

УДК 632.937.3:634:574.24

ВПЛИВ ЕНТОМОПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ *BACILLUS THURINGIENSIS* НА УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ПЛОДІВ ЯБЛУНІ

О. В. Шерстобоева, О. А. Демидов, А. Б. Крижанівський

Інститут агроекології і природокористування НААН
вул. Метрологічна, 12; м. Київ, 03143, Україна; e-mail: agroecologynaan@gmail.com.

Встановлено, що обробка рослин яблуні для контролю шкідливих комах рідкими препаратами на основі ентомопатогенних штамів бактерій *Bacillus thuringiensis* 0371, 0376 та 0408, що синтезують білковий ендотоксин і водорозчинний екзотоксин, забезпечує отримання врожаю плодів відповідно 16,2–18,1 т/га, тоді як обробка препаратом на основі штаму *B. thuringiensis* 787, який не містить у метаболітах екзотоксину, сприяє збереженню врожаю лише на рівні 12,7 т/га. Обробка яблунь препаратом на основі штаму *B. thuringiensis* 0408 сприяла отриманню плодів з підвищеною концентрацією вітаміну С. Біопрепарати не впливали негативно на якість отриманої продукції, зокрема, на вміст цукрів і органічних кислот у плодах яблуні. Лише за обробки яблунь препаратом на основі штаму *B. thuringiensis* 0371 та хімічним інсектицидом Конфідор екстра встановлено незначне перевищення оптимального цукрово-кислотного балансу у плодах яблуні для дослідженого сорту Джонсголд на 1,1 та 1,5 од. відповідно.

Ключові слова: *Bacillus thuringiensis*, яблуня, біоконтроль, врожайність, цукри, органічні кислоти.

Щорічно в Україні втрати врожаю від фітофагів, хвороб та бур'янів становлять 30–50 % врожаю. Контроль фітофагів за допомогою хімічних засобів захисту рослин, що набуло популярності у другій половині ХХ століття, призвів до насичення біосфери речовинами, токсичними для людини, тварин, корисної фауни і флори. Хімічні інсектициди та продукти їх розкладу, які часто є ще більш токсичними, ніж самі пестициди, акумулюються в оброблених рослинах і не встигають повністю виводитися з них до моменту збору врожаю [1].

Альтернативою хімічному методу захисту рослин є біометод, який ще не набув значного поширення в нашій країні. Проте у світі ринок біопрепаратів захисної дії значною мірою насичений і на 90–95 % представлений спорово-кристалічними комплексами *B. thuringiensis* [2].

Токсичність біопрепаратів зумовлена наявністю в них мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності. Специфічність дії бактерій комплексна, пов'язана з різними метабо-

літами, головним серед яких є білкове споральне утворення у вигляді кристала. Кристалоутворення є характерною ознакою *B. thuringiensis* і відіграє важливу роль в її патогенності. Метаболіти, потрапивши в мембрану епітеліальних клітин кишковика комах, утворюють пори або іонні канали. Це призводить до припливу води до клітини, створює осмотичний дисбаланс і забезпечує загибель клітини [3].

За обробки рослин рідкою культурою *B. thuringiensis* спори та кристали ендотоксину впливають на фізіологічні процеси, які відбуваються в клітинах листків рослини [4; 5], що може проявлятися у зміні якості яблукової продукції і зміні врожайності.

У зв'язку з вищезазначеним метою наших досліджень було дослідження впливу обробок яблуневих насаджень рідкими культурами *B. thuringiensis* у процесі захисту від комах-фітофагів не лише на збереження врожаю, але й на якісні показники плодів яблуні.

Матеріали й методи. Дослідження про-

водили впродовж 2013–2015 рр. на базі Інституту агроєкології і природокористування НААН та Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (НБС НАН України).

Матеріалом для досліджень були рідкі препарати, біоагентами яких є нові штами ентомопатогенних, токсиноутворюючих бактерій *Bacillus thuringiensis* 0371, 0376, 0408 і 787 (далі — Bt). Штами виділено із загиблих комах природних популяцій в АР Крим співробітниками лабораторії мікробіологічного методу захисту рослин Інституту сільського господарства Криму НААН, яким автори висловлюють щире подяку. Штами зберігаються в Колекції корисних ґрунтових мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН.

Штам Bt 787 синтезує білковий кристалічний ендотоксин, специфічний для листогризух комах-фітофагів з рядів *Coleoptera* та *Lepidoptera*. Штами Bt 0371, 0376, 0408, крім синтезу білкового кристалічного ендотоксину, продукують неспецифічний термостабільний водорозчинний екзотоксин.

Для обробки яблунь сорту Джонаголд застосовували рідкі препаративні форми досліджуваних штамів у виробничих середовищах, рекомендованих авторами штамів, з розрахунку 20 дм³/га бактеріальної суспензії з титром спор *B. thuringiensis* у робочій рідині близько $0,1 \cdot 10^9$ КУО/см³. Витрата робочої рідини становила 1000 дм³/га.

Кожним препаратом обробляли 10 рослин яблуні у 3-разовому повторенні. Для порівняння використовували хімічний системний інсектицид Конфідор екстра ВГ контактної і кишкової дії (норма використання — 70 г/га при витраті робочої рідини 1000 дм³/га). За контроль використовували дерева, оброблені водою.

Вміст цукрів у плодах яблуні визначали за допомогою ареометра. Для цього із свіжих фруктів видаляли їстівну частину, зважували та подрібнювали. Потім подрібнену масу фільтрували через фільтрувальний папір. Фільтрат обережно переливали в мірний циліндр і поміщали в термостат з температурою 20 °С. Через одну годину у пробу занурювали ареометр. За умови стійкого положення ареометру, який не торкається стінок циліндра, зі шкали приладу знімали показ-

ники густини проби [6].

Загальну кислотність визначали об'ємним методом, шляхом титрування [7]. Для цього наважку рослинного матеріалу переносили в колбу з дистильованою водою і ретельно збовтували. Потім вносили 3–4 краплі 1 %-го розчину фенолфталеїну і титрували 0,1 Н розчином NaOH до появи рожевого забарвлення, яке не зникає впродовж 20–30 секунд.

Концентрацію аскорбінової кислоти в яблучному соці визначали титриметричним методом [8], який базується на екстрагуванні аскорбінової кислоти розчином метафосфорної кислоти з подальшим титруванням розчином 2,6-дихлордифеноліндофенолята натрію до появи світло-рожевого забарвлення, яке не зникає впродовж 15–20 сек.

Результати та їх обговорення. Попередні дослідження впливу рідких культур нових ентомопатогенних штамів *B. thuringiensis* на 4 види комах-фітофагів яблуні показав високу ефективність захисту рослин [9]. Проте було встановлено й різний вплив хімічного інсектициду Конфідору екстра і штамів *B. thuringiensis* на фізіологічні характеристики рослин яблуні [4; 5]. Результати подальшого дослідження показали, що виявлені процеси в агрофітоценозі яблучного саду спричинили зміни врожайності та якості отриманої продукції.

Обробка яблунь біопрепаратами на основі нових штамів сприяла отриманню значно вищого врожаю порівняно з контролем, і найбільшим він був за обробки штамом Bt 0408 (табл. 1). Штам Bt 787, що не синтезує екзотоксину і технічна ефективність якого серед всіх досліджуваних штамів була найнижчою, спричиняв найменше збереження врожаю.

Висока технічна ефективність хімічного інсектициду Конфідор екстра забезпечувала високу урожайність яблунь, що в середньому за роки дослідження поступалася лише показникам, отриманим за використання біологічного препарату на основі штаму Bt 0408.

З іншого боку, обробка яблунь біоінсектицидами на основі штамів Bt 0371, Bt 0376 та Bt 787 призводила до незначного зниження вмісту цукрів порівняно з контролем, який варіював у межах 13,69; 13,71 та 13,92 відповідно. Концентрація цукрів у плодах рослин, оброблених Bt 0408, була вищою за

контроль на 0,58 %. Вміст цукрів у плодах за обробки хімічним інсектицидом Конфідор екстра був значно нижчим від показників контролю — на 1,58 % (табл. 2).

Таблиця 1. Урожайність яблуні сорту Джонаголд за контролю шкідливих комах різними інсектицидами (НБС НАН України, 2013–2015 рр.)

Варіанти досліджу	Урожайність за роками дослідження, т/га			Середня врожайність, т/га
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	
Без обробки, контроль	11,83	12,67	9,79	11,43
Vt 0371	17,41	17,71	13,44	16,19
Vt 0376	17,24	20,97	13,65	17,29
Vt 0408	18,52	20,16	15,47	18,05
Vt 787	13,21	12,32	12,52	12,68
Конфідор екстра	19,01	16,8	16,32	17,38
НІР ₀₅	0,43	0,28	0,61	

Таблиця 2. Вплив інсектицидів на якість плодів яблуні сорту Джонаголд (НБС НАН України, 2013–2015 рр.)

Варіанти досліджу	Вміст цукрів, %	Кислотність, %	Цукрово-кислотний індекс
Без обробки, контроль	13,88 ± 0,25	0,49 ± 0,007	28,3
Vt 0371	13,69 ± 0,18	0,44 ± 0,003	31,1
Vt 0376	13,71 ± 0,23	0,46 ± 0,006	29,8
Vt 0408	14,46 ± 0,26	0,54 ± 0,010	26,7
Vt 787	13,92 ± 0,28	0,49 ± 0,005	28,4
Конфідор екстра	12,30 ± 0,25	0,39 ± 0,010	31,5

За результатами досліджень встановлено, що вміст органічних кислот у плодах оброблених рослин знаходився в межах 0,39–0,54 %. Обробка яблунь штамом Vt 0371 та Vt 0376 забезпечувала незначне зниження кислотності — на 0,05 % та 0,03 % відповідно. Обробка яблунь препаратом на основі штаму Vt 0408 сприяла підвищенню кислотності плодів на 0,05 %. Таке явище слід оцінювати позитивно, адже органічні кислоти, зокрема яблучна, мають консервуючі властивості, що сприяє збільшенню терміну зберігання продукції. Значне зниження вмісту

органічних кислот спостерігали за обробки рослин Конфідором екстра — 0,1 %. У таких плодах процес досягання буде проходити значно швидше порівняно з продукцією, отриманою за обробки біологічними препаратами, що потребуватиме додаткових затрат на зберігання.

Гармонійність смаку визначається не абсолютним вмістом цукрів або кислот, а їх співвідношенням — цукрово-кислотним індексом (ЦКІ). За даними З. А. Седової (1985), А. А. Кладь та Т. Г. Причко (1999), ЦКІ у плодах яблуні варіює у межах 6,7–96,8 [10; 11]. У плодах з високими смаковими якістьями та з оптимально збалансованим вмістом цукрів і кислот ЦКІ становить 16–30. За використання засобів захисту яблунь від комах-фітофагів ЦКІ у плодах коливався в межах 26,7–31,5 (див. табл. 2). Лише штам Vt 0371 та Конфідор екстра спричиняли незначне відхилення цього показника від оптимального.

Обробка яблунь препаратом на основі Vt 0408 сприяла отриманню плодів з підвищеною концентрацією вітаміну С — на 12 % порівняно з контролем, що обумовлено відсутністю значного стресового впливу на фізіологічний стан яблуні, як це було показано вище. У плодах рослин, отриманих за обробки іншими препаратами, змін концентрації аскорбінової кислоти не спостерігали. За обробки яблунь хімічним інсектицидом Конфідор екстра концентрація аскорбінової кислоти в плодах дещо знизилася. Такі плоди знижують свою здатність до тривалого зберігання.

З усіх досліджених інсектицидів лише біопрепарат на основі штаму Vt 0408 сприяв покращенню якості плодів яблуні та отриманню найбільшого врожаю.

Отже, застосування біоконтролю комах-фітофагів у яблуневому саду забезпечило отримання врожаю плодів у середньому на рівні 12,68–18,05 т/га. Найвищу врожайність отримали за обробки рослин препаратами на основі штамів *B. thuringiensis* 0408 та 0376, що становить у середньому 18,05 та 17,29 т/га відповідно. Урожайність яблуні за умов хімічного захисту від комах-фітофагів становила в середньому 17,38 т/га. Отже, за збереженням врожаю плодів, ефективність захисту хімічного і біологічного інсектицидів була однаковою.

Плоди яблуні сорту Джонаголд мають високі смакові якості, і досліджувані біоінсектициди на основі штамів *B. thuringiensis* 0376, 0408, 787 істотно не впливали на баланс цукрів і органічних кислот у них. Лише обробка яблунь штамом *B. thuringiensis* 0371 та Конфідор екстра змінювали цукрово-кислотний індекс у бік підвищення на 1,1 та 1,5 одиниць від оптимуму.

1. Наукові основи сталого розвитку агроєко-систем : монографія. — Т. 1. Екологічна безпека агропромислового виробництва / за ред. О. І. Фур-дичка. — К. : ДІА, 2013. — 704 с.

2. Baker K. The nature and practice of biological control of plant pathogens / Cook I., Baker K. — St. Paul, 1996. — 366 p.

3. D'Amico V. Biological activity of *Bacillus thuringiensis* and associated toxins against the Asian longhorned beetle (*Coleoptera: Ceram bycidae*) / V. D'Amico, J. D. Podgwaite, S. Duke // J. Entomol. Sci. — 2004. — Vol. 39, № 3. — P. 318–324.

4. Крижанівський А. Б. Вплив штамів *Bacillus thuringiensis* та Конфідор екстра на фермента-тивну активність у листках яблуні / А. Б. Кри-жанівський // Агроєкологічний журнал. — 2015. — № 3. — С. 133–136.

5. Крижанівський А. Б. Реакція фотосинте-тичного апарату яблуні на хімічний та біологіч-ний засоби захисту від шкідливих комах / А. Б. Крижанівський, О. В. Шерстобоева // Зба-

лансоване природокоористування. — 2014. — № 4. — С. 137–139.

6. ДСТУ 6062:2008. Ареометричний метод визначення вмісту розчинних сухих речовин. Фрукти, овочі та продукти перероблення. — [Чинний від 2011-01-01]. — К. : Держспожив-стандарт України, 2010. — 13 с. — (Національ-ний стандарт України).

7. ГОСТ 25555.0-82. Методы определения титруемой кислотности. Продукты переработки плодов и овощей. — [Действующий от 1983-01-01]. — М. : Стандартиформ, 2010. — С. 76–78. — (Межгосударственный стандарт).

8. ГОСТ 24556-89. Методы определения ви-тамина С. Продукты переработки плодов и ово-щей. — [Действующий от 1990-01-01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2003. — 76 с. — (Межгосударственный стандарт).

9. Крижанівський А. Б. Ефективність біоло-гічних препаратів для захисту яблуневих насад-жень від листогризучих шкідників / А. Б. Кри-жанівський, О. П. Громова // Карантин і захист рос-лин. — 2015. — № 8 (228). — С. 13–15.

10. Седова З. А. Яблоки — высшим сортом / З. А. Седова. — Тула : Приокское изд-во, 1985. — 103 с.

11. Причко Т. Г. Переработка продукции сырьевых садов и выработка новых видов кон-сервов / Т. Г. Причко, Т. А. Кошелева // Садовод-ство и виноградарство XXI века : матер. междунар. научн.-практ. конф. / Краснодар : СКЗНИИСиВ, 1999. — С. 181–184.

ВЛИЯНИЕ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ *BACILLUS THURINGIENSIS* НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ ЯБЛОНИ

Е. В. Шерстобоева, О. А. Демидов,
А. Б. Крижанивский

Институт агроэкологии и природопользования
НААН, г. Киев

Установлено, что обработка растений яблони препаратами на основе штаммов *Bacillus thuringiensis*, синтезирующих эндо-генный токсин и экзотоксин, обеспечивает получение урожая плодов соответственно на уровне 16,2–18,1 т/га, препарат на основе штамма, не синтезирующего экзотоксин, способствует сохранению урожая на уровне 12,7 т/га. Обработка яблонь препаратом на основе штамма *B. thuringiensis* 0408 способствовала получению плодов с повышенной концентрацией витамина С. Биопрепараты

IMPACT OF ENTOMOPATHOGENIC BACTERIA *BACILLUS THURINGIENSIS* ENTOMOPATHOGENIC ON THE YIELD AND QUALITY OF APPLE FRUIT

О. V. Sherstoboieva, O. A. Demidov,
A. B. Kryzhanivskiy

Institute of Agroecology and Environmental
Management, NAAS, Kyiv

It was established that treatment of apple trees for control over harmful insects with liquid preparations based on entomopathogenic strains of *Bacillus thuringiensis* 03071, 0376, and 0408 which synthesize protein endotoxins and water-soluble exotoxin, provides a yield of fruit according to the level of 16.2–18.1 t/ha, whereas treatment with preparation based on strain *B. thuringiensis* 787, that does not contain exotoxin in metabolites, contributes to the yield at the level of only 12.7 t/ha. Treatment of apple trees with preparation based on the strain

негативно не влияли на качество полученной продукции, в частности, на содержание сахаров и органических кислот в плодах яблони. Только обработки деревьев препаратом на основе штамма *B. thuringiensis* 0371 и химическим инсектицидом Конфидор экстра незначительно повышали оптимальный углеводно-кислотный баланс в яблочном соке на 1,1 и 1,5 ед. соответственно.

Ключевые слова: *Bacillus thuringiensis*, яблоня, биоконтроль, урожайность, сахара, органические кислоты.

B. thuringiensis 0408 contributed to growth of fruits with increased vitamin C concentration. Biopreparations had no negative impact on the quality of resulting product, in particular on the content of sugars and organic acids in apple fruits. Only after treatment of apple trees with preparation based on the strain *B. thuringiensis* 0371 and chemical insecticide Confidor extra, slight exceed of optimal sugar-acid balance in apple fruits was found for studied variety Jonagold by 1.1 and 1.5 U, respectively.

Key words: *Bacillus thuringiensis*, apple, biocontrol, yield, sugars, organic acids.