

Т.І. ШЕРБАКОВА, кандидат біологічних наук

Державний університет Молдови, Інститут генетики, фізіології та захисту рослин, вул. Педурій, 20, Кишинів, 2002, Молдова

ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СУМІШІ ГІФОМІЦЕТУ *LECANICILLIUM LECANII* І БАКТЕРІЇ *BACILLUS THURINGIENSIS* ДЛЯ ЗАХИСТУ ТЕПЛИЧНИХ КУЛЬТУР ВІД СИСНИХ ШКІДНИКІВ

Мета. Визначити біологічну ефективність робочих суспензій гіфоміцету *Lecanicillium lecanii*, бактерії *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* та їх суміші у регулюванні чисельності баштаної попелиці та звичайного павутинного кліща на культурі огірка в умовах закритого ґрунту. **Методи.** Лабораторні та в експериментальному тепличному блоці. Об'єкти досліджень: 1) ентомопатогенний гриб *Lecanicillium lecanii* R. Zare & W. Gams (2001), штам CNMN-FE-03, виділений з природної популяції оранжерейної білокрилки з подальшим відбором методом пасажів через тест-комаху. Проведено три пасажі через баштанну попелицю та три пасажі через звичайного павутинного кліща; 2) ентомопатогенна бактерія *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (Bt) виділена із загиблої личинки колорадського жука. Цільові об'єкти — баштанна попелиця *Aphis gossypii* Glov. та звичайний павутинний кліщ *Tetranychus urticae* Koch. **Результати.** Біологічна ефективність водної суспензії гіфоміцету *L. lecanii* при концентрації 3,5% проти баштаної попелиці становила 89,9%, проти павутинного кліща — 92,7%. Бактеріальна суспензія *B. thuringiensis* у концентрації 5,0% знижувала чисельність попелиці на 89,1%, чисельність павутинного кліща — на 91,1%. Біологічна ефективність суміші суспензій гриба *L. lecanii* у концентрації 3,5% та бактеріальної суспензії *B. thuringiensis* у концентрації 5,0% проти баштаної попелиці становила 91,7%, проти павутинного кліща — 93,8%. **Висновки.** В результаті проведених досліджень зазначено, що спільне застосування двох біологічних інсектицидних засобів захисту рослин на основі гриба *L. lecanii* (контактної дії) та бактерії *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (кишкової дії) збільшує відсоток ураження звичайного павутинного кліща та баштаної попелиці в умовах закритого ґрунту на 1,1—2,7% порівняно з їх застосуванням окремо.

біологічні препарати; сисні шкідники; *Aphis gossypii*; *Tetranychus urticae*; *Lecanicillium lecanii*; *Bacillus thuringiensis*

Специфічні умови роботи в тепличних комбінатах — висока температура та вологість повітря, накопичення та масовий розвиток шкідливих організмів, їх високий біологічний потенціал розмноження та набуття резистентності до токсикантів, забруднення повітряного простору теплиць хімічними пестицидами та накопичення токсичних залишків у продуктах виробництва культур.

Особливо небезпечними шкідниками, практично для всіх типів теплиць, є звичайний павутинний кліщ, кілька видів попелиць, теплична білокрилка та трипси — всі вони поліфаги й характеризуються високим біологічним потенціалом розмноження. Штучно створений тепличний мікроклімат зі сприятливими температурами, обмежені видовий та сортовий набори культур, відсутність сівозміни, беззмінне використання культивацийного субстрату — все це дає можливість шкідникам цілий рік відтворювати потомство зі стрімкою швидкістю. При цьому недобір урожаю може досягати 50% і більше [1].

Баштанна попелиця *Aphis gossypii* Glov. пошкоджує листя і молоді пагони, висмоктуючи їхній сік. Уражені листкові пластини та верхівки рослин скручуються, засихають та відмирають, квітки та зав'язі опадають, пагони деформуються. У процесі живлення попелиці виділяють цукристі речовини — падь або медяну росу. На цих виділеннях поселяються сажкові гриби, що знижує інтенсивність фотосинтезу та погіршує товарні якості продукції. Попелиця — переносник вірусних захворювань, чим посилюється шкода, що завдається [1].

