

## Efficiency of the application of bio preparations for managing the development of tomato diseases

O. Chaiuk  | E. Chumak

### Article info

Correspondence Author

O. Chaiuk

E-mail:

[iob.vchena@gmail.com](mailto:iob.vchena@gmail.com)

Institute of Vegetable and Melon Growing of the NAAS  
1, Institutskaya st.,  
Selektsiyne, Kharkiv rg,  
62478, Ukraine

**Citation:** Chaiuk, O., & Chumak, E. (2026). Efficiency of the application of bio preparations for managing the development of tomato diseases. *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 24–29. doi: 10.31210/spi2026.29.01.04

Tomato is one of the leading vegetable crops, but significant damage to its harvest is caused by the development of diseases, the losses from which can reach 30 %. In this regard, studies are relevant to establish the effectiveness of the use of biological products to limit the development of major tomato diseases in open ground conditions and increase their yield. According to the results of phytosanitary monitoring of tomato crops in open ground conditions during the growing seasons of 2024–2025, it was established that the dominant fungal disease in the agroecosystem is early dry spot or alternariosis (*Alternaria solani* Ell. et Mart.). In the fruit formation phase, the prevalence of the disease on average over the years of research was 88,1 %, and the intensity of development was 32,3 %. Anthracnose damage to tomato fruits was noted (*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes). The prevalence of the disease was 20,0 % with an intensity of development of 14,8 %. Bacterial diseases were represented by pathogens of wet bacterial rot (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) and black bacterial spot (*Xanthomonas vesicatoria* Doidge). The prevalence of wet bacterial rot reached 23,0 %, and black bacterial spot did not exceed 10,0 %. It was established that the treatment of plants with biological products significantly reduces the development of tomato diseases in open ground conditions. The technical efficiency of their use against the complex of tomato diseases was within 30,6–54,7 %, while the chemical standard – 50,5–63,2 %. The best protection of tomatoes from diseases among biological products was provided by 5-time treatment of plants with Vitastim BT and Fitosporin BT (10 l/ha). The technical effectiveness of this measure to limit the development of fungal diseases (Alternaria blight, anthracnose) was 45,8–52,7 %, bacterial (wet rot, black bacterial spot) – 52,3–54,7 %. The use of biological products contributed to an increase in the marketable yield of tomato fruits by 2,42–4,63 t/ha, which indicates the effectiveness of their use and the feasibility of using them to control tomato diseases.

**Keywords:** tomato, biological products, Alternaria blight, anthracnose, bacterial diseases, yield.

## Ефективність застосування біопрепаратів для контролю розвитку хвороб томата

О. О. Чаюк | Е. Л. Чумак

Інститут овочівництва і баштанництва НААН  
селище Селекційне, Україна

Томат є однією з провідних овочевих культур, однак значної шкоди його урожаю завдає розвиток хвороб, збитки від яких можуть сягати 30 %. У зв'язку з цим, актуальними є дослідження з встановлення ефективності застосування біопрепаратів для обмеження розвитку основних хвороб томата в умовах відкритого ґрунту та підвищення його урожайності. За результатами фітосанітарного моніторингу посівів томатів в умовах відкритого ґрунту впродовж вегетаційних періодів 2024–2025 рр. встановлено, що домінуючою грибною хворобою в агроценозі є рання суха плямистість або альтернаріоз (збудник – гриб *Alternaria solani* Ell. et Mart.). У фазі плодоутворення поширеність хвороби в середньому за роками досліджень сягала 88,1 %, а інтенсивність розвитку склала 32,3 %. Відмічено ураження плодів томата антракнозом (збудник – гриб *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes). Поширеність хвороби становила 20,0 % при інтенсивності розвитку 14,8 %. Бактеріальні хвороби були представлені збудниками мокрої бактеріальної гнилі (збудник – бактерія *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) та чорної бактеріальної плямистості (збудник – бактерія *Xanthomonas vesicatoria* Doidge). Поширеність мокрої бактеріальної гнилі сягала 23,0 %, а чорної бактеріальної плямистості не перевищувала 10,0 %. Встановлено, що обробка рослин біопрепаратами суттєво знижує розвиток хвороб томата в умовах відкритого ґрунту. Технічна ефективність їх застосування проти комплексу хвороб томата була в межах 30,6–54,7 %, тоді як хімічного еталону – 50,5–63,2 %. Найкращий захист томата від хвороб серед біопрепаратів забезпечила 5-разова обробка рослин препаратами Вітастим БТ та Фітоспорін БТ (10 л/га). Технічна ефективність цього заходу для обмеження розвитку грибних хвороб (альтернаріоз, антракноз) становила 45,8–52,7 %, бактеріальних (мокра гниль, чорна бактеріальна плямистість) – 52,3–54,7 %. Використання біопрепаратів сприяло збільшенню товарної урожайності плодів томата на 2,42–4,63 т/га, що свідчить про ефективність їх застосування та доцільність використання для контролю хвороб томата.

