

ФУНКЦІОНАЛЬНА АКТИВНІСТЬ *BACILLUS THURINGIENSIS* У ПРИРОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ФІТОФАГІВ (НА ПРИКЛАДІ ПОПУЛЯЦІЇ *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY.)**М. В. Бойко¹, М. В. Патики¹, Ю. П. Борко², Т. І. Патики³**¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 13, корп. 4; м. Київ, 03041, Україна²ННЦ «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»
вул. Машинобудівників, 2Б; смт. Чабани, Київська область, 08163, Україна³Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва
Національної академії медичних наук України»
вул. Саксаганського, 75; м. Київ, 01033, Україна

e-mail: yulia_borko@ukr.net

Мета. Оцінити функціональну активність ентомопатогенних штамів *Bacillus thuringiensis* 87 та 800 у біотестуванні на цільовому об'єкті — популяції колорадського жука залежно від особливостей культивування бактерій. **Методи.** Мікроскопічні, мікробіологічні (для культивування бактерій на різних середовищах та визначення титру спор), біотестування (на личинках природної популяції *Leptinotarsa decemlineata* Say у період домінування молодшого віку (L₁₋₂)), модельного лабораторного та польового дослідів з картоплею (для визначення ступеня ентомоцидності досліджуваних штамів), ваговий (для оцінки урожайності картоплі за суцільного збирання урожаю з ділянок), біохімічні (для визначення вмісту крохмалю й цукру в бульбах картоплі), статистичні. Ентомоцидну активність спорокристалічного комплексу бактерій розраховували за формулами Аббота та Франца. **Результати.** Найбільший продуктивний вихід ентомоцидних компонентів у рідких препаративних формах *B. thuringiensis* відбувається на дріжджо-полісахаридному та капустяному живильних середовищах (титр спор у межах 2,2–3,1 млрд/мл та 3,6 і 4,7 млрд/мл відповідно). За ентомоцидною активністю щодо личинок *Leptinotarsa decemlineata* Say. (L₁₋₄) штами *B. thuringiensis* 800 і 87 продемонстрували результативні показники від 96,0 % і вище на десяту добу лабораторного дослідження. В польових умовах доведено високу функціональність *B. thuringiensis* 87 (ентомоцидна активність 95,0–98,0 %), яка не поступається хімічному варіанту обприскування рослин картоплі (препарат Когінор, де загибель личинок на 7–10-у добу складає 96,0–99,0 %). **Висновки.** У результаті проведених досліджень доведено ефективність застосування природних штамів *B. thuringiensis* 87 і 800 у формуванні систем захисту рослин картоплі від фітофагів *Leptinotarsa decemlineata* Say. Це свідчить про високий потенціал обґрунтованого застосування зазначених штамів у сільськогосподарському виробництві.

Ключові слова: *Bacillus thuringiensis*, функціональна активність, титр спор, ентомоцидність, *Leptinotarsa decemlineata* Say.

Вступ. Науковий інтерес до спорових бактерій роду *Bacillus* пов'язаний з різноманітністю екологічних ніш, які вони займають (від різних форм паразитизму до коменсальзму, мутуалізму) й специфічною будовою (здатністю до утворення ендоспор) та здатні-

стю до синтезу широкого спектру активних первинних і вторинних метаболітів [1–3]. Аеробні *Bacillus* spp. володіють високим рівнем ентомотоксичності для цільових об'єктів, антагоністичної активності щодо широкого спектру патогенної та умовно патогенної мікробіоти, стійкі до несприятливого впливу агресивного середовища, невимогливі до умов зберігання та тривалий період зберігають свою життєздатність і функціональну активність [4; 5].