Звичайний павутинний кліщ *Tetranychus urticae* Koch. — мікроскопічний шкідник (розмір дорослої особини менше 1 мм), імаго та личинки проколюють епідерміс з нижнього боку листка і висмоктують сік разом із зернами хлорофілу, що призводить до зниження імунітету, культура легко уражується інфекціями різної етіології. За масового заселення павутинним кліщем рослини покриваються характерним для даного фітофага павутинням. Шкідник має високу життєздатність: легко переносить зимівлю, дає до 20 поколінь на рік, швидко набуває резистентності до багатьох пестицидів. Через мікроскопічні розміри важко діагностується, що полегшує його поширення із садивним матеріалом, інструментами, потоками вітру [1].

Альтернативою хімічним засобам захисту рослин є біопестициди на основі живих мікроорганізмів. Інтерес до біопестицидів зростає через їхні переваги, пов'язані з екологічною безпекою, цільовою специфічністю та ефективністю застосування в малих дозах для комплексного захисту від шкідливих організмів. Для захисту рослин від шкідників у закритому ґрунті використовують біологічні препарати на основі грибів та бактерій.

Ентомопатогенні гриби роду *Lecanicillium* відомі як природні патогени сисних комах. Окремі види цих грибів (*L. muscarium*,

L. longisporum, *L. lecanii*) знайшли практичне застосування на основі спор та міцелію. За кордоном відомо близько 20-ти найменувань різних екологічно безпечних продуктів для захисту рослин від комах-шкідників (кліщі, попелиця, трипси, білокрилка, цикади) [2].

З бактерій безпечними біоінсектицидами останнього сторіччя визнано препарати на основі *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). Інсектицидна дія цих бактерій зумовлена наявністю *cry*, *cyt* та *vip* білків, що уражують кишкову систему комах рядів Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera. Нові дослідження молекулярної біології відкрили деякі інші можливості *Bt* — це токсичність щодо нематод та кліщів, антагоністична дія щодо патогенних бактерій та грибів рослин і тварин, стимулююча ріст рослин дія (PGPR) [3].

Останніми роками пріоритетним напрямом біологічного захисту рослин є створення та використання сумішевих комплексних біологічних засобів, що підвищують біологічну ефективність, розширюють спектр дії та поліфункціональність.

Мета досліджень. Визначити біологічну ефективність робочих суспензій гіфоміцету *Lecanicillium lecanii*, бактерії *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* та їхньої суміші у контролі чисельності баштанної попелиці та звичайного павутинного кліща на культурі огірка в умовах закритого ґрунту.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили у 2021—2023 рр. в лабораторних умовах та в експериментальному тепличному блоці Інституту Генетики, Фізіології та Захисту Рослин у складі Державного Університету Молдови. Об'єкти досліджень: 1). Ентомопатогенний гриб *Lecanicillium lecanii* R. Zare & W. Gams (2001), штам 2Т20, колекційний номер у Національній колекції CNMN-FE-03, виділений з природної популяції оранжерейної білокрилки з наступним відбором методом пасажів через тест-комаху. Проведено три пасажі через звичайного павутинного кліща і три пасажі через баштанну попелицю, штам виявляє патогенність щодо оранжерейної білокрилки (*Trialeurodes vaporariorum*). 2). Ентомопатогенна бактерія *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (*Bt*), виділена із загиблої личинки колорадського жука. У цих дослідженнях цільовими об'єктами були баштанна попелиця і звичайний павутинний кліщ.

