

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОМЕТОДУ В ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ ЗАХИСТУ РОСЛИН

О.В. Шерстобоева¹, А.Б. Крижанівський², А.І. Крижко¹

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН
(м. Київ, Україна)

e-mail: ovsher@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8239-0847

² Інститут прикладної біотехнології БТУ-Центр
(с. Софіївська Борщагівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна)
e-mail: Andrew.506@ukr.net

У статті наведено аналіз сучасних вітчизняних та світових літературних даних щодо застосування мікробіометоду у захисті рослин. Доведено, що біопрепарати на основі різних біотипів ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis*, завдяки високій специфічності до різних видів комах та нешкідливості для імаго бджіл, теплокровних і прісноводних організмів, залишаються на провідному місці в системах інтегровано-го захисту рослин в усьому світі. На їх долю припадає до 95% усіх біоінсектицидів. Будучи природними елементами біоценозів, ентомопатогенні мікроорганізми не завдають шкоди рослинам. Більше того, внесення ряду бактерій у ґрунт і на поверхню рослин сприяє росту сільськогосподарських культур і збільшенню їх урожайності. До переваг біопрепаратів відносять високу ефективність та специфічність дії, меншу витрату при більшій ефективності для сприятливих видів, абсолютну нешкідливість для ссавців і корисної фауни. Заміна токсичних хімічних пестицидів препаратами *B. thuringiensis* зменшує і токсичне навантаження на працівників сільського господарства *B. thuringiensis* та її токсини добре і швидко деградують у філоплані внаслідок впливу ультрафіолетового випромінювання. Дія бактерії на нецільові організми мінімальна. Враховуючи економічну неконкурентоспроможність біоінсектицидів порівняно з хімічними інсектицидами, їх застосування в інтегрованих системах захисту доцільне для контролю фітофагів, проти яких вони високоефективні. Негативним наслідком хімічних інсектицидів є не лише забруднення навколишнього середовища та отриманої продукції, а й формування і розповсюдження резистентних рас і популяцій шкідників. Внаслідок систематичного використання хімічних засобів частина комах, що залишились живими, дає потомство, яке є стійким до цих засобів, тому винаходити все нові та нові хімічні засоби, що, своєю чергою, пов'язано зі значними затратами. Недоліками використання отрутохімікатів є також певний термін їх зберігання, після закінчення якого вони втрачають токсичність для комах, але при цьому зростає їх фітотоксичність, тобто здатність викликати опіки листків та інших органів рослин. Більша вартість мікробіометоду виправдовується відсутністю негативних віддалених наслідків, які дає масове застосування хімічних інсектицидів.

Ключові слова: мікробіометод, інсектициди, біопрепарати, захист рослин, екологічні ризики.

За останній час у галузі землеробства та сільськогосподарського виробництва виникли серйозні тривожні тенденції, такі як зниження родючості ґрунтів, високі втрати врожаїв за рахунок шкідників, збудників хвороб, рудерально-сегетальної фітобіоти, екологічне неблагополуччя агроландшафтів, забруднення, яке викликане антропогенним впливом, у тому числі і хімікатами,

що веде до зниження якості сільськогосподарської продукції. Нині стає очевидним, що здійснювані раніше заходи щодо використання та охорони природних ресурсів явним чином недостатні і не можуть вирішити проблему захисту навколишнього середовища. Багаторічна практика застосування хімічних пестицидів свідчить, що багато з них є токсикантами широкого спектра дії. Пестициди можуть накопичуватися і циркулювати в навколишньому

середовищі, порушувати природні біоценози, завдавати шкоди корисним видам тварин, здоров'ю людини, створювати потенційну загрозу віддалених шкідливих наслідків [1].