Аналіз останніх публікацій і досліджень. Широка мінливість бактерій роду *Bacillus* та різноманітна біологічна активність обумовлюють високу внутрішньовидову гетерогенність деяких видів бацил. Вірулентність ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis* та синергічний прояв інсектицидних та антагоністичних, літичних властивостей сприяють формуванню вирішальних умов ефективності та перспективності застосування цих мікроорганізмів у багатокомпонентній біологічній системі та в сучасному агровиробництві (захист рослин від фітофагів, фітопатогенних мікроміцетів) [6–8]. Для фітозахисту розробляються інноваційні мікробні технології на основі різних біоваріантів (підвидів) ентомопатогенних бактерій *Bacillus* spp., які мають широкий спектр функціональності щодо фітофагів. За масштабами біотехнологічних виробництв пріоритет належить мікробним препаратам, створеним на основі *B. thuringiensis* Berliner (наприклад, var. *thuringiensis* проти лускокрилих фітофагів (*Lepidoptera*); var. *israelensis*, що уражує личинок двокрилих (*Diptera*); var. *tenebrionis*, var. *darmstadiensis* тощо, високоактивним проти жуків (*Coleoptera*). Отже, ентомопатогенні організми з різним рівнем контагіозності привертають все більш пильну увагу науковців і практиків як засоби не тільки розового пригнічення чисельності фітофагів, але й як такі, що слугують для створення штучних вогнищ епізоотій у популяціях видів, які стримують масове розмноження, наростання чисельності та шкідливості. Володіючи вибірковою дією, ентомопатогенні бактерії забезпечують активну участь інших природних регуляторів чисельності в контролі фітофагів та збудників хвороб [9; 10]. Отже, розширення та поглиблення знань щодо біологічного різноманіття та функціональної активності штамів бактерій *B. thuringiensis*, ізо-

льованих із природних популяцій хворих і загиблих комах, є надзвичайно актуальними фундаментальними дослідженнями, оскільки ці ентомопатогенні бактерії продукують широкий спектр біологічно активних речовин, а їх синтез залежить від низки факторів (умов культивування, токсигенності, реакцій специфічності тощо). Для ефективного біологічного контролю фітофагів, стабілізації агроценозів, зменшення пестицидного навантаження на них необхідно ґрунтовно досліджувати корисні властивості штамів *B. thuringiensis* та формувати сучасний науково-технологічний кластер для виробництва мікробних препаратів поліфункціональної дії.

Мета роботи — оцінити функціональну активність штамів *B. thuringiensis* через критерій ентомотоксичності щодо популяції колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.).

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження слугували штами *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (H₁) 800 (референтний) та *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (H₁) 87 (селективний) із колекції корисних ґрунтових мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва (ІСМАВ) НААН, м. Чернігів.

Для аналізу токсигенних властивостей досліджувані штами бацил культивували на універсальних живильних середовищах МПА, МПБ (м'ясо-пептонний агар; м'ясо-пептонний бульйон), LB (Лурія-Бертрані), а також на лабораторно-промислових середовищах дріжджо-полісахаридного складу: 3,0 % — білково-вітамінний комплекс, 1,5 % — кукурудзяне борошно [11]. У роботі використано живильне середовище з мелясою (4,0 %), а також капустяне середовище. Культивування проводили в колбах Ерленмейєра на біотехнологічній качалці (режим орбітального руху 200 об./хв., температура +30 °С, упродовж 48–72 годин). Об'єм середовища 50, 100 мл; кількість інокулюму — не менше ніж 4,0 % від об'єму середовища. Кількісний аналіз бактеріальних клітин проводили за стандартним мікробіологічним посівом на агаризовані середовища (титр колонієутворювальних одиниць, КУО, не менше ніж 1,5–2,0 млрд/мл культуральної рідини), а також прямим мікроскопіюванням у камері Горяєва з використанням світлового мікроскопа Sigeta MB-130 40x-1600x LED (імерсійний об'єктив ×90) та

безокулярної системи візуалізації клітин EVOS FL. Будь-які зміни морфологічних ознак спороутворювальної культури визначали шляхом мікроскопіювання.

Біотест — личинки природної популяції *Leptinotarsa decemlineata* Say. у період домінування молодшого віку (L₁₋₂). Інфікування культуральною рідиною проводили у розведеннях 1:1, 1:10 та без розведення. Функціональну активність експериментальних рідких препаративних форм штамів *B. thuringiensis* оцінювали за основним критерієм ентомоцидності у модельних лабораторних та польових дослідах. В умовах лабораторних дослідів оброблене листя картоплі личинки L₁₋₄ споживали протягом трьох діб, після чого корм замінювали свіжим необробленим. Облік загиблих тест-комах визначали на 3, 5, 7 і 10-у добу. Досліди проводили в трьох повтореннях по 25 личинок у кожному. Модельні польові досліди проведено на площах компанії ТОВ «Біотех ЛТД», Київська область, Бориспільський район, с. Городище. Загальна площа дослідної ділянки 10 м². Сорт картоплі Моцарт. Обробка препаративними формами *B. thuringiensis* 87 та 800 проведена в період масової появи личинок молодшого віку. Витрата робочої рідини — 300–350 л/га. До схеми дослідів для порівняння вводили варіант з обробкою рослин картоплі хімічним інсектицидом Когінол (0,25 л/га). Ентомоцидну активність споро-кристалічного комплексу бактерій розраховували за формулами Аббота (1) та Франца (2) [12; 13]. Загибель у контролі не повинна перевищувати 15,0 %.