Для визначення біологічної ефективності ентомопатогенних мікроорганізмів щодо зазначених шкідників штамів культивували в рідких живильних середовищах на шейкері зі швидкістю обертання 180 об./хв. Гіфоміцет *L. lecanii* вирощували в цукрово-м'ясному поживному середовищі протягом 96 год при 24°C. Після закінчення періоду культивування отриманої суспензії визначали титр (кількість конідій/мл) в камері Горяєва. Для застосування проти шкідників додавали суспензію до концентрації 3,5% розведенням водою, що відпо-

відає титру 3×10^7 конідій/мл. Бактерію *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* культивували в полісахаридному живильному середовищі протягом 48 год при температурі 30°C. Для отримання робочої рідини вихідну суспензію розбавляли водою до 5,0% концентрації. Для отримання комплексної бактеріально-грибної суміші відповідну кількість (для об'єму 10 л) суспензій двох мікроорганізмів змішували перед застосуванням, об'єм доводили водою до 10 л у ранцевому обприскувачі. Для уточнення ефективності *B. thuringiensis* для контролю шкідників у досліді використовували 2 концентрації водної суспензії — 4,0% і 5,0%.

Варіанти експерименту в теплиці:

- 1 — контроль, без обробки;
- 2 — хімічний еталон *Vertimec* 018 ЕС, КЕ, (абамектин, 18 г/л), 0,75—1,0 л/га;
- 3 — обробка суспензією *B. thuringiensis*, 4,0%;
- 4 — обробка суспензією *B. thuringiensis*, 5,0%;
- 5 — обробка суспензією *L. lecanii*, 3,5%;
- 6 — обробка суспензією *L. lecanii*, 3,5% + *B. thuringiensis*, 5,0%.

Тестування суспензій проводили на рослинах огірка гібриду *Mirabelle*. Визначали смертність шкідників у порівнянні з контролем та хімічним еталоном *Vertimec* 018 ЕС за формулою Аббота [4].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за допомогою комп'ютерної програми на платформі ABC Pascal.

Результати досліджень та обговорення. Ентомопатогенний гіфоміцет *Lecanicillium lecanii* R. Zare & W. Gams (2001) вперше був описаний у 1899 р. (Zimmermann) як *Cephalosporium lecanii*, згодом був віднесений до роду *Verticillium* (Zimm.) Viegas (1939), нині затвердженою назвою роду є *Lecanicillium*, до якого належать ізоляти *L. lecanii*, *L. attenuatum*, *L. longisporum*, *L. muscarium* або *L. nodulosum*.

Відповідно до класифікації R. Zare & W. Gams (2001), ентомопатоген є представником відділу Ascomycota, класу Sordariomycetes, сімейства Нурсеасеае, роду *Hypocreales*. Гіфи гриба тонкі, прозорі, септовані, конідионосці утворюються з повітряних гіф, короткі, прямостоячі, несуть одну або дві мутовки фіалід. Фіаліди голкоподібні, звужені до вершини, розташовані під гострим кутом на головній осі конідиеносця по 2—5 штук у мутовці. На верхівці фіалід утворюються конідиальні головки зі склеєними у них конідіями. Конідії еліпсоїдальні, одноклітинні, 2,5—3,5 \times 1—1,5 μm [5].

Механізм паразитичної дії ентомопатогенних грибів роду *Lecanicillium* складається з: прилипання конідій до тіла комахи, проростання конідії, проникнення ростової трубки в хітиновий покрив шкідника та проникнення в порожнину тіла з утворенням апресорій. У місці проникнення ростової трубки синтезуються гідролітичні ферменти

(протеази, ліпази та хітинази), що деградують шкірний покрив. У цей час у порожнині тіла утворюються гіфальні тіла — бластоспори, та починають продукуватись токсини, які призводять до загибелі господаря. Після цього гриб починає колонізувати внутрішні органи шкідника, насамперед жирове тіло, кишечник та інше. Після заселення внутрішніх органів гіфи ентомопатогену проростають на поверхню кутикули комахи і труп обростає білим міцелієм гриба *L. lecanii* [5, 6].