**Ключові слова:** томат, біопрепарати, альтернаріоз, антракноз, бактеріальні хвороби, урожайність.

**Бібліографічний опис для цитування:** Чаюк О. О., Чумак Е. Л. Ефективність застосування біопрепаратів для контролю розвитку хвороб томата. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. № 29 (1). С. 24–29.



## Вступ

Томат є однією з провідних овочевих культур як у світі, так і в Україні. Його цінність обумовлена наявністю численних біологічно активних речовин, серед яких мінерали, незамінні амінокислоти, цукри та харчові волокна [11]. Томати є джерелом вітамінів груп В, Е та особливо великої кількості вітаміну С [6, 15, 24]. Плоди томатів знаходять широке застосування не лише у свіжому, а й у переробленому вигляді, зокрема у консервуванні та сушінні, що дозволяє отримати продукцію з високою економічною цінністю [9, 11]. Значної шкоди урожаю томатів завдає розвиток хвороб, збитки від яких можуть сягати 30–80 % [8, 15, 16, 20].

Оскільки масове використання пестицидів в сільському господарстві призводить до забруднення довкілля й урожаю, альтернативою може бути впровадження більш безпечних і екологічно чистих біологічних засобів захисту рослин [1, 13, 14]. Біологічні препарати, на відміну від хімічних, практично не мають негативної дії на навколишнє середовище і мають ряд переваг: препарати на основі мікроорганізмів не проявляють фітотоксичності, не порушують природних зв'язків у біоценозі, не призводять до виникнення резистентності у шкідливих організмів [3, 18, 19]. Виявлено низку бактерій і грибів, які продукують біологічно активні речовини з ристрегулюючою, імуностимулюючою, захисною дією та є антагоністами широкого спектра фітопатогенів [24, 25]. Найбільш поширеними є біопрепарати на основі бактерій родів *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* та мікроміцетів, що належать до родів *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* [2, 5, 7, 10, 12, 13]. Тому актуальними є дослідження, направлені на оптимізацію застосування біологічних препаратів та визначення їх ефективності.

## Мета дослідження

Мета дослідження – дослідити ефективність застосування біопрепаратів для обмеження розвитку основних хвороб томата в умовах відкритого ґрунту та збереження урожайності

## Матеріали і методи

Дослідження проводилися на базі лабораторії агрохімічних досліджень та якості продукції Інституту овочівництва і баштанництва НААН. Досліди проводили на сорті томата Зореслав.

Оцінку фітосанітарного стану агроценозу томата проводили систематично, визначаючи видовий склад, поширеність та ступінь розвитку хвороби з використанням загальноприйнятих методів в фітопатології, посилаючись на «Методику випробування і застосування пестицидів» [23] та «Методику дослідної справи в овочівництві і баштанництві» [4].

Обліки ураження рослин томатів альтернаріозом проводили з використанням шкали:

0 – плями відсутні, рослина не уражена;

1 – плями займають 10 % всієї листової поверхні на рослині;

2 – уражено до ¼ (11–25 %) поверхні листків куща;

3 – уражено близько ½ (26–50 %) поверхні листків куща;

4 – уражено ¾ (більше 50 %) поверхні листків куща.

Обліки ураження плодів проводили з використанням шкали:

0 – плоди без ознак хвороби, здорові;

1 – на плодах крапкові або штриховані некротичні плями;

2 – дрібні або злиті плями займають до 25 % поверхні плоду;

3 – плями займають до 50 % поверхні плоду;

4 – уражено понад 50 % поверхні плоду.