$$A = \frac{M_0 - M_k}{100 - M_k} \times 100 \quad (1)$$

де А — ентомоцидна активність, (%);
M₀ — відсоток загиблих особин у досліді;
M_k — відсоток загиблих особин у контролі.

$$M = 100 \times \left(1 - \frac{K_1}{K_2} \times \frac{P_2}{P_1} \right) \% \quad (2)$$

де K₁ — кількість комах у контролі до обробки;
K₂ — кількість комах у контролі після обробки;
P₁ — кількість комах у досліді до обробки;
P₂ — кількість комах у досліді після обробки.

Біохімічні показники якості бульб картоплі визначали в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК Національного університету біоресурсів та природокористування України (НУБіП). Крохмаль визначали за питомою масою, масову частку цукру визначали згідно з ДСТУ 4954:2008 «Продукти перероблення фруктів та овочів, методи визначення цукрів» [14]. Статистичний аналіз даних проводили на персональному комп'ютері з використанням програм Microsoft Office Excel 10.0, Statistica 12.

Результати та їх обговорення. Створюючи мікроорганізму різні умови культивування, дослідник тим самим визначає, які з них є найбільш сприятливими для продукування біологічно активних компонентів. На прикладі лабораторно-промислових середовищ (дріжджо-полісахаридного, мелясного та кукурудзяно-глюкозного) показано, що специфіка окремих компонентів живильного середовища та їх кількісні співвідношення мають суттєве значення для розвитку штамів та утворення ними ентомотоксичних метаболітів (β-екзотоксину, δ-ендотоксину, інших супутніх біологічно активних метаболітів).

За результатами оцінки продуктивності дослідних штамів *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (H₁) 800 та 87 на різних живильних середовищах встановлено, що рівень їхньої технологічності варіював у межах 2,2–4,8 млрд/мл. На середовищах дріжджо-полісахаридного складу та з капустиним гідролізатом спостерігали синхронне спороутворення, яке супроводжувалося вищим виходом кристалічного δ-ендотоксину, якщо порівняти зі звичайними універсальними середовищами, що відповідає результатам, отриманим раніше [11]. Найбільш сприятливим виявилось середовище зі співвідношенням білково-вітамінного комплексу до кукурудзяного борошна 2:1 (3,0 % і 1,5 % відповідно), титр спор зберігався в діапазоні 2,2–3,1 млрд/мл. Найбільший титр ентомоцидних компонентів у культурах *B. thuringiensis* зафіксовано в капустиному середовищі — 3,6 і 4,7 млрд/мл. Порушення процесу спороутворення у бактерій пов'язано зі зміною їхніх фізіологічних та біохімічних властивостей, а також недостатнім надходженням поживних речовин у середовище. Отже, максимальний вихід ентомоцидних компонентів (екзо-, ендотоксинів, супутніх біологічно активних

метаболітів) визначає подальший прояв основної функціональної активності біоагентів препаратів цієї групи щодо спектру чутливих (цільових) фітофагів.

За ентомоцидною активністю рідких препаративних форм *B. thuringiensis* 800 і 87 щодо личинок *Leptinotarsa decemlineata* Say. (L₁₋₄) на десяту добу досліду виявлено результативні показники (від 96,0 % і вище), табл. 1.

Встановлено, що за інфікування личинок штамми *B. thuringiensis* з меншим титром спор (2,0–2,3 млрд/мл), отриманих після культивування на універсальних середовищах МПБ, LB, показники ентомоцидності не перевищували 89,0 %.

Проведені модельні дослідження підтверджують дані інших авторів [7; 8; 11] про те, що найчутливішими до дії бактеріального споро-кристалічного комплексу *B. thuringiensis* є личинки колорадського жука молодшого та середнього віку, крім цього, спостерігається пряма залежність загибелі особин від інфекційного навантаження.

В умовах Лісостепу України (ТОВ «Біотех ЛТД», Київська область, с. Городище) оцінено ефективність рідкої препаративної форми *B. thuringiensis* 87, результати випробувань наведено в табл. 2.