У ХХ ст. було розроблено концепцію фітосанітарної оптимізації рослинництва. Вона прийшла на зміну інтенсивного хімічного захисту на основі використання пестицидів за схемою календарних обробок, які ігнорують фактичний стан посівів, в інтегрованому захисті рослин. Нова концепція передбачає переважне використання біологічних та агротехнічних методів. Така зміна орієнтації зумовлена тим, що хімічні пестициди поряд із перевагами (швидке і різке зниження чисельності більшості видів комах) володіють і істотними недоліками, такими, як накопичення залишків хімікатів у сільськогосподарській продукції, забруднення навколишнього середовища (водойм, ґрунту, повітря), знищення нецільових об'єктів (корисних комах, риб, птахів) та інші. Найбільш приваблива альтернатива хімічним пестицидам — природні агенти (ентомофаги, гербіфаги й мікроорганізми), що регулюють чисельність фітофагів, збудників хвороб рослин і бур'янів у природних біоценозах [2].

Ще наприкінці ХІХ ст. український вчений І.І. Мечников обґрунтував і реалізував можливість використання ентомопатогенних грибів проти комах-фітофагів сільськогосподарських культур, що спонукало дослідників різних країн до розробки біологічних препаратів. Так, у 1915 р. співвідношення біологічних і хімічних інсектицидів, що вироблялось у світі було 1:1, однак до середини століття воно вже становило 1:20. Таке різке падіння інтересу до біопрепаратів пояснювалось широким і успішним використанням розробленого хімічного інсектициду ДДТ. Однак незабаром захоплення з приводу його використання змінилися глибоким розчаруванням, оскільки наслідки його застосування виявилися і залишаються досі дуже серйозними.

Тому відновився інтерес до біологічних методів захисту, з'явилися препарати ен-

тобактерин і дендробацилін, був введений у дію завод із промислового виробництва біопрепаратів. Активізувалися дослідження з використання ентомофагів для захисту рослин.

Загальна криза економіки та аграрного сектору, яка розпочалась у 90-ті роки минулого століття, негативно позначилась і на біологічному захисті рослин. Однак незабаром знову намітилась тенденція зростання ролі біологічних методів у загальній системі інтегрованого захисту рослин, виникла нова ідеологія біологічного захисту, адаптована до регіональних умов, заснована на використанні розширення асортименту біологічних засобів захисту рослин та збереженні природних регуляторів чисельності шкідливих видів [2].

Світові об'єми ринку біопестицидів нині становлять понад 5 млрд дол., або близько 5% ринку засобів захисту рослин. За даними DunhamTrimme, IBMA, FIBL 67% усіх компаній, що виробляють біопестициди, знаходяться у Північній Америці і в Європі, Азіатсько-Тихоокеанський регіон — 16%, Латинська Америка — 15% і 5% в інших країнах [3].

Ринок біопестицидів знаходиться на стадії становлення жорсткої конкуренції. Певне значення мають і соціальні фактори, пов'язані з виробництвом та використанням генномодифікованих мікроорганізмів. Перевагами біопестицидів є і той фактор, що вартість розробки та впровадження у практику для них значно нижча, ніж для хімічних препаратів, сягає, відповідно 2 млрд дол., порівняно з 60 млн дол. та 140 тис. дол. порівняно з 20 млн дол. відповідно. Зменшення вартості виробництва біопестицидів досягається шляхом оптимізації умов вирощування бактерій і використання економічних поживних середовищ [4].

Хімічні пестициди мають низку істотних недоліків, вони є дорогими, потребують використання складної та дорогої техніки, але головне — завдають шкоди довкіллю, призводять до знищення корисних комах, є токсичними і можуть накопичуватись у плодах. Внаслідок систематичного вико-

ристання хімічних засобів частина комах, що залишилися живими, дає потомство, яке є стійким до цих засобів, тому винаходять все нові та нові хімічні засоби, що, своєю чергою, пов'язано зі значними затратами. Недоліками використання отрутохімікатів є також певний термін їх зберігання, після закінчення якого вони втрачають токсичність для комах, але при цьому зростає їх фітотоксичність, тобто здатність викликати опіки листків та інших органів рослин. Як правило, період зберігання отрутохімікатів не перевищує 1,5–2 років при строгому дотриманні правил зберігання. Залишки пестицидів, непридатні для подальшого застосування, підлягають знищенню на спеціальних підприємствах [5].

З іншого боку, надлишкове пестицидне навантаження призвело до зниження ролі природних факторів (хижаки, паразити, патогени) в регулюванні чисельності рослиноїдних організмів. У результаті відбулося не тільки впровадження нових шкідників, а й розширення кола і ареалу домінуючих та економічно значущих видів за рахунок організмів, що не привертало раніше уваги. Серед них відзначені як карантинні об'єкти, так і вірусоносії, наприклад, каліфорнійський трипс, тютюнова білокрилка, багато нематод, що переносять віруси томатів, огірків, картоплі і т. д. [6].

Негативні наслідки надмірного заповнення швидкодійними хімічними препаратами в гонитві за миттєвим ефектом неминуче повинні привести до формування та розповсюдження резистентних рас і популяцій шкідників. У середині минулого століття налічували до 120 резистентних видів комах, у т. ч. й стійких до хлор- і фосфорорганічних пестицидів. У 2012 р. у світі було зареєстровано вже понад 10 тис. випадків резистентності до 338 речовин у 574 видів членистоногих [7; 8].

Однією із складових інтегрованого захисту є мікробіологічний метод, який ґрунтується на використанні ентомопатогенних мікроорганізмів — природних паразитів шкідливих комах. Мікробні препарати характеризуються високою вибірковістю інсектицидної дії, безпечністю для рослин,

корисних комах, риб, теплокровних тварин та людини [9; 10].

Перевагою біологічних препаратів, основою яких є мікроорганізми та їх метаболіти, є той факт, що агенти біопрепаратів є безпечними для навколишнього середовища, тому що вони є компонентами природних біоценозів. З огляду на природу біоагента, мікробні препарати поділяють на такі групи: бактеріальні, грибні, вірусні, рикетсiальні, протозойні. Біопрепарати можуть бути також комплексними, якщо містять два і більше компонентів, що належать до різних груп [11].

У світі використання мікробних препаратів для захисту рослин не дуже поширено через низку причин. Так, порівняно з хімічними інсектицидами вони мають вузький спектр активності щодо комах, для них характерна нестабільність мікробних агентів за зберігання та у польовому використанні [12]. Однак зменшення збитків від комах-шкідників, відсутність хімічних полютантів в отриманій продукції є безумовно позитивним фактором. До переваг біопрепаратів відносять високу ефективність, пролонгованість (захисний ефект зберігається до 18 діб) та специфічність дії, меншу витрату при більшій ефективності для сприятливих видів, абсолютну нешкідливість для ссавців і корисної фауни. Заміна токсичних хімічних пестицидів препаратами *B. thuringiensis* зменшує і токсичне навантаження на працівників сільського господарства [13].

Формально вплив на стан навколишнього середовища рідко розглядається при вивченні мікробних пестицидів, оскільки він важко піддається оцінці, зважаючи на складнощі обліку та прогнозування росту мікроорганізмів. Однак поведінка та властивості *Bacillus thuringiensis* ретельно вивчена. Щодо ризику відомо, що *B. thuringiensis* та її токсини добре і швидко деградують у філоплані внаслідок впливу ультрафіолетового випромінювання. Дія бактерії на нецільові організми мінімальна [14].

Встановлено, що біопрепарати на основі *B. thuringiensis* в рекомендованих дозах не шкідливі для імаго бджіл. Препарати не

спричиняють будь-якого впливу на теплокровні та прісноводні організми [12; 15; 16].

Будучи природними елементами біоценозів, ентомопатогенні мікроорганізми не завдають шкоди рослинам. Більше того, внесення ряду бактерій у ґрунт і на частини рослин сприяє росту сільськогосподарських культур і збільшенню врожаю [17]. Щодо термостабільного екзотоксину, що входить до складу біопрепаратів типу бітоксинациліну, то він має потенційну мутагенну активність щодо рослин [18].