В польові досліді з визначення ефективності біопрепаратів були включені: Фітоспорін БТ (*Bacillus subtilis*, титр не менше –  $2,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), Вітастим БТ (*Trichoderma harzianum* шт. 1, *Pseudomonas fluorescens* шт. 2 і *Pseudomonas fluorescens* шт. AP33 з титром до  $4,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), Мікохелп (суміш клітин бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus* та грибів роду *Trichoderma* (*Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*) з титром  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), Фітоцид (*Bacillus subtilis* титр  $1-9 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>). Хімічним еталоном для порівняння ефективності біопрепаратів були фунгіциди Сігнум (д. р. Боскалід – 267 г/кг, Піраклостробін – 67 г/кг) та Луна Експірієнс (д.р. Флуопірам – 200 г/л та Тебуконазол – 200 г/л).

Обприскування рослин біопрепаратами здійснювали у фази: ВВСН 19 – 10–12 днів після висадки розсади, ВВСН 27 – формування бічних пагонів, ВВСН 61 – цвітіння першої китиці, ВВСН 71 – формування першого плоду, ВВСН 75 – перший плід формує 50 % розміру; фунгіцидами у фази: ВВСН 19 та ВВСН 61.

## Результати та їх обговорення

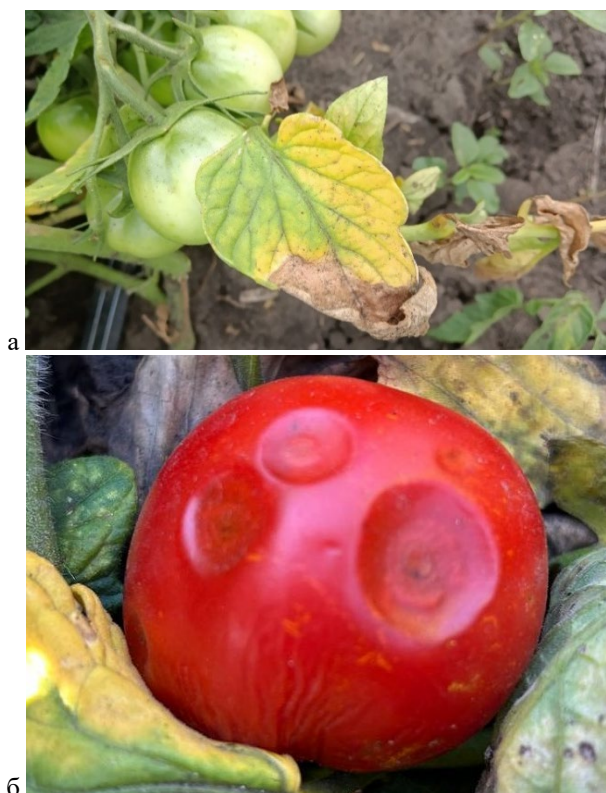
За результатами фітосанітарного моніторингу посівів томатів в умовах відкритого ґрунту впродовж вегетаційних періодів 2024–2025 рр. встановлено, що домінуючою грибною хворобою в агроценозі є рання суха плямистість або альтернаріоз (збудник – гриб *Alternaria solani* Ell. et Mart.). Перші ознаки альтернаріозу з'явилися у фазу ВВСН 27 (III декада червня). Масове ураження рослин починалося із II декади липня, що збігалось із фазою цвітіння – початку плодоутворення (ВВСН 71). У фазі плодоутворення поширеність хвороби в середньому за роками досліджень була 88,1 %, а інтенсивність розвитку 32,3 %.

У роботі Sergiienko et al. [20] стверджують, що найбільш шкочинними хворобами томатів є фітофтороз і альтернаріоз. Автори наголошують, що розвитку фітофторозу сприяє дощова прохолодна погода, а розвитку 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. Тому залежно від погодних умов, що складаються у період вегетації, домінує та або інша хвороба.

Симптоми альтернаріозу починали проявлятися спочатку на листках нижнього ярусу. Вони мали вигляд темних слабоконцентричних плям, які поступово набували значної концентричності та ставали темно-коричневого кольору (рис. 1 а).

Плями, збільшуючись у розмірах, викликали передчасне засихання листового апарату нижнього і середнього ярусів. Початок масового ураження плодів збудником альтернаріозу спостерігали у серпні. Типові симптоми ураження плодів мали вигляд темно-бурих зональних плям, на поверхні яких утворювався чорний оксамитовий наліт – конідіальне спорношення гриба.