Вже на третю добу після обробки спо-

стерігали зниження чисельності фітофага, а саме — 33,0–38,0 % загибелі личинок, а виразний ефект ентомоцидності настав після сьомої доби досліду. Відомо, що водночас відбувається значне пригнічення секреції травних ферментів личинок, порушення їхніх трофічних ритмів та функцій кишкового (клітин-мішені). Результати досліджень свідчать про високу функціональність *B. thuringiensis* 87 — не менше ніж 98,4 %. Личинки споживають незначну частину листової поверхні рослин (якщо порівняти з контрольними неінфікованими біотестами), помітно відстаючи у рості та розвитку.

Аналіз впливу фітозахисних заходів на формування врожаю та якісного складу бульб картоплі свідчить, що за біологічного методу захисту рослин (препаративна форма *B. thuringiensis* 87) бульби мали високий вміст крохмалю, який удвічі перевищував показники за застосування хімічного інсектициду Когінол. Визначена масова частка крохмалю в бульбах картоплі у варіанті з *B. thuringiensis* 87 складала 4,7 %, тоді як у варіанті з хімічним інсектицидом не перевищувала 2,6 % (табл. 3).

У середньому продуктивність картоплі становила 32,12 т/га у варіанті біологічного захисту, 18,53 т/га і 23,0 т/га — за обробки хімічним інсектицидом і без обробки відповідно.

Таблиця 1. Ентомоцидна активність рідкої препаративної форми на основі штамів *B. thuringiensis* (лабораторний дослід, середовище дріжджо-полісахаридного складу)

Варіанти досліду	Середній титр спор, млрд/мл культуральної рідини	Відносна похибка, %	Загибель особин за добою обліку, %				НІР _{0,95}
			3-я	5-а	7-а	10-а	
Без застосування рідкої форми <i>B. thuringiensis</i> (контроль)	–	–	0,0	0,0	2,0	3,0	0,7
<i>B. thuringiensis</i> 87	4,73 ± 0,16	8,9	33,0	67,7	91,0	100,0	18,4
<i>B. thuringiensis</i> 800	3,62 ± 0,09	7,6	28,8	56,5	84,3	96,0	19,1

Таблиця 2. Ефективність рідкої препаративної форми *B. thuringiensis* 87 на личинках колорадського жука (польовий дослід)

Варіанти досліду	Загибель личинок за добою обліку, %				НІР _{0,95}
	3-я	5-а	7-а	10-а	
Без обробки, контроль	0	0	0	1,5 ± 0,3	0,4
Хімічний препарат Когінол	38,4 ± 0,4	69,1 ± 0,2	96,3 ± 0,3	98,9 ± 0,6	17,7
<i>B. thuringiensis</i> 87	32,8 ± 0,1	49,5 ± 0,1	94,6 ± 0,1	98,4 ± 0,0	18,5

Таблиця 3. Вплив препаративної форми *B. thuringiensis* 87 на врожайність і якість продукції картоплі (польовий дослід)

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	НІР _{0,95}	Якісний склад бульб			
			Масова частка крохмалю, %	НІР _{0,95}	Масова частка цукру, %	НІР _{0,95}
Без обробки, контроль	23,0 ± 0,2	0,3	4,60 ± 0,16	0,22	0,08 ± 0,02	0,01
Когінор	18,4 ± 0,2	0,2	2,63 ± 0,14	0,20	0,10 ± 0,02	0,02
<i>B. thuringiensis</i> 87	32,4 ± 0,4	0,7	4,72 ± 0,17	0,23	0,11 ± 0,02	0,02

Висновки. Проведені дослідження дозволили оцінити функціональну активність ентомопатогенних штамів *B. thuringiensis* 87, 800 у біотестуванні на цільовому об'єкті — популяції *Leptinotarsa decemlineata* Say. в лабораторних і польових умовах. Метаболічна активність, високий титр споро-кристалічного комплексу бацил суттєво змінюють ентомоцидну дію на личинок молодшого і середнього віку. В результаті проведених досліджень показники ентомоцидної активності на 7–10-у добу складали більше ніж 90,0 %, що свідчить про високий потенціал та ефективність обґрунтованого застосування природних штамів *B. thuringiensis* у практичному сенсі у формуванні систем захисту рослин від фітофагів.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Bravo A, Gomez I, Porta H., García-Gómez B. I., Almazán C. R., Pardo-Lopez L., Sobrón M. Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry Toxins Insecticidal Activity. *Microbial Biotechnol.* 2013. № 6. P. 17–20. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2012.00342.x>

2. Wei S., Chelliah R., Park B.-J., Kim S.-H., Forghani F., Cho M., Park D.-S., Jin Y.-G., Oh D. Differentiation of *Bacillus thuringiensis* From *Bacillus cereus* Group Using a Unique Marker Based on Real-Time PCR. *Front. Microbiol.* 2019. № 10. P. 883. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00883>

3. Crickmore N. The diversity of *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxins. Charles J.-F., Delecluse A., Nielsen-Le Roux C. (Eds.). *Entomopathogenic Bacteria: From Laboratory to Field Application*. Dordrecht, The Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 2000. P. 65–79.