Інший мікроорганізм, який використовується в дослідженнях, бактерія *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915, представник класу Bacilli, порядку Bacillales, сімейства Bacillaceae, роду *Bacillus*. Це велика (5×1 мкм), паличкоподібна, аеробна, грампозитивна, спороутворююча ґрунтова бактерія. У ході споруляції продукує кристалічні включення, утворені специфічними для цього виду білковими токсинами (*Cry*-білками). При потраплянні в кишечник комахи білковий *Cry*-токсин розчиняється в лужному середовищі кишкового соку (рН 9,5—10,5), проникає в клітинну мембрану з утворенням пор, порушенням осмотичної рівноваги та лізису клітини, що веде до загибелі шкідника [7]. При бактеріальних інфекціях характерна досить швидка загибель комах (2—7 діб), але не завжди досягається високий рівень смертності через різний вік комах. Найчастіше молодші за віком виявляються чутливими до ентомопатогенних бактерій, а старші — стійкі до них, тому ефективність біопрепаратів може бути невисока.

Для посилення біологічної ефективності біопестицидів спостерігається тенденція створення комплексних сумішей для захисту рослин. Це можуть бути бактеріально-грибні суміші, грибні суміші однієї видової приналежності продуцентів, але з різною ефективністю, грибні суміші продуцентів різних класів грибів, бактеріальні суміші і т.д. Застосування бактеріально-грибних сумішей біопрепаратів сприяє придушенню імунних захисних систем комах унаслідок розвитку бактеріозів, у разі з *B. thuringiensis* розвитком кишкових інфекцій. При цьому збільшується чутливість до грибної інфекції, що проявляється підвищенням смертності шкідників [8].

У дослідженнях для застосування мікроорганізмів у теплиці культури вирощували в рідких живильних середовищах, при заданих температурах, на шейкері для отримання мікробіологічних суспензій. По завершенні періоду культивування суспензії переглядали в мікроскоп, для гриба *L. lecanii* визначали титр. За результатами підрахунку в камері Горяєва титр вихідної грибної суспензії після культивування протягом 96 год при температурі 24°C становив $1,6 \times 10^9$ конідій/мл. Бактерію *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* після культивування протягом 48 год при температурі 30°C переглядали в мікроскоп на наявність конгломератів кристалів дельта-ендотоксинів, необхідних для ураження кишечника шкідника (рис. 1).

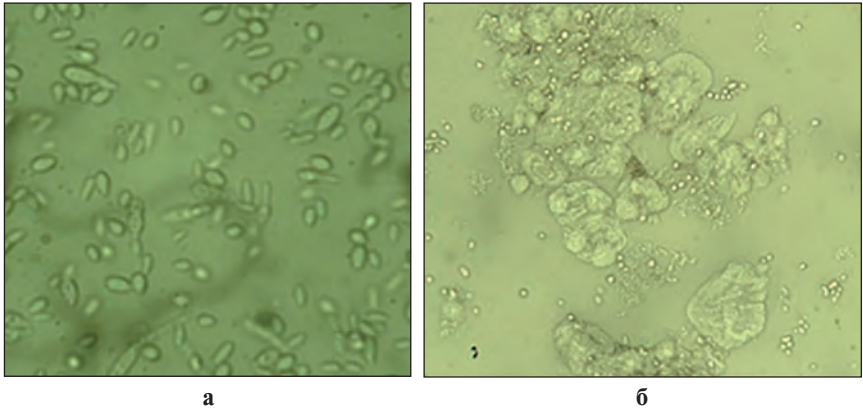


Рис. 1. Суспензії мікроорганізмів у полі зору мікроскопа після культивування:
а — конідії гриба *L. lecanii*, 1000×; **б** — спори та конгломерати кристалів
 дельта-ендотоксинів бактерії *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, 400×

За інфікування особин попелиці гіфоміцетом *L. lecanii* перші ознаки ураження стали помітними на 5—6-ту добу, комахи чорніли, а навколо них з'являвся білий обідок з міцелією гриба. На 10—12-ту добу білий пухнастий міцелій повністю покривав тіло шкідника і нерідко поширювався на 2—4 мм за його межі. Гіфи гриба утримували комах на листі рослини (рис. 2, б).