Необхідно передбачити і те, що після застосування мікробних препаратів комахі якийсь час можуть продовжувати харчування, хоч і з меншою інтенсивністю. У цьому випадку, ймовірно, деяке зниження товарного вигляду продукції, однак, воно компенсується скороченням терміну очікування і екологічною чистотою врожаю.

За свідченням практиків, захист овочевих та плодівих культур за допомогою мікробних препаратів вимагає таких самих витрат, як і використання хімічних засобів, а їх застосування в садах із низьким рівнем різноманітності і чисельності шкідників обходиться на 15–20% дешевше [19]. Є дані про побічну позитивну дію обробки дерев препаратом *B. thuringiensis*, а саме зниження фітопатогенних мікроміцетів на поверхні листя яблуні, і хоч незначне, але достовірне зниження ураження рослин паршею [20]. Тому, крім ефективного захисту рослин від шкідливих комах, біопрепарати знижують загальний пестицидний прес на агроценози та навколишнє середовище.

Біопрепарати на основі різних варіантів *B. thuringiensis* посідають провідне місце в системах інтегрованого захисту рослин [21; 22]. На їх долю припадає до 95% усіх біоінсектицидів [23; 24]. Такі препарати умовно поділяють на три групи. До першої групи належать препарати, діючим агентом яких є спори бактерій та кристали ендотоксину. До них належать Лепідоцид-БТУ, Бітоксинацилін-БТУ ентобактерин, інсектин, БІП (Україна, Росія), дипел, турицид, біотро-ВТВ (США), спореїн, бактоспеїн (Франція), батурин (Чехія), диспарин (Болгарія) та ін. [25].

Друга група препаратів поряд зі спорами і кристалами містить ще термостабільний екзотоксин. До цієї групи відносять бітоксинацилін та турінгін (Росія), мускобак (Фінляндія), рекомендований проти личинок мух, а також АВГ-6146 (США), що містить 55% екзотоксину, рекомендований проти довгоносиків [25; 26].

Третя група представлена препаратами, що містять очищені токсини, наприклад, туринтакс на основі екзотоксину (Румунія). В Японії одержують препарати на основі білкових кристалів ендотоксину [25].

Як неоліком, так і перевагою більшості існуючих бактеріальних препаратів є вузький спектр інсектицидної дії, їх висока специфічність. Біобіт, форей, дипел, турицид, бактоспеїн, флорбак, костар — активні проти комах ряду *Lepidoptera*; новодор, трідент, бацикол — проти комах ряду *Coleoptera*, бактокуліцид, москитур — проти комах ряду *Diptera* [22]. Такі мікробні препарати найбільш ефективні при застосуванні для захисту дикоростучих рослин, які частіше уражуються монопопуляціями шкідників. Що стосується сільськогосподарських культур, у тому числі тих, що вирощуються в умовах захищеного ґрунту, то досить часто виникають ситуації, коли рослини одночасно уражуються шкідниками, що належать до різних систематичних груп, чисельність яких потрібно контролювати.

Розширити спектр дії препаратів вчені намагаються створенням рекомбінантних штамів-продуцентів. Так, було отримано препарат — Равен (виробник EcoGen), активний проти комах рядів *Lepidoptera* *Coleoptera* [24].

ВИСНОВКИ

Таким чином, враховуючи відсутність дії біоінсектицидів на більшість видів корисної ентомофауни, їх застосування в інтегрованих системах захисту рослин є доцільним. Їх економічна неконкурентоспроможність виправдовується відсутністю екологічних негативних наслідків, зокрема видалених, які має масове застосування хімічних інсектицидів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика): моногр. Москва: ООО «Издательство Агрорус», 2004. 466 с.
2. Крижанівський А.Б. Вплив інсектицидів на основі *Bacillus thuringiensis* на шкідливу ентомофауну яблуневого саду. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 4. С. 127–129.
3. Український ринок біопрепаратів росте — дослідження. URL: <https://btu-center.com/news/ukrainskiy-rinok-biopreparativ-roste-doslidzhennya.html>
4. Добрица А.П. и др. Разработка биопестицидов против колорадского жука. *Российский Химический Журнал*. 2001. Т. 45. № 5–6. С. 174–184.
5. Екологічна безпека агропромислового виробництва: моногр. / за ред. О.І. Фурдичка і А.І. Бойка. Київ: ДІА, 2013. 416 с.
6. Brown D. and Weischer B. Specificity, exclusivity and complementarity in the transmission of plant viruses by plant parasitic nematodes: An annotated terminology. *Fundamental and Applied Nematology*. 1998. № 21(1). P. 1–11.
7. Šestović M. Problem rezistentnosti insekata s aspecta integralne zaštite biljaka. *Agron. glas.* 1974. 36. № 9–12. P. 603–610.
8. Whalon M.E., Mota-Sanchez D. and Hollingworth R.M. Global pesticide resistance in arthropods. MRM Graphics Ltd, Winslow, UK, 2018. 177 p.
9. Крижанівський А.Б., Шерстобоева О.В. Реакція фотосинтетичного апарату яблуні на хімічний та біологічний засоби захисту від шкідливих комах. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 4. С. 137–139.
10. Крижанівський А.Б. Вплив штамів *Bacillus thuringiensis* Конфідор екстра на ферментативну активність у листках яблуні. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 3. С. 133–136.
11. Molinatto G. et al. Key impact of an uncommon plasmid on *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* S499 developmental traits and lipopeptide production. *Frontiers in Microbiology*. 2017. № 8. P. 66–71.
12. Крижанівський А.Б., Пасічник Т.В. Алелопатична дія листя яблуні на ентомопатогенні штамми *Bacillus thuringiensis*. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 2. С. 117–120.
13. Eugene W. et al. 100 years of *Bacillus thuringiensis*: A Critical Scientific Assessment. American society for microbiology. 2002. 22 p.
14. Dreghal O.A. et al. Strains of soil microorganisms promising for the creation of a complex plant protection product against mycoses and harmful insects. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 9 (1). 2018. P. 68–74.
15. Sherstoboeva O.V. and Kryzhanivskiy A.B. Apple tree allelopathic action on protection abilities of *Bacillus thuringiensis* from pest insects. *Microbiological aspects of optimization of the production process of cultured crops: proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference* (Chernihiv, June 16–18, 2015). Chernihiv, 2015. P. 36–37.
16. Baum J.A. and Johnson B.C. *Bacillus thuringiensis* natural and recombinant bioinsecticide products. *Method in biotechnology*. 2008. № 5. P. 189–209.
17. Шерстобоева О.В., Демидов О.А., Крижанівський А.Б. Вплив ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis* на урожайність і якість плодів яблуні. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2016. № 23. С. 49–53.
18. Крижко А. Вплив штамів *B. thuringiensis* на на пігментний апарат листя картоплі. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 2. С. 111–114.
19. Ткаленко Г. Біологічні препарати в захисті рослин. *Пропозиція*: спец. випуск. 2015. С. 2–16.
20. Крижанівський А.Б., Громова О.П. Ефективність біологічних препаратів для захисту яблуневих насаджень від листогризучих шкідників. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 8 (228). С. 13–15.
21. Патыка В.Ф., Патыка Т.И. Экология *Bacillus thuringiensis*. Киев: ПДАА, 2007. 216 с.
22. Патыка Т.И., Патыка Н.В., Патыка В.Ф. Энтомоцидная и ларвицидная активность *Bacillus thuringiensis*. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Сер. Біол. 2009. № 25. С. 8–12.
23. Кандыбин Н.В., Ермолова В.П., Патыка Т.И. К вопросу формирования резистентности насекомых к *Bacillus thuringiensis*: тезис доповідей XII з'їзду Товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (25–30 травн., 2009 р.). Ужгород: «Патент», 2009. С. 306.
24. Navon A. *Bacillus thuringiensis* insecticides in crop protection — reality and prospects. *Crop Protection*. 2020. № 19. P. 669–676.
25. Бровдій В.М., Гулий В.В., Федоренко В.П. Біологічний захист рослин: навч. посіб. Київ: Світ, 2004. 348 с.
26. Кадырова Г.Х., Шакиров З.С., Халилов И.М., Федорова Т.А. Изучение β-екзотоксина у местных штаммов бактерий *Bacillus thuringiensis*: тезис доповідей XII з'їзду Товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (25–30 трав. 2009 р.). Ужгород: «Патент» 2009. С. 409.

REFERENCES

1. Zhuchenko, A.A. (2004). *Jekologicheskaja genetika kulturnykh rastenij i problemy agrosfery (teorija i praktika) [Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice)]*. Moskva: LLC «PublishingHouseAgorus» [in Russian].
2. Kryzhanivskiy, A.B. (2013). Vplyv insektytsydiv na osnovi *Bacillus thuringiensis* na shkidlyvu entomofaunu yablunevoho sadu [The effect of insecticides based on *Bacillus thuringiensis* on the harmful entomofauna of the apple orchard]. *Agroekologichnyj zhurnal — Agroecological journal*, 4, 127–129 [in Ukrainian].

3. The Ukrainian market of biopreparations is growing — research. URL: <https://btu-center.com/news/ukrainian-rinok-biopreparativ-roste-doslidzhen-nya.html>
4. Dobrica, A.P. et al. (2001). Development of biopesticides against the Colorado beetle. *Rossiyskiy Khimicheskii Zhurnal — Russian Chemical Journal*, 45 (5–6), 174–184 [in Russian].
5. Furdychko, O.I. & Bojko, A.L. (Eds.). (2013). *Ekologichna bezpeka agropromysloвого виробництва [Ecological safety of agro-industrial production]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
6. Brown, D. & Weischer, B. (1998). Specificity, exclusivity and complementarity in the transmission of plant viruses by plant parasitic nematodes: An annotated terminology. *Fundamental and Applied Nematology*, 21 (1), 1–11 [in English].
7. Šestović, M. (1974). Problem rezistentnosti insekata s aspekta integralne zaštite biljaka. *Agron. glas.*, 36 (9–12), 603–610 [in English].
8. Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. & Hollingworth, R.M. (2018). Global pesticide resistance in arthropods. MRM Graphics Ltd, Winslow, UK [in English].
9. Kryzhanivskiy, A.B. & Sherstoboyeva, O.V. (2014). Reaktsiia fotosyntetichnyho aparatu yabluni na khimichniyi ta biolohichniyi zasoby zakhystu vid shkidlyvykh komakh [The reaction of the photosynthetic apparatus of the apple tree to chemical and biological means of protection against harmful insects]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 4, 137–139 [in Ukrainian].
10. Kryzhanivskiy, A.B. (2015). Influence of *Bacillus thuringiensis* and Konfidor extra strains on enzymatic activity in apple leaves [Vplyv shtamiv *Bacillus thuringiensis* i Konfidor ekstra na fermentatyvnu aktyvnist u lystkakh yabluni]. *Agroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 133–136 [in Ukrainian].
11. Molinatto, G. et al. (2017). Key impact of an uncommon plasmid on *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* S499 developmental traits and lipopeptide production. *Frontiers in Microbiology*, 8, 66–71 [in English].
12. Kryzhanivskiy, A.B. & Pasichnyk, T.V. (2015). Allelopatychna diia lystia yabluni na entomopatohenni shtamy *Bacillus thuringiensis* [Allelopathic action of apple leaves on entomopathogenic strains of *Bacillus thuringiensis*]. *Agroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 117–120 [in Ukrainian].
13. Eugene, W. et al. (2002). 100 years of *Bacillus thuringiensis*: A Critical Scientific Assessment. American society for microbiology, 22 [in English].
14. Drehal, O.A. et al. (2018). Strains of soil microorganisms promising for the creation of a complex plant protection product against mycoses and harmful insects. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (1), 68–74 [in Russian].
15. Sherstoboieva, O.V. & Kryzhanivskiy, A.B. (2015). Apple tree allelopathic action on protection abilities of *Bacillus thuringiensis* from pest insects. Microbiological aspects of optimization of the production process of cultured crops: proceedings of the international scientific and practical internet conference (p. 36–37). Chernihiv [in English].
16. Baum, J.A. & Johnson, B.C. (2008). *Bacillus thuringiensis* natural and recombinant bioinsecticide products. *Method in biotechnology*, 5, 189–209 [in English].
17. Sherstoboieva, O.V., Demydov, O.A. & Kryzhanivskiy, A.B. (2016). Vplyv entomopatohennykh bakterii *Bacillus thuringiensis* na urozhaist i yakist plodiv yabluni [Influence of entomopathogenic bacteria *Bacillus thuringiensis* on yield and quality of apple fruits]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia — Agricultural microbiology*, 23, 49–53 [in Ukrainian].
18. Kryzhko, A. (2009). Vplyv shtamiv *B. thuringiensis* na pihmentnyi aparat lystia kartopli [The effect of strains of *B. thuringiensis* on the pigment apparatus of potato leaves]. *Agroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 111–114 [in Ukrainian].
19. Tkalenko, H. (2015). Biolohichni preparaty v zakhysti roslin [Biological preparations in plant protection]. *Propozytsiia: spets. vypusk — Offer: special issue*, 1, 2–16 [in Ukrainian].
20. Kryzhanivskiy, A.B. & Gromova, O.P. (2015). Efektyvnist biolohichnykh preparatv dlia zakhystu yablunevykh nasadzhen vid lystohryzuchykh shkidnykyv [Effectiveness of biological preparations for protection of apple plantations from leaf-biting pests]. *Karantyn i zakhyst Roslyn — Quarantine and plant protection*, 8 (228), 13–15 [in Ukrainian].
21. Patyka, V.F. (2007). *Jekologija Bacillus thuringiensis [Ecology of Bacillus thuringiensis]*. Kyiv: PDAA Publishing House [in Russian].
22. Patyka, T.I., Patyka, N.V. & Patyka, V.F. (2009). Jentomocidnaja i larvicidnaja aktivnost' *Bacillus thuringiensis* [Entomocidal and larvicidal activity of *Bacillus thuringiensis*]. *Naukovyy visnyk Uzhhorodskoho universytetu — Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Ser. Biol.*, 25, 8–12 [in Russian].
23. Kandybin, N.V., Ermolova, V.P. & Patyka, T.I. (2009). K voprosu formirovanija rezistentnosti nasekomyh k *Bacillus thuringiensis* [On the formation of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*]. *XII z'ezd Tovarystva mikrobiologiv Ukrainy im. S.M. Vinogradskogo [XII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine named after S.M. Vinogradsky]*. Uzhgorod «Patent» (p. 306) [in Russian].
24. Navon, A. (2020). *Bacillus thuringiensis* insecticides in crop protection — reality and prospects. *Crop Protection*, 19, 669–676 [in English].
25. Brovdii, V.M., Hulyi, V.V. & Fedorenko, V.P. (2004). *Biolohichniyi zakhyst roslin: navchalnyi posibnyk [Biological plant protection: a textbook]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
26. Kadirova, G.Ch., Shakirov, Z.S., Chalilov, I.M. & Fedorova, T.A. (2009). Izuchenie β -ekzotoksina u mestnykh shtammov bakterij *Bacillus thuringiensis* [The study of β -exotoxin in local bacterial strains of *Bacillus thuringiensis*]. *XII z'ezd Tovarystva mikrobiologiv Ukrainy im. S.M. Vinogradskogo [XII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine named after S.M. Vinogradsky]*. Uzhgorod «Patent» (p. 409) [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 02.06.2021