4. Смирнов В. В., Сорокулова И. Б., Пинчук И. В. Бактерии рода *Bacillus* — перспективный источник биологически активных веществ. *Мікробіологічний журнал*. 2001. Т. 63, № 1. С. 72–78.

5. Safronova L. A., Zelena L. B., Klochko V. V., Reva O. N. Does the applicability of *Bacillus* strains in probiotics rely upon their taxonomy. *Canadian Journal of Microbiology*. 2012. № 58(2). P. 212–219. <https://doi.org/10.1139/w11-113>

6. Патица Т. І., Лісовий М. М., Патица М. В., Колодяжний О. Ю. Біоценотичні підходи при використанні ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis* під час вегетації та в умовах зберігання продукції. *Мікробіологічний журнал*. 2016. № 3. С. 69–77.

7. Patyka N. V., Patyka T. I. Symbiotic microbial communities of insects: functioning and entomopathogenic action potential initiation on the example of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological Journal*. 2020. № 82(1). P. 62–73. <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.01.062>

8. Kriuchkova L. Biological control of leaf disease of barley with *Bacillus* strain. *Biologija*. 2017. № 63(3). P. 289–295. <https://doi.org/10.6001/biologija.v63i3.3584>

9. Lamenha C., Finker L. *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* to insect control: process development of small scale production to pilot plant fermenters. *Federal University of Pernambuco Brasil*. 2012. P. 613–627.

10. Burges D. H. *Bacillus thuringiensis* in pest control. *Pestic. Outlook*. 2001. № 12. P. 90–98.

11. Boyko M. V., Patyka N. V., Patyka T. I. Estimation of productivity *Bacillus thuringiensis* on different med. *Microbiology & Biotechnology*. 2017. № 1. P. 16–22. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2017.1\(37\).96320](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2017.1(37).96320)

12. Abbot W. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 1925. № 18. P. 265–267.

13. Лескова А. Я. Методические указания по идентификации культур *B. thuringiensis* и оценки их патогенных свойств. Л., 1984. 19 с.

14. ДСТУ 4954:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення цукрів: [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 17 с.

Отримано 05.04.2022

BACILLUS THURINGIENSIS FUNCTIONAL ACTIVITY IN THE NATURAL PHYTOPHAGES ENVIRONMENT (IN THE CONTEXT OF *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY. POPULATION)

M. V. Boiko¹, M. V. Patyka¹, Yu. P. Borko², T. I. Patyka³

¹National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv

²National Scientific Center “Institute of Farming
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine”, Chabany

³State Institution “Kundiiev Institute of Occupational Medicine
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Kyiv

e-mail: yulia_borko@ukr.net

Objective. To evaluate the functional activity of entomopathogenic strains of *Bacillus thuringiensis* 87 and 800 during bioassay on the target object — the Colorado beetle population depending on the characteristics of bacterial cultivation. **Methods.** Microscopic, microbiological (to cultivate bacteria on different media and determine the spore titre), bioassay (on the larvae of the natural population of *Leptinotarsa decemlineata* Say during the period of dominance of the younger age (L₁₋₂), model laboratory and field experiments with potatoes (to determine the degree of entomocidity of the studied strains), weight (to estimate the yield of potatoes during continuous harvesting from plots), biochemical (to determine the content of starch and sugar in potato tubers), statistical. The entomocidal activity of the spore-crystal complex of bacteria was calculated according to Abbott and Franz. **Results.** The highest productive yield of entomocidal components in liquid presentations of *B. thuringiensis* occurs on yeast-polysaccharide and cabbage digest media (spore titre ranges from 2.2 to 3.1 billion/mL and 3.6 and 4.7 billion/mL, respectively). According to the entomocidal activity against the larvae of *Leptinotarsa decemlineata* Say. (L₁₋₄), strains of *B. thuringiensis* 800 and 87 demonstrated effective parameters from 96.0% and higher at Day 10 of the laboratory experiment. In field conditions, the high functionality of *B. thuringiensis* 87 (entomocidal activity 95.0–98.0%), which is not inferior to the chemical variant of spraying potato plants (Koginor, where the death of larvae at Day 7–10 is 96.0–99.0%). **Conclusion.** As a result of the conducted research, the efficiency of the use of natural strains of *B. thuringiensis* 87 and 800 in the formation of potato plant protection systems against phytophages *Leptinotarsa decemlineata* Say was proven. This confirms high potential of justified application of these strains in agricultural production.

Key words: *Bacillus thuringiensis*, functional activity, spores titre, entomocidity, *Leptinotarsa decemlineata*.

REFERENCES

1. Bravo, A, Gomez, I, Porta, H., García-Gómez, B. I., Almazán, C. R., Pardo-Lopez, L., & Soberón, M. (2013). Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry Toxins Insecticidal Activity. *Microbial Biotechnol*, 6, 17–20. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2012.00342.x>

2. Wei, S., Chelliah, R., Park, B.-J., Kim, S.-H., Forghani, F., Cho, M., Park, D.-S., Jin, Y.-G., & Oh, D. (2019). Differentiation of *Bacillus thuringiensis* From *Bacillus cereus* Group Using a Unique Marker Based on Real-Time PCR. *Front. Microbiol.*, 10, 883. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00883>

3. Crickmore, N. (2000). The diversity of *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxins. In J.-F. Charles, A. Delecluse, C. Nielsen-Le Roux (Eds.). *Entomopathogenic Bacteria: From Laboratory to Field Application* (pp. 65–79). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

4. Smirnov, V. V., Sorokulova, I. B., Pynchuk, I. V. (2001). Bakterii roda *Bacillus* — perspektivnyy istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv [Bacteria of the genus *Bacillus* — a promising source of biologically active substances]. *Mikrobiologicheskyy zhurnal — Microbiological Journal*, 63 (1), 72–78 [in Russian].

5. Safronova, L. A., Zelena, L. B., Kloch-

- ko, V. V., & Reva, O. N. (2012). Does the applicability of *Bacillus* strains in probiotics rely upon their taxonomy. *Canadian Journal of Microbiology*, 58(2), 212–219. <https://doi.org/10.1139/w11-113>
6. Patyka, T. I., Lisovyi, M. M., Patyka, M. V., & Kolodiazhnyi, O. Yu. (2016). Biotsenotychni pidkhody pry vykorystanni entomopatohennykh bakterii *Bacillus thuringiensis* pid chas vechetatsii ta v umovakh zberihannia produktsii [Biocenotic approaches in vicarious entomopathogenic bacteria *Bacillus thuringiensis* during the growing season and in the minds of the production]. *Mikrobiolohichnyy zhurnal — Microbiological Journal*, 3, 69–77 [in Ukrainian].
7. Patyka, N. V., Patyka, T. I. (2020). Symbiotic microbial communities of insects: functioning and entomopathogenic action potential initiation on the example of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological Journal*, 82(1), 62–73. <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.01.062>
8. Kriuchkova, L. (2007). Biological control of leaf disease of barley with *Bacillus* strain. *Biologija*, 63 (3), 289–295. <https://doi.org/10.6001/biologija.v63i3.3584>
9. Lamenha, C., Finker, L. (2012). *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* to insect control: process development of small scale production to pilot plant fermenters. *Federal University of Pernambuco Brasil*, 613–627.
10. Burges, D. H. (2001). *Bacillus thuringiensis* in pest control. *Pestic. Outlook*, 12, 90–98.
11. Boyko, M. V., Patyka, N. V., Patyka, T. I. (2017). Estimation of productivity *Bacillus thuringiensis* on different med. *Microbiology & Biotechnology*, 1, 16–22. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2017.1\(37\).96320](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2017.1(37).96320)
12. Abbot, W. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18, 265–267.
13. Leskova, A. Ya. (1984). *Metodicheskie ukazaniya po identifikatsii kul'tur B. thuringiensis i otsenki ikh patogennykh svoystv* [Guidelines for the identification of cultures of *B. thuringiensis* and the assessment of their pathogenic properties]. Leningrad [in Russian].
14. DSTU 4954:2008. Produkty pereroblennia fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachennia tsukriv [Products of processing fruits and vegetables. Methods for the determination of sugars], Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2009 [in Ukrainian].

Received 05.04.2022