. Відомі різні технології отримання біодобрив на основі ОСВ. Але у всіх є якісь недоліки, тому, враховуючи їх, вирішено вдосконалити спосіб одержання біоорганічного добрива на основі ОСВ з підвищеним вмістом водорозчинних форм фосфору та елементів живлення.

Така технологія виробництва біоорганічного добрива на основі ОСВ включає в себе: змішування з наповнювачами органічного походження (соломою пшениці озимої або лушпинням насіння соняшнику), розрахунок співвідношення вуглецю до азоту – 25:1, з подальшим компостуванням, а після двомісячного компостування субстрату з вологістю 60–70 % додаткове внесення штаму *Microbacterium barkeri ЛП-1*.

За результатами досліджень відпрацьовано оптимізовану технологію компостування твердих комунальних відходів із вуглецевмісними рослинними наповнювачами у вигляді твердих відходів с.-г. виробництва (солома пшениці озимої, лушпиння насіння соняшнику) з включенням у технологічний процес нового біотехнологічного елемента – інтродукції нового штаму *Microbacterium barkeri ЛП-1*

з підвищеними фосфатмобілізувальними властивостями. Застосування цього нового біотехнологічного прийому (інтродукція нового штаму з підвищеними фосфатмобілізувальними властивостями у ферментовану сировину) в оптимізованій технології біотермічної переробки компостних сумішей на основі ОСВ дає змогу здійснити керування процесом компостування відходів (прискорювати процеси компостування) та забезпечувати покращення якісних показників готового компосту.

Добрива, які отримано в результаті компостування органічного субстрату за участі бактерій з фосфатмобілізувальними властивостями *Microbacterium barkeri ЛП-1,* випробовували при вирощуванні кукурудзи на зерно. Результати польових дослідів показали, що органічні добрива на основі ОСВ позитивно впливають на ґрунтовий біоценоз.

Якщо загальну кількість мікроорганізмів у польовому досліді при застосуванні біодобрива прийняти за 100 %, то найбільший відсоток – 62 % припадає на кількість мікроорганізмів, які споживають органічний азот, що свідчить про активізацію мікробіоти у чорноземі звичайному за умов наявності поживного субстрату у вигляді органічної речовини (біодобрив). Дослідження чисельності спорових підтвердили припущення, що біодобрива на основі ОСВ сприятливі для розвитку спорових мікроорганізмів, оскільки в їх складі є необхідні вуглецеві субстрати та зв'язані сполуки азоту. Чисельність цієї групи мікроорганізмів становить 23 %. На фосфатмобілізувальні мікроорганізми припадає 10 %. Група мікроорганізмів, які споживають мінеральний азот, становила 2 %. Чисельність оліготрофної мікрофлори, мікроміцетів та стрептоміцетів була незначною і становила по 1 % .

Доцільно зауважити, що при внесенні компостів, які отримано за участі мікроорганізмів, зростає об'єм коренів кукурудзи (рис. 3.7.6). Збільшення об'єму коріння є позитивним показником, оскільки він корелює зі зростанням адсорбційної поверхні коренів, а це забезпечує краще поглинання води та поживних речовин із ґрунту.

Одним із важливих показників родючості ґрунту вважається її біологічна активність, яку було визначено при застосуванні біодобрив на основі ОСВ аплікаційними методами.



Рис. 3.7.6. **Вплив різних видів удобрення на коренеутворення кукурудзи:** *1* – компост ПДС + шт. № 1; *2* – компост ПНС + шт. № 1; *3* – гній великої рогатої худоби; *4* – компост ПНС + шт. № 2; *5* – компост ПДС + шт. № 2; *6* – ОСВ нативні ПДС; *7* – $N_{100}P_{60}K_{60}$; *8* – ОСВ нативні ПНС; *9* – без удобрення; *10* – компост ПНС + шт. № 1 + $P_{60}K_{60}$; *11* – компост ПДС + шт. № 1 + $P_{60}K_{60}$; *12* – компост ПНС + шт. № 2 + $P_{60}K_{60}$; *13* – компост ПДС + шт. № 2 + $P_{60}K_{60}$

За період досліджень розкладання льняної тканини визначено найбільшим за внесення добрива (ОСВ ПНС + солома + *M. b.*), яке у шарі 0–20 см становило 25,3 %, що на 12,3 % було вищим порівняно з контрольним варіантом. За внесення добрива (ОСВ ПНС+ лушпиння + *M. b.*) ступінь розкладання льняної тканини становив 23,5 %, що на 10,5 % було вищим порівняно з контролем (без добрив). За внесення добрива на основі ОСВ СБО «Південна» + солома + лушпиння ступінь розкладання льняної тканини був майже однаковий, та становив 24,1 і 24,7 %, що на 11,1 і 11,7 % відповідно був вищим за контрольний варіант.

Установлено, що за основного внесення всіх досліджуваних видів органічних добрив (ОСВ та компости на їх основі) під кукурудзу на зерно забезпечується підвищення врожайності культури. Але найвищі показники врожайності культури забезпечило застосування добрив на основі ОСВ за участі фосфатмобілізувальних мікроорганізмів. При цьому агрозаході підвищується врожайність кукурудзи на 31,6 % (добриво на основі ОСВ СБО «Південна» +

+ солома + *M.b.*), на 33,0 (добриво на основі ОСВ СБО «Південна» + + лушпиння + *M.b.*), на 48,4 (добриво на основі ОСВ СБО «Північна» + солома + *M.b.*) та на 50,0 % (добриво на основі ОСВ СБО «Північна» + лушпиння + *M.b.*) відносно контролю (без добрив).

Висновки

1. У результаті проведених комплексних досліджень було обґрунтовано доцільність застосування органовмісних відходів різного походження (техногенних – ОСВ, природних – рослинні відходи) для біотехнологічної переробки з метою отримання екологічно безпечних і якісних біодобрив.

2. Із ОСВ СБО (м. Одеса) виділено перспективні активні штами з фосфатмобілізувальними властивостями, які здатні до вивільнення доступних форм фосфатів із компостних сумішей на основі ОСВ.

3. Досліджено мікробіологічні й агрохімічні властивості нових біодобрив на основі ОСВ двох СБО (м. Одеса) з вуглецевмісними наповнювачами за інтродукції селекціонованих мікроорганізмів. У результаті встановлено здатність цих мікроорганізмів до вивільнення доступних форм фосфатів із органовмісних субстратів, що у подальшому дало змогу відпрацювати технологію виробництва органічних добрив.

4. Досліджено, що застосування біодобрив за відпрацьованою технологією їх виробництва при вирощуванні кукурудзи впливає на збільшення кількісних характеристик мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп, що покращує ріст і розвиток рослин. Ця обставина забезпечує приріст врожайності кукурудзи на зерно в середньому на 48 %.

5. Біодобрива, створені в умовах виробництва та застосування недостатньої кількості органічних добрив, можуть значно підвищити родючість ґрунтів та впливати на підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

6. Подальші дослідження буде спрямовано на вивчення особливостей застосування біодобрив на основі ОСВ. Адже використання біодобрив має забезпечити, з одного боку, розкриття потенціалу продуктивності вирощуваної культури, а з другого, – сприятиме покращенню агрохімічного й екологічного стану ґрунту та охорони

навколишнього природного середовища. Наразі проводяться дослідження ефективності застосування біодобрив при вирощуванні фундука в умовах Південного Степу України.

Список використаних джерел до підрозділу 3.7

1. *Носко Б. С.* До питання про формування фосфатного фонду ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство.* 2017. 86. С. 87–92.
2. *Ященко Л. А., Осецька А. С.* Динаміка сполук фосфору в лугово-чорноземному карбонатному ґрунті після дії добрив у сівозміні. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія: Грунтознавство, агрохімія, землеробство, лісне господарство*. 2013. № 2. С. 100–104.
3. *Токмакова Л. М.* Мікробні препарати для поліпшення фосфатного живлення, підвищення урожайності та цукристості коренеплодів цукрових буряків. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2006. Вип. 4. С. 126–136.
4. *Гаценко М. В.* Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2014. Вип. 19. С. 11–20.
5. *Мікробні* препарати в землеробстві. Теорія і практика: монографія; за ред. В. В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
6. *Гриник І. В., Патика В. П., Шкатула Ю. М.* Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2011. № 4. С. 7–11.
7. *Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В. та ін.* Формування родючості ґрунту в умовах органічного землеробства. *Вісник ПДАА.* 2019. № 3. С. 85–91.
8. *Камінський В. Ф. та ін.* Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення; за ред. В. Ф. Камінського. Київ: ВП «Едельвейс», 2015. С. 41–42.
9. *Дегодюк С. Е. та ін.* Органо-мінеральні біоактивні добрива – перспектива для відтворення родючості ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство.* 2010. Кн. 1. С. 39–45.
10. *Гаценко М. В., Волкогон В. В., Токмакова Л. М., Луценко Н. В.* Мікробіологічні аспекти біокомпостування гною ВРХ з фосфоритами за участю фосфатмобілізувальних бактерій. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. № 11. С. 75–89.
11. *Евилевич А. З., Евилевич М. А.* Утилизация осадков сточных вод. Ленинград: Стройиздат, Ленингр. отд., 1988. 248 с.
12. *Стічні* води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрювання: ДСТУ 7369:2013. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с.

3.8. Розведення мухи чорна львинка у штучних умовах для переробки харчових відходів

Молчанова О. Д., Гурінчик В. Д.
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Основна причина нагромадження великої кількості відходів у результаті сільськогосподарської діяльності, а також викидів, спричинених цими відходами, полягає у незадовільній організації роботи щодо їх утилізації. Розв'язанням цієї екологічної проблеми може стати переробка органічних відходів за допомогою личинок *Hermetia illucens* L.

Значну загрозу навколишньому середовищу в Україні завдають великі тваринницькі і птахівницькі комплекси. Територія України характеризується надзвичайно високими показниками освоєння сільського господарства, тому розв'язання проблеми скорочення утворення парникових газів внаслідок сільськогосподарської діяльності має істотне значення.

Переробка органічних відходів за допомогою личинок *Hermetia illucens* L. з подальшим використанням личинок як повноцінного корму для тварин є перспективним та актуальним напрямом досліджень.

Чорна львинка – утилізатор відходів

Hermetia illucens Linnaeus, 1758 або Чорний солдат (*Black Soldier Fly*) – це представник ряду *Diptera,* родини Львинок (*Stratiomyidae*) належить до підряду (*Brachycera Ortorrhapha*) та інфрапідряду (*Stratiomyomorpha*) [1]. Природне поширення – це Північна та Південна Америка, зараз *Hermetia illucens* трапляються в усьому світі у тропічних та помірних регіонах, але невитриманість до холоду унеможливлює їх поширення на території Північної Європи [2]. Як правило, акліматизується до тропічного, субтропічного та помірного клімату, проте тільки у весняні та літні місяці (квітень–жовтень) [3].

Основним постачальником харчових продуктів для населення є сільське господарство, при тому як зростає населення світу, сільське

господарство також збільшується. Але коли сільське господарство зростає у всьому світі, викиди парникових газів із тваринництва та поклади різноманітних відходів сільського господарства також починають зростати. Складовими газових викидів є вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) та оксид азоту (N_2O) [4].

Територія нашої країни вирізняється надзвичайно високими показниками освоєння сільського господарства та при цьому нездатністю утилізувати відходи супермаркетів, фермерських господарств, зерносховищ і побутові відходи. Тому розв'язанням екологічної проблеми може стати переробка органічних відходів за допомогою личинок *Hermetia illucens* L. з подальшим використанням їх як повноцінного корму для тварин, удобрення земель та підживлення рослин.

Личинки містять корисні органічні сполуки та елементи, %: протеїн (42,1), сира клітковина (7,0), волога (7,9), вільний екстракт азоту (1,4), зола (14,6), кальцій (5,0), фосфор (1,5) [5]. Вони здатні накопичувати ліпіди до 34,8 % зі свого раціону для використання як енергії дорослим мухам без споживання їжі до такої міри, що їх можна перетворити в біодизель [6]. Добавка з личинок *H. illucens* (50 %) до корму не чинить негативного впливу на яйця курей, тому вони можуть стати заміною корму для домашніх птахів, забезпечуючи доданий білок, який можна вирощувати на гною тих самих птахів, що їх споживають, одночасно утилізуючи відходи [7].

Комахи належать до небагатьох видів безхребетних, здатних цілодобово розвиватися в чистій культурі у замкненому просторі, а також, що є не менш важливим для промислового виробництва, здатні ефективно розвиватися у штучно створених умовах. Дотримання всіх цих умов дає можливість використання *Hermetia illucens* у біотехнологічних цілях, що є однією з основних переваг їхнього використання [8]. Як представник багатих поживними речовинами екосистем, розвивається у відходах, що розкладаються, зокрема гнилих фруктах та овочах [3].

Мухи *Hermetia illucens* викликають інтерес у сучасному світі як утилізатор органічних відходів. Відходи – це проблема, розв'язання якої є актуальним питанням сьогодення. Проблема з накопичення відходів визнана більшістю розвинених країн світу. Суспільство

все більше усвідомлює стан навколишнього середовища і шкоду, яку людина йому завдає [9]. Для подолання цієї проблеми удосконалюють способи утилізації відходів, запроваджують процедури їх переробки, технології біологічного очищення та спалювання [4].

Велике значення полягає у накопиченні органічних відходів, включаючи тваринний перегній, рослинні рештки, осади фекалій, відходи харчової промисловості, біологічні речовини і побічні продукти сільського господарства [10]. Різноманітність субстратів, що здатні переробляти личинки *H. illucens*, та ефективність, з якою вони це роблять, викликає до них багато уваги.

Актуальним є вивчення екологічних особливостей *H. illucens* та розробка методики розведення у штучних умовах культури *Hermetia illucens* L. *(Diptera: Stratiomyida*e). Розробка методики дає змогу утилізувати органічні та харчові відходи за допомогою личинок мухи чорна львинка та використовувати їх як наведено раніше.

Додатковою перевагою при використанні личинок чорної львинки є їх здатність значно знижувати вміст шкідливих бактерій в органічних відходах, оскільки агресивні травні виділення личинок пригнічують розвиток величезної кількості бактерій і інших патогенних мікроорганізмів. Використання личинок *Hermetia illucens* для обробки органічних відходів пропонується як перспективна й ефективна технологія [11, 12]. Личинки є джерелом перетворення органічних відходів у добриво – зоогумус.

Завдяки невибагливості личинки чорної львинки здатні переробляти різноманітні види відходів [13], а отриманий після такої переробки субстрат можна використати як добрива для вирощування рослин [14]. Технологія видалення органічних залишків з використанням *H. illucens* більш ефективна ніж традиційні технології компостування та ґрунтується на здатності личинок мухи у найкоротші терміни знищувати великі маси різних органічних відходів.

Поїдаючи відходи, личинки чорної львинки за кілька днів знижують масу відходів у два–три рази. Екологічна вигода від використання ентомологічних технологій переробки харчових відходів безсумнівна. Впровадивши ентомологічні технології в переробку харчових (і не тільки) відходів, можливо в рази знизити складування і величезні поклади непереробленої сировини.

У результаті переробки харчових та різних органічних відходів сільського господарства личинками мух виходить:

- чисте довкілля – виробництво перетворює потенційно небезпечні відходи в цінні продукти і, при цьому, сама не виробляє ніяких відходів, за винятком невеликої кількості вуглекислого газу;
- білково-ліпідний комплекс – замінник рибного, м'ясо-кісткового, пір'яного і т.п. борошна в повнораціонних кормах для риби, птиці, тварин. У більшості випадків може без обмежень застосовуватися і як самостійний корм;
- багатий хітином і меланіном підмор імаго, а також, що залишилися після виходу мух пупарії, – це виробництво полімерів, що біорозкладаються, фармацевтична та харчова промисловість;
- органічне добриво зоогумус/зоокомпост – унікальне природне добриво ґрунту, яке можна використовувати для виробництва екологічно чистої овочевої продукції (чи іншої продукції рослинництва) в чистому вигляді, а також може слугувати сировиною для виробництва різних гумусових витяжок і рідких органо-мінеральних комплексів, які можна буде використати у промисловому рослинництві.

Промислове розведення виду *H. illucens* відбувається переважно у країнах з теплим кліматом, у вольєрах, розташованих на відкритому повітрі. Це пояснюється деякими труднощами при розведенні чорної львинки у приміщенні і з високою вимогливістю імаго цього виду до освітлення [15, 16].

В основу експерименту було покладено загальноприйняті методики екологічних та ентомологічних досліджень [17, 18]. Ретельний добір матеріалу для досліджень – це перший і основний етап створення культури комах. Від його успішного проведення залежить ефективність реалізації програми технічної ентомології [18]. Оптимальні умови для утримання популяції та отримання найвищих біологічних показників: температура повітря від 25 до 27 °С, відносна вологість повітря від 60 до 70 %, фотоперіод 12 год день і 12 год ніч [18]. Проблему додаткового освітлення було реалізовано за допомогою ламп денного освітлення. Для контролю було використано висівки пшеничні як стандартний корм.

Під час досліджень враховували такі біологічні показники:

- життєздатність личинок, %;
- терміни розвитку від яйця до імаго;
- середню масу личинки старшого віку, мг;
- середню масу лялечки, мг; кількість використаного корму, г;
- кількість субстрату, що залишилась після переробки субстрату, г.

Для вивчення можливості утилізації харчових відходів личинками та отримання найбільш життєздатного біоматеріалу мух було закладено низку дослідів з використання як корму для личинок різних органічних залишків. Для відгодування личинок було випробувано кормові субстрати на основі соломи з додаванням різноманітних овочів, фруктів та макухи. Приготування суміші відходів відбувалося через ретельне змішування сухих компонентів із додаванням невеликої кількості води. Дослід проводили з постійним контролем біотичних та абіотичних параметрів.

Дослідження розведення комахи на відходах рослинного походження

Для проведення досліджень було використано штучну популяцію *H. illucens,* що підтримується у лабораторії ІТІ «Біотехніка» НААН.

Упродовж життєвого циклу муха проходить чотири стадії: яйце, личинка, лялечка та імаго [19]. Личинки мухи за кольором блідо-жовті (рис. 3.8.1). Личинки, зазвичай, виростають до 18–20 мм [20]. Зазначено, що в останній віковій групі вони здатні досягати розміру 27 мм. Передлялечки змінюють свій колір від білувато-жовтого до темно-коричневого [21, 22].

Дорослі особини *H. illucens* сягають розмірів від 15 до 20 мм. Маючи жирове тіло, яке сформоване на стадії личинки, імаго не мають потреби в харчуванні, тому ротовий апарат лижучого типу слабо виражений (рис. 3.8.2) та придатний тільки для споживання води. Органи травлення відсутні, що унеможливлює безпосереднє споживання їжі.

Експерименти проводили в інсектарному боксі за оптимальних для виду гігротермічних умов – температура повітря 25–27 °С,



Рис. 3.8.1. **Личинки *H. illucens* 3-го віку**



Рис. 3.8.2. **Імаго *H. illucens***

відносна вологість 55–65 % за стандартними методиками роботи з комахами [23–25]. У кожному варіанті по три повторності.

Дослід проводили з різними варіантами поживного субстрату для вирощування личинок на:

- пшеничних висівках (контроль);
- жомі (картопляному, виноградному, буряків цукрових, яблук);
- відходах виробництва (олії (макуха), грибів);
- овочевих рештках;
- некондиційних овочах (кабачки, суміш картоплі, моркви, капусти);
- некондиційних плодах (шовковиці, сливи, винограду);
- суміші некондиційних кавуна та дині;
- кукурудзі (обрушених качанах, сухих стеблах);
- бадиллі (картопляному, огірковому);
- некондиційних хлібних злаках;
- соломі (пшеничній, ячмінній);
- стеблах, листях, головах соняшнику.

Відомо, що яйцекладки мухи відкриті, яйця м’які, прикріплені до субстрату та склеєні між собою виділеннями статевих залоз, вилучення окремих яєць без пошкоджень ускладнено, тому добір матеріалу для дослідів проводили на стадії личинки першого віку.

Різні види рослинних відходів розміщували в садках розміром 127×95×100 мм по 200 г відходів у кожному варіанті. Харчовий субстрат був м’якої вологої консистенції. Для цього у відходи за необхідності додавали невелику кількість води та ретельно

перемішували. У кожний садок з середовищем додавали по 500 шт. личинок.

При поїданні личинками субстрату додавали новий корм, який був попередньо зважений. Час годування визначали візуально за зовнішнім виглядом середовища або за станом личинок, які у пошуку корму піднімалися на поверхню субстрату.

Під час досліду визначали такі показники:

- середню масу личинок однієї вікової групи, мг;
- середню масу лялечок, мг;
- життєздатність личинок, %;
- тривалість розвитку від стадії яйця до стадії передлялечки, діб.

Середню масу личинок в усіх варіантах досліду визначали як середнє арифметичне від маси зважених 30 особин у триразовій повторності. Для збирання передлялечок садки з личинками встановлювали у лотки розміром 150×130×50 мм.

Під час проведення досліджень фіксували термін перетворення личинок у передлялечки, підраховували кількість отриманих передлялечок. Життєздатність личинок визначали як співвідношення кількості передлялечок до кількості личинок, яких внесено у субстрат, виражене у відсотках.

Установлено, що на відходах грибів, жомі буряків цукрових, соломі колосових (пшениця та ячмінь) розвиток мухи практично не відбувався, було зафіксовано лише одиничні екземпляри личинок першого віку (*табл. 3.8.1*). Також досить низькі показники життєздатності спостерігалися при вирощуванні личинок на картопляному та огірковому бадиллі – 21 і 23 % відповідно, сухих стеблах кукурудзи – 28 % та обрушених кукурудзяних качанах – 35 %.

Достовірно висока ($p<0,001$) життєздатність спостерігалася у варіантах годування пшеничними висівками – 96 %, макухою – 84, сумішшю кавун + диня некондиційними – 95, кабачками некондиційними – 92, сумішшю картопля + морква + капуста некондиційними – 91; злаками хлібними некондиційними – 84 %. В інших варіантах життєздатність становила від 50 до 80 %.

Достовірно вищу ($p<0,01$) відносно інших варіантів відмічено середню масу личинок та лялечок при вирощуванні на середовищах

Таблиця 3.8.1. **Біологічні показники *H. illucens* при вирощуванні на відходах рослинного походження**

Склад поживного субстрату	Середня маса, мг		Життєздатність личинок, %	Тривалість розвитку, до стадії передлялечки ±2
	личинки старшого віку	лялечки		
Висівки (контроль)	270±1,5**	160±0,14	96±3,8*	30
Картопляний жом	170±1,3	110±0,11	71±1,8	51
Макуха	175±1,2	150±0,12	84±3,0*	38
Відходи від грибів	–	–	–	–
Жом: виноградy	90±3,2	65±0,11	78±2,1	37
буряків цукрових	–	–	–	–
яблук	130±2,1	93±0,12	58±1,1	44
Обрізки та очистки овочеві	230±2,4**	210±0,52	76±2,0	41
Плоди: шовковиці (некондиційні)	100±1,2	60±0,14	49±1,4	54
сливи (некондиційні)	110±1,5	70±0,12	83±2,7	71
Виноград (некондиційний)	120±2,3	70±0,11	71±1,7	47
Качани кукурудзи обрушені	100±1,1	63±0,13	35±1,2	–
Стебла кукурудзи сухі	60±2,1	40±0,11	28±1,0	53
Кавун + диня (некондиційні)	210±5,2**	180±0,14	95±3,7*	–
Кабачки (некондиційні)	160±1,4	90±0,12	92±3,4*	60
Картопля + морква + + капуста (некондиційні)	150±2,3**	100±0,12	91±3,0*	55
Бадилля: картопляне	90±1,7	60±0,11	21±0,6	–
огірків	50±1,6	290±0,17	23±0,7	–
Злаки хлібні (некондиційні)	300±1,9**	220±0,15	84±2,8*	35
Солома: пшениці	50±1,7	30±0,15	–	–
ячменю	–	–	–	–
Стебла, листя, голови соняшника	120±1,2**	110±0,11	7±0,2	–

* $p<0,001$ відносно варіантів з низькою життєдіяльністю; ** $p<0,01$ відносно інших варіантів.

з висівок; обрізків та очисток овочевих; суміші кавун + диня некондиційних; картоплі + моркви + капусти некондиційних; злаків хлібних некондиційних; стебел, листя та голів соняшника (див. *табл. 3.8.1*).

За результатами досліджень визначено, що термін розвитку мухи чорна львинка на відходах сільського господарства рослинного походження різного типу відрізняється. У контролі при культивуванні на висівках пшениці він тривав 30 діб, тоді як на злаках хлібних некондиційних був більше на 5 діб. Відносно короткий термін розвитку спостерігався при використанні виноградного жому та макухи – 37 і 38 діб відповідно.

Найбільший термін спостерігався при вирощуванні на фруктах некондиційних (слива) – 71 доба. Встановлення причин такого явища потребують подальших досліджень. А відтак можна стверджувати, що різна поживна цінність субстрату зумовлює відмінності у біологічних показниках культури комах.

Було встановлено ефективність використання мухи чорна львинка для переробки різноманітних видів відходів сільського господарства рослинного походження. Однак при цьому має бути враховано різну тривалість процесу переробки для кожного виду відходів.

Розведення мухи чорна львинка у штучних умовах

Розведення мухи чорна львинка здійснюють за схемою, наведеною на рис. 3.8.3. Інкубацію яєць проводять у спеціальному пристрої за температури повітря 26 °С та відносній вологості повітря 60 %. Пристрій виготовлено з нержавіючої сталі завтовшки 1 мм. Він має перфоровану поверхню Ø 190 мм (отвори – Ø 3 мм). На відстані від центру рівномірно розташовано 4 опори заввишки 40 мм. Опори кріпляться до поверхні гвинтами з гайками. На поверхню листа встановлюють капронову сітку Ø 100 мм з вічками не менш 1×1 мм.

Для виготовлення середовища використовують пшеничні висівки масою 100 г та окріп у кількості 180 мл. Компоненти ретельно змішують та чекають, коли поживне середовище досягне температури приміщення. Поживне середовище розташовують у прямокутну пластикову ємність з бортиками 550×430×100 мм, круглим

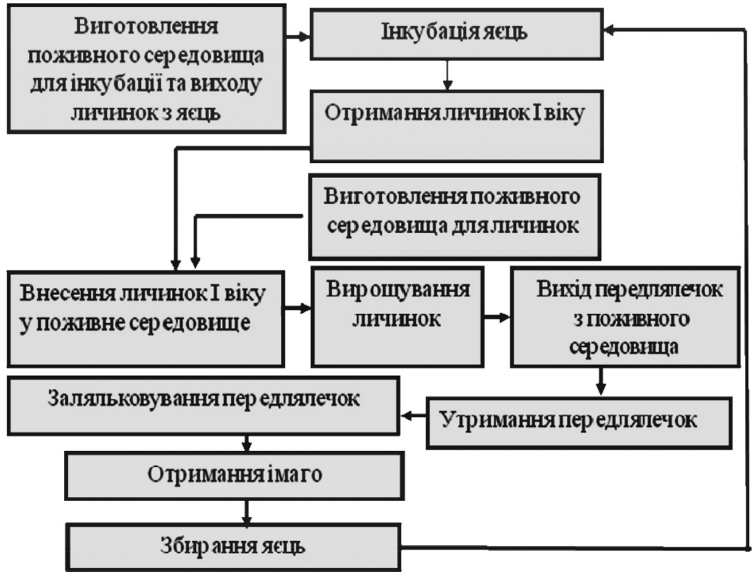


Рис. 3.8.3. **Схема процесу розведення мухи чорна львина**

шаром Ø 200 мм, заввишки 20 мм, навколо шару доріжкою сиплять сухі висівки. Всередину зверху поживного середовища встановлюють пристрій для інкубації яєць. Яйця чорної львинки розташовують на сітці. Після відродження личинок з яєць вони потрапляють через сітку до поверхні пристрою, а потім проникають у поживне середовище (рис. 3.8.4).

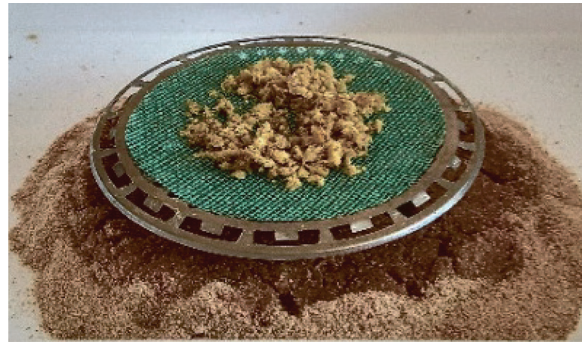


Рис. 3.8.4. **Пристрій для інкубації яєць на поживному середовищі**

Інкубація яєць триває 3–7 діб. Личинки проникають у поживне середовище та починають своє харчування. На 7-му добу в пластикові садки 355 × 260 × 160 мм фасують поживне середовище, яке складається з відходів органічного походження та додають середовище з личинками мух.

Зверху середовища розташовують чорну непрозору плівку. Комаха продовжує свій розвиток у садку до стадії передлялечки. Личинок утримують за температури повітря від 22 до 24 °С та відносній вологості повітря 65 %.

При настанні линьки, коли личинки скидають кутикулу та перетворюються на передлялечку (набувають майже чорного забарвлення), вони виходять з поживного субстрату в спеціальні ємності.

Для цього садки з предлялечками встановлюють у лотки прямокутної форми, кромку яких змазують рослинною олією. У подальшому передлялечок утримують у ємностях 145 × 110 × 105 мм з кришкою, в якій є вентиляційний отвір, що затягнуто сіткою. За температури повітря 26 °С заляльковування здійснюється від 6 до 12 діб.



Рис. 3.8.5. **Садок для імаго**

Мух у стадії імаго утримують у садках розміром 500 × 500 × × 500 мм (див. рис. 3.8.5). Він складається з каркасу, який виготовлено з дерев'яних рейок розміром 25 × 25 мм. До нижньої частини каркасу до рейок прикріплено пластикову вагонку. Інші поверхні садка обтягнуті протимоскитною сіткою. З лицьового боку інсектарію вшито під кутом 90° дві застібки-блискавки завдовжки 450 мм. Через отвір здійснюються маніпуляції з біоматеріалом.

На дно садка встановлюють ємності з лялечками, з яких вилітають імаго. У садку можливо розмістити від 7500 до 8750 шт. імаго. Довжина світлового дня повинна становити 12 год, що забезпечується завдяки штучному освітленню. У садку розташовують годівницю для імаго, з губками промоченими водою або розчином меду з масовою часткою меду 30 %, розчином цукру з масовою часткою цукру 30 %.

Перші кладки яєць з'являються на 3-й день з моменту виходу перших особин. Самки відкладають яйця в отворі смужок гофрованого картону. Одна кладка яєць містить 250–500 шт. Заміну смужок картону з кладками проводять щодня. Тривалість життя імаго становить від 10 до 20 діб.

Висновки

У штучно створених умовах було проведено дослідження розведення комахи чорна львинка на відходах рослинного походження. Визначено, що термін розвитку мухи чорна львинка на відходах сільського господарства рослинного походження різного типу відрізняється. Встановлено ефективність використання мухи чорна львинка для переробки різноманітних видів відходів сільського господарства рослинного походження, але необхідно враховувати різну тривалість процесу переробки для кожного виду відходів.

Одним із перспективних напрямів ведення сільського господарства сучасності є виробництво кормів для тварин та птахів із застосуванням комах. Подальші дослідження в цьому напрямі буде сфокусовано на розробці технології напрацювання личинок чорної львинки для використання як альтернативного білкового корму у тваринництві та птахівництві.

Список використаних джерел до підрозділу 3.8

1. *Woodley N. E., Norman E. A.* World catalog of the Stratiomyidae (*Insecta: Diptera*). Leiden: Backhuys Publishers, 2001. 473 p.
2. *Нарчук Э. П.* Новые данные по фауне мух-львинок (*Diptera, Stratiomyidae*) Монгольской Народной Республики. *Насекомые Монголии.* 1976. Т. 4. С. 463–471.
3. *Bondari K., Sheppard D. C.* Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture.* 1981. № 24. P. 103–109.
4. *Neitzert F., Steenhof P.* Canada's greenhouse gas emissions: Understanding the trends 1990–2006. Quebec: Environment Canada, 2008. P. 82.
5. *Alvarez L.* The role of black soldier fly, *Hermetia illucens* (*L.) (Diptera: Stratiomyidae)* in sustainable waste management in northern climates. *Electronic theses and dissertations*. 2012. P. 402.
6. *Leong S. Y., Kutty S. R., Malakahmad A., Tan C. K.* Feasibility study of biodiesel production using lipids of *Hermetia illucens* larva fed with organic waste. *Waste Management*. 2016. № 47. P. 84–90.
7. *Booram C. V., Newton G. L., Hale O. M., Barker R. W.* Manure as a substrate for protein production via *Hermetia illucens* larvae. *Food, fertilizer and agricultural residues*: Proceedings of the 1977 Cornell Agricultural Waste Management Conference. Ithaca: Ann Arbor Mich., 1977. P. 599–604.
8. *Ушакова Н. А., Некрасов Р. В.* Перспективы использования насекомых в кормлении сельскохозяйственных животных. *Биотехнология: состояние и перспективы развития*: материалы VIII Московского междунар. конгресса (17–20 марта 2015, г. Москва). Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. С. 147–149.
9. *Sakai S., Sawell S. et al.* World trends in municipal solid waste management. *Waste Management*. 1996. № 16. P. 341–350.
10. *Westerman P. W., Bicudo J. R.* Management considerations for organic waste use in agriculture. *Bioresource Technology*. 2005. № 96. P. 215–221.
11. *Sheppard D. C., Newton G. L.* Valuable byproducts of a manure management system using the black soldier fly. A literature review with some current results. *Animal, agricultural and food processing wastes*: proceedings of the 8th international symposium (Des Moines, Iowa, USA, 9–11 October, 2000). St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2000. P. 35–39.
12. *Newton L. et al.* Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Raleigh: North Carolina State University, 2005. 17 p.

13. *Newby R.* Use of soldier fly larvae in organic waste management. *Compost 97*: Proc. of conf. (14–15 July, 1997, Brisbane Hilton). Griffith University, 1997.
14. *Newton G. L. et al.* The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management resource recovery tool. *State of the science of animal manure and waste management*: Proc. symp. (5–7 January, 2005, San Antonio, TX, USA,). San Antonio, 2005. P. 2–17.
15. *Tomberlin J. K., Sheppard D. C.* Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (*Diptera: Stratiomyidae*) in a colony. *J. of Entomological Science*. 2002. № 37. P. 345–352.
16. *Zhang J. et al.* An artificial light source influences mating and oviposition of black soldierflies, *Hermetia illucens*. *J. of Insect Sci.* 2010. № 10. P. 202.
17. *Злотин А. З.* Техническая ентомология: справ. пособ. Киев: Наукова думка, 1989. 184 с.
18. *Злотин А. З.* Теоретические основы создания культур насекомых. *Первое всесоюзное совещание по проблемам зоокультуры*: тез. докл. Ч. 1. Москва, 1986. С. 39–42.
19. *Paola G., Anabel M. S., Santos R.* The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illuce*ns (*Diptera: Stratiomyidae)*. *Eur. J. Entomol.* 2013. V. 110(3). P. 461–468.
20. *Čičková H., Newton G. L., Lacy R. C., Kozánek M.* The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management.* 2015. № 35. P. 68–80.
21. *Fernanda O., Klaus D., Richard L., Joseph R. O.* Assessment of diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. *J. of entomology and zoology studies.* 2015. V. 3(5). P. 147–152.
22. *Diclaro I. I., Joseph W., Kaufman Phillip E.* Black soldier fly *Hermetia illucens Linnaeus* (*Insecta: Diptera: Stratiomyidae*). *Semantic scholar*. 2010. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Black-soldier-fly-Hermetia-illucens-Linnaeus-Diclaro-Kaufman/7a7c9114442e6172835606de4e9a2e2f9c816988
23. *Маркина Т. Ю., Беньковская Г. В.* Механизмы поддержания гомеостаза в лабораторных популяциях насекомых. *Экология.* 2015. № 4. С. 294–299.
24. *Маркина Т. Ю.* Новые подходы к контролю качества культур при разведении. *Вісник Дніпропетровського університету*. *Біологія, екологія*. 2016. Т. 24. Вип. 1. С. 164–172.
25. *Маркина Т. Ю.* Гомеостатические свойства искусственных популяций насекомых и способы управления их состоянием: монография. Харьков: Планета-принт, 2019. 380 с.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

БЕЛЬЧЕНКО Володимир Михайлович, ХОДОРЧУК Василь Яковлевич, ЛАВРИНЕНКО Юрій Олександрович, МАРКІНА Тетяна Юріївна, ТКАЛЕНКО Ганна Миколаївна, НІКІПЕЛОВА Олена Михайлівна, ТАРГОНЯ Василь Сергійович, КЛЕЧКОВСЬКИЙ Юрій Едуардович, МАРЧЕНКО Тетяна Юріївна, БЕСПАЛОВ Ігор Миколайович, ЯРОШЕВСЬКИЙ Владислав Петрович, ЧЕРНОВА Ірина Степанівна, ПІЩАНСЬКА Нонна Олександрівна, БУРИКІНА Світлана Іванівна, СЕРГЄЄВ Леонід Аркадійович, КРУТЯКОВА Валентина Іванівна, КЛЮЧКО Володимир Петрович, МОГИЛЮК Наталія Тимофіївна, ПІЛЯРСЬКА Олена Олександрівна, МОЛЧАНОВА Олена Дмитрівна, БАРАБАШ Антоніна Дмитрівна, АЛІЄВА Ірена Вадимівна, ШЕЙКІН Борис Михайлович, ПИЛЯК Ніна Вікторівна, БАРКАР Віталій Петрович, ГУРІНЧИК Вікторія Дионисівна, ОСИПЕНКО Тетяна Миколаївна, БІЛОГОЛОВСЬКИЙ Володимир Володимирович

Volodymyr BELCHENKO, Vasyl KHODORCHUK, Yurii LAVRYNENKO, Tetiana MARKINA, Hanna TKALENKO, Olena NIKIPELOVA, Vasyl TARGONIA, Yurii KLECHKOVSKYI, Tetiana MARCHENKO, Igor BESPALOV, Vladislav YAROSHEVSKY, Irina CHERNOVA, Nonna PISHCHANSKA, Svitlana BURYKINA, Leonid SERGEEV, Valentyna KRUTYAKOVA, Volodymyr KLIUCHKO, Natalia MOHYLIUK, Olena PILIARSKA, Olena MOLCHANOVA, Antonina BARABASH, Irena ALIEVA, Boris SHEIKIN, Nina PYLIAK, Vitalii BARKAR, Viktoria GURINCHYK, Tetiana OSIPENKO, Volodymyr BILOHOLOVSKY

СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА і ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Монографія

Редактори: *І. М. Баланчук, Т. В. Пономарьова*
Комп'ютерна верстка *Л. О. Гордієнко*
Дизайн обкладинки *І. Г. Хорошого*
Коректори: *Л. М. Байбородіна, І. М. Баланчук*

Підписано до друку 27.12.2022. Формат 60×84 1/16.
Папір офс. Гарнітура «Таймс». Друк офс.
Ум. друк. арк. 23,6. Обл.-вид. арк. 20,0.
Наклад 150 пр. Зам. №. 2023-5.

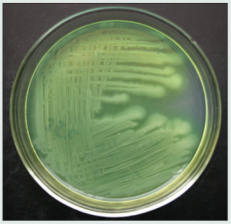
Державне видавництво «Аграрна наука» НААН
Свідоцтво про державну реєстрацію № 4116 від 21.07.2011 р.
вул. Васильківська, 37, м. Київ, 03022
Тел. (044) 257-85-27
E-mail: agrarnanauka@ukr.net

Віддруковано у друкарні ТОВ «Видавництво «Бармі»
вул. Кирилівська, буд. 86, м. Київ, 04080
Тел. (067) 219-36-49
E-mail: BARMY-vidav@ukr.net

СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА І ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА







У монографії представлено результати наукових досліджень за 2016–2020 рр., проведених у рамках виконання ПНД НААН 10 «Біотехніка». У роботі висвітлено питання наукового, технічного і технологічного забезпечення систем виробництва мікробіологічних та ентомологічних препаратів для захисту рослин від шкідників і хвороб, а також теоретичні та практичні основи створення цих біологічних препаратів. Наведено досвід практичного застосування засобів біологізації землеробства та біотрансформації відходів з використанням живих організмів.

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
БІОТЕХНІКА