Після обробки шкідників робочою рідиною *B. thuringiensis* (5,0% водна суспензія) через добу була відзначена малорухливість і млявість комах, на 6—7-й день шкідники чорніли та гинули (рис. 2, с). За інфікування павутинного кліща дія суспензій мікроорганізмів проявлялася аналогічно дії на баштанній попелиці. Через мікроскопічні розміри шкідника спостереження проводили в полі зору мікроскопа.

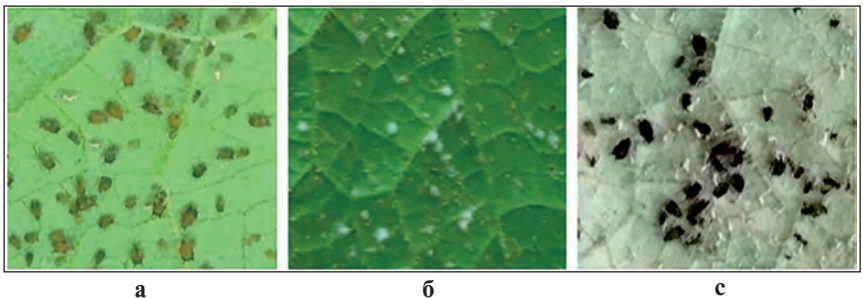


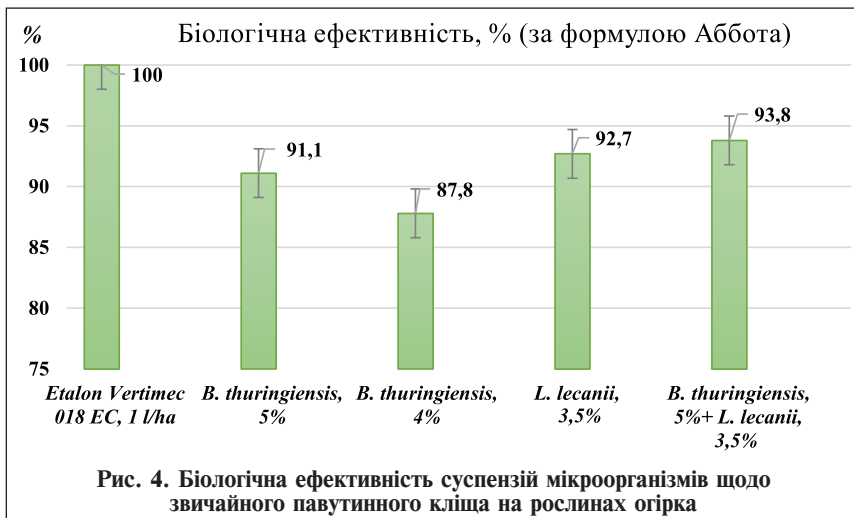
Рис. 2. Шкідники на листі огірка: **а** — баштанна попелиця до обробки,
б — баштанна попелиця, яка обросла міцелієм гриба *L. lecanii* через
 12 діб після обробки; **с** — баштанна попелиця через 7 діб
 після обробки *B. thuringiensis*

Протягом вегетаційного періоду було проведено 7 обробок з інтервалом 7—12 діб. Перші 2 обробки проти шкідників були профілактичними, оскільки комахи заселялися невеликими осередками. Надалі спостерігалось інтенсивне заселення рослин огірка баштанною попелицею. Наступні обробки пригнічували розвиток попелиці та павутинного кліща, у варіантах із застосуванням *L. lecanii* було відзначено масове обростання шкідників міцелієм гриба, у варіантах з обробками *B. thuringiensis* шкідники чорніли. Обліки провели через 2 тижні після останньої обробки. Враховували кількість загиблих та живих шкідників на облікових рослинах. Біологічна ефективність суспензії гіфоміцету *L. lecanii* при концентрації 3,5% у зниженні чисельності баштанної попелиці на рослинах огірка становила 89,9%. Ефективність бактеріальної суспензії *B. thuringiensis* у концентрації 4,0% становила 87,7%, у концентрації 5,0% — 89,1%. Суміш суспензій гриба *L. lecanii* у концентрації 3,5% та бактеріальної суспензії *B. thuringiensis* у концентрації 5,0% пригнічувала чисельність баштанної попелиці на 91,7% (рис. 3).

Біологічна ефективність суспензії гіфоміцету *L. lecanii* при концентрації 3,5% у зниженні чисельності павутинного кліща на рослинах огірка становила 92,7%. Ефективність бактеріальної суспензії *B. thuringiensis* у концентрації 4,0% становила 87,8%, у концентрації 5,0% — 91,1%. Ефективність суміші суспензій гриба *L. lecanii* у концентрації 3,5% та бактеріальної суспензії *B. thuringiensis* у концентрації 5,0% склала 93,8% (рис. 4).

Необхідно зазначити, що для активного зростання гіфоміцету *L. lecanii* та ураження шкідників у теплиці необхідна відносна вологість повітря не менше 85%.





Проведеними експериментами у тепличному блоці встановлено, що кількість обробок за період вегетації огірка має становити щонайменше 6–7 проти цільових шкідників. При зниженні кількості обробок або збільшенні інтервалу між обробками до 18 діб відбувається масове заселення рослин новим поколінням шкідника, якого контролювати біологічними засобами неможливо.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що спільне застосування двох біологічних інсектицидних засобів захисту рослин на основі гриба *L. lecanii* (контактною дією) та бактерії *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (кишковою дією) збільшує відсоток ураження звичайного павутинного кліща та баштанної попелиці в умовах закритого ґрунту на 1,1–2,7% порівняно з їх застосуванням окремо.

Фінансування: дослідження проведено у рамках Підпрограми 011103 «Розробка екологічно нешкідливих засобів зниження впливу шкідливих організмів сільськогосподарських культур на тлі зміни клімату», фінансується Міністерством освіти і науки Республіки Молдова.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ахатов А.К., Ижевский С.С., Мешков Ю.И. и др. Защита тепличных и оранжерейных растений от вредителей. Товарищество научных изданий КМК. 2004. 307 с.

2. De Faria M.R., Wraight S.P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. In: Biol. Control. 2007. 43(3). P. 237-256. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2007.08.001

3. Jouzani G., Valijanian E., Sharafi R. *Bacillus thuringiensis*: a successful insecticide with new environmental features and tidings. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2017. Vol. 101. P. 2691-2711. DOI: 10.1007/s00253-017-8175-y

4. Îndrumări metodice pentru testarea produselor chimice și biologice de protecție a plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova. Sub redacția ION LAZARI. Chișinău, «Tipografia Centrală». 2002. 286 p.

5. Zare R., Gams W. A revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. In: Nova Hedwigia. 2001. V. 73 (1). P. 1-50. doi: 10.1127/nova.hedwigia/71/2001/1

6. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421-438.

7. Schnepf E., Crickmore N., Van Rie J. et al. *Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 1998. 62(3). P. 775–806. doi: 10.1128/mmb.62.3.775-806.1998

8. Леднев Г.Р., Долгих В.В., Павлюшин В.А. Стратегии паразитизма энтомопатогенных микроорганизмов и их роль в снижении численности фитогаров. Вестник защиты растений. 2013. № 3. С. 3-17.

Shcherbakova T., ORCID: 0000-0002-2632-325X

Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection of the MSU,
20, Padurii str., Chisinau, 2002, Republic of Moldova

Use of a complex mixture of hyphomycete *Lecanicillium lecanii* and *Bacillus thuringiensis* to protect greenhouse crops from sucking pests

Goal. To determine the biological effectiveness of working suspensions of hyphomycete *Lecanicillium lecanii*, bacterium *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* and their mixture in regulating the number of melon aphids and common spider mites on cucumber culture in closed ground conditions.

Methods. Laboratory and in the experimental greenhouse block. Objects of research: 1) entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii* R. Zare & W. Gams (2001), strain CNMN-FE-03, isolated from the natural population of greenhouse whitefly with subsequent selection by passage through the test insect. Three passages through melon aphids and three passages through

common spider mites were performed; 2) entomopathogenic bacterium *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (Bt) was isolated from a dead larva of the Colorado potato beetle. Target objects are melon aphid *Aphis gossypii* Glov. and common spider mite *Tetranychus urticae* Koch. **Results.** The technical efficiency of the aqueous suspension of hyphomycete *L. lecanii* at a concentration of 3.5% against melon aphids was 89.9%, against spider mites — 92.7%. The bacterial suspension of *B. thuringiensis* at a concentration of 5.0% reduced the number of aphids by 89.1%, the number of spider mites — by 91.1%. The technical efficiency of the mixture of suspensions of the fungus *L. lecanii* at a concentration of 3.5% and the bacterial suspension of *B. thuringiensis* at a concentration of 5.0% against melon aphids was 91.7%, against spider mites — 93.8%. **Conclusions.** As a result of the studies, it was noted that the combined use of two biological insecticidal plant protection products based on the fungus *L. lecanii* (contact action) and the bacterium *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (intestinal action) increases the percentage of common spider mites and melon aphids in closed ground conditions by 1.1—2.7% compared to their use separately.

biological preparations; sucking pests; *Aphis gossypii*; *Tetranychus urticae*; *Lecanicillium lecanii*; *Bacillus thuringiensis*

REFERENCES

1. Akhatov A.K., Izhevskiy S.S., Meshkov YU.I., Borisov B.A., Volkov O.G., Chizhov V.N. (2004). Zashchita teplits i teplichnykh rasteniy ot vreditel'ey. Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 307 s. (in Russian).
2. De Faria M.R., Wraight S.P. (2007). Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. In: Biol. Control, 43(3), 237-256. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2007.08.001
3. Jouzani G., Valijanlian E., Sharafi R. (2017). *Bacillus thuringiensis*: a successful insecticide with new environmental features and tidings. Appl. Microbiol. Biotechnol, 101, 2691-2711. DOI: 10.1007/s00253-017-8175-y
4. Îndrumări metodice pentru testarea produselor chimice și biologice de protecție a plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova. (2002). Sub redacția ION LAZARI. Chișinău, «Tipografia Centrală». 286 p. (in Romanian).
5. Zare R., Gams W. (2001). A revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. Nova Hedwigia, 73(1), 1-50. doi: 10.1127/nova.hedwigia/71/2001/1
6. Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Boykova I.V. (2020). Mikrobiologicheskaya zashchita rasteniy v tekhnologiyakh fitosanitarnoy optimizatsii agroekosistem: teoriya i praktika (obzor). Sel'skokhozyaystvennaya biologiya, 55(3), 421-438. (In Russian).

7. Schnepf E., Crickmore N., Van Rie J., Lereclus D., Baum J., Fietelson J., Zeigler D.R., Dean D.H. (1998). *Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 62(3), 775–806. doi: 10.1128/membr.62.3.775-806.1998

8. Lednev G.R., Dolgikh V.V., Pavlyushin V.A. (2013). Strategii parazitizma entomopatogennykh mikroorganizmov i ikh rol' v snizhenii chislennosti fitofagov. *Vestnik zashchity rasteniy*. (3), 3-17. (In Russian).

Надійшла до редакції: 20.08.2024

Прийнята до друку: 23.09.2024

Надруковано: грудень, 2024

Опубліковано онлайн: лютий, 2025