Відмічено ураження плодів томата антракнозом (збудник – гриб *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes). Поширеність хвороби була 20,0 % при інтенсивності розвитку 14,8 %. Перші ознаки хвороби проявлялися на початку I декади серпня (ВВСН 75), але характерні ознаки хвороби з'являлися на побурілих і повністю стиглих плодах у вигляді поодиноких круглих плям, які збільшуючись у розмірах, приймали вигляд вдавлених (рис. 1 б). Центри уражених ділянок набували жовтувато-коричневого забарвлення, на яких утворювалося багато темних крапок (мікросклероцій).

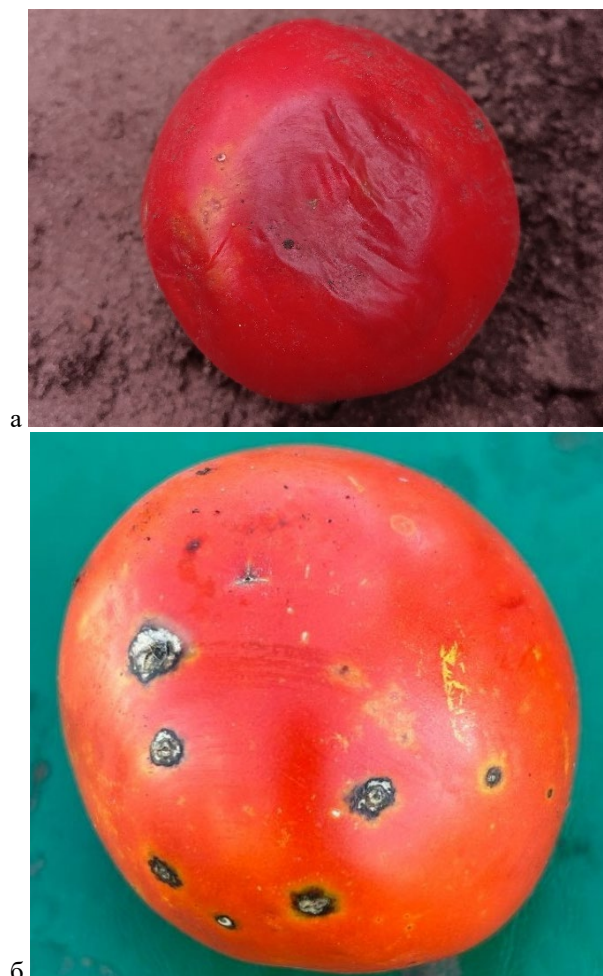


**Рис. 1.** Ознаки ураження плодів томата грибними хворобами: а – альтернаріозом, б – антракнозом

Бактеріальні хвороби були представлені мокрою бактеріальною гниллю (збудник – бактерія *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) та чорною бактеріальною плямистістю (збудник – бактерія *Xanthomonas vesicatoria* Doidge). Поширеність мокрої бактеріальної гнилі в агроценозі томата в роки досліджень перевищувала 23,0 % при інтенсивності розвитку 11,1 %. Частково такі високі показники

розповсюдження хвороби можна пояснити спалахом розвитку популяції бавовникової совки, гусениці якої пошкоджували плоди томата, що сприяло проникненню патогенних бактерій в тканини рослини. Симптоми хвороби спочатку проявлялися у вигляді вдавлених водянистих плям на плодах, що різко відмежовані від здорової тканини (рис. 2 а). На шкірці утворювалися тріщини, через які просочувалися краплини рідини. Пізніше (через 2–4 доби) м'якоть плоду руйнувалася і перетворювалася на рідку масу з неприємним запахом.

Чорна бактеріальна плямистість проявлялася як у фазі першого справжнього листка (ВВСН 10), так і у фазі плодоношення (ВВСН 75), однак поширеність та інтенсивність розвитку хвороби були невеликими – до 10 %. На сім'ядольних листках утворювалися дрібні, округлі плями спочатку темно-зелені, згодом чорні. На справжніх листках спочатку з'являлися дуже дрібні (діаметром 1–3 мм) темно-бурі плями, оточені яскравою облямівкою. Під час підвищення вологості плями швидко розросталися, зливалися, охоплювали всю листову пластинку. На плодах плями були темні, діаметром до 3 мм, з широкою або вузькою, білою або хлоротичною облямівкою, дуже дрібні або бородавчасті (рис. 2 б). Такі плоди втрачали товарність та ставали непридатними для вживання і переробки.



**Рис. 2.** Ознаки ураження плодів томата бактеріальними хворобами: а – мокрою бактеріальною гниллю, б – чорною бактеріальною плямистістю

Kolomiets et al. [13] вказують, що розвиток чорної бактеріальної плямистості томатів (*Xanthomonas vesicatoria*) часто супроводжується бактеріальною крапчастістю (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*). Перші ознаки бактеріальної крапчастості спостерігали в перших числах липня у фазі масового цвітіння і початку плодоутворення. Поряд з цими бактеріальними хворобами було відзначено поширення бактеріального раку (*Clavibacter michiganensis*

subsp. *michiganensis*), на ранніх стадіях розвитку якого симптоми цих хвороб дуже легко сплутати.

Аналіз ефективності застосування мікробних препаратів проти розвитку хвороб томатів засвідчив, що обробка рослин сприяла зниженню рівня ураженості хворобами. Розвиток альтернаріозу у варіантах із обробкою біопрепаратами був у межах від 21,0 до 29,1 % при 38,2 % у контролі, антракнозу – у межах від 8,5 до 9,0 % при 14,8 % відповідно (**табл. 1**).

**Таблиця 1**

Ефективність біопрепаратів в обмеженні розвитку хвороб томата (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант	Норми витрат, л/га, кг/га	Розвиток хвороби, %				Технічна ефективність, %			
		АЛ	АН	МБП	ЧБП	АЛ	АН	МБП	ЧБП
1. Контроль	-	38,2	14,8	11,1	9,5	-	-	-	-
2. Сігнум, Луна Експірієнс (еталон)	1,25 0,75	18,0	6,7	5,5	3,5	52,9	54,7	50,5	63,2
3. Вітастим БТ, Фітоспорин БТ	4,0 5,0	23,7	8,5	6,0	5,5	38,0	42,6	45,9	42,1
4. Вітастим БТ, Фітоспорин БТ	6,0 10,0	21,0	7,0	5,3	4,3	45,1	52,7	52,3	54,7
5. Фітоцид, Мікохелп	2,0 3,0	29,1	9,0	7,7	5,0	23,9	39,2	30,6	47,4
<i>НІР<sub>05</sub></i>		<i>2,0</i>	<i>1,0</i>	<i>1,1</i>	<i>2,0</i>				

**Примітки:** АЛ – альтернаріоз; АН – антракноз; МБП – мокра бактеріальна плямистість; ЧБП – чорна бактеріальна плямистість.

Серед мікробних препаратів варіант з використанням Вітастим БТ (6,0 л/га), Фітоспорин БТ (10,0 л/га) мав найвищу технічну ефективність проти розвитку грибних хвороб – 45,1–52,7 %, і незначно поступався хімічному еталону – фунгіцидам Сігнум (1,25 кг/га) та Луна Експірієнс (0,75 л/га) з ефективністю 52,9–54,7 %. Варіант із застосуванням зниженої норми витрат препаратів Вітастим БТ (3,0 л/га), Фітоспорин БТ (5,0 л/га) суттєво поступався за ефективністю, яка становила 38,0–42,6 %. Найменшу ефективність застосування відмічено у варіанті з застосуванням Фітоциду (2,0 л/га) та Мікохелп (3,0 л/га) – 23,9–39,2 %.

Застосування біопрепаратів також забезпечувало обмеження розвитку бактеріальних хвороб томата: мокрої бактеріальної гнилі – від 5,3 до 7,7 % при 11,1 % у контролі, чорної бактеріальної плямистості – 4,3–5,5 % при показнику на контролі 9,5 %. Технічна ефективність біопрепаратів проти бактеріальних хвороб була на рівні 30,6–54,7 %, у той час як хімічного еталону – 50,5–63,2 %.

Аналіз господарської ефективності показав, що найвища товарна урожайність томата зафіксована за застосування фунгіцидів – 53,28 т/га, в той час як у контролі цей показник був 45,71 т/га (**табл. 2**). За обробки рослин біопрепаратами товарна урожайність томата була в межах 48,13–50,34 т/га.

**Таблиця 2**

Господарська ефективність застосування біопрепаратів на посівах томатів у відкритому ґрунті

Варіант	Норми витрат, л/га, кг/га	Товарна урожайність, т/га				
		2024	2025	Середнє	Приріст, т/га	% до контролю
1. Контроль	-	53,02	38,4	45,71	-	-
2. Сігнум, Луна Експірієнс (еталон)	1,25 0,75	58,42	48,14	53,28	7,57	16,56
3. Вітастим БТ, Фітоспорин БТ	4,0 5,0	55,37	40,89	48,13	2,42	5,29
4. Вітастим БТ, Фітоспорин БТ	6,0 10,0	55,44	45,24	50,34	4,63	10,13
5. Фітоцид, Мікохелп	2,0 3,0	55,59	43,97	49,78	4,07	8,90
<i>НІР<sub>05</sub></i>		<i>2,8</i>	<i>2,0</i>			

Найкращий результат серед біопрепаратів показав варіант із застосуванням Вітастим БТ (6 л/га) та Фітоспорин БТ (10 л/га), де приріст урожаю в порівнянні з контролем становив 4,64 т/га. Приріст товарної урожайності за рахунок обробок фунгіцидами становив 7,57 т/га або 16,56 %, а за рахунок застосування біопрепаратів 2,42–4,63 т/га або 5,29–10,13 %.

Отримані результати підтверджують ефективність застосування біопрепаратів в системі захисту томатів в умовах відкритого ґрунту для обмеження розвитку хвороб. Подібні результати отримали Sergiienko et al. [19], які зазначають, що ефективність дії біопрепаратів на основі бактерій *Bacillus subtilis* Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП проти альтернаріозу томатів становила в середньому

за вегетаційний період 51,3 % та 41,3 %, проти фітофторозу томатів – відповідно 63,5 % та 61,5 %. Чорну бактеріальну плямистість томатів біопрепарати Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП стримували на рівні 46,7 %.

У роботі Mogilyuk & Ignatyeva [16] зазначено, що найефективніше контролюють грибні хвороби томатів у відкритому ґрунті біопрепарати Планріз БТ та Триходермін БТ. Їхнє застосування протягом вегетації знижувало ураження рослин томатів фітофторозом на 53,0–58,8 %, альтернаріозом на 63,3–64,6 %, септоріозом на 63,1–64,6 %. Найкращу технічну ефективність проти чорної бактеріальної плямистості мають Бактофіт БТ – 76,5 % та Триходермін БТ – 64,7 %. Однак наші результати показують нижчі показники ефективності застосування біопрепаратів, що можна пояснити несприятливими умовами зовнішнього середовища (високою температурою повітря і дефіцитом вологи). Відомо, що за температури нижче 13–14 °С і вище 28–30 °С ефективність біопрепаратів різко знижується [22]. Ефективність грибних препаратів, на відміну від бактеріальних, значною мірою залежить від вологості. Біопрепарати на основі грибних біоагентів рекомендують застосовувати за вологості повітря понад 65 %.

Впливає на ефективність біопрепаратів і кількість обробок упродовж вегетації рослин, оскільки вони характеризуються уповільненою дією в порівнянні з фунгіцидами. Тому важливими є дослідження, направлені на оптимізацію застосування біологічних препаратів з урахуванням фітосанітарної ситуації в агроценозі.

Таким чином, результати дослідження інших дослідників підтверджують актуальність досліджень з вивчення ефективності біопрепаратів в системі захисту томатів в умовах відкритого ґрунту. Подальші дослідження доцільно зосередити на оптимізації норм внесення препаратів та вивченні взаємодії хімічного і біологічного захисту з іншими елементами агротехнології, включаючи вибір гібридів та добрих.

## Висновки

Проведені дослідження засвідчили, що застосування біопрепаратів значно знижувало ураження томатів основними хворобами – альтернаріозом, антракнозом, мокрою бактеріальною гниллю та чорною бактеріальною плямистістю. Технічна ефективність мікробних препаратів проти комплексу хвороб томата була в межах 23,9 – 54,7 %, тоді як варіант із застосуванням хімічного еталону – 50,5–63,2 %. Застосування схеми біопрепаратів, яка включала 5-разову обробку Вітастим БТ (6 л/га) та Фітоспорін БТ (10 л/га) забезпечило найкращий захист – 45,8–52,7 % проти грибних та 52,3–54,7 % проти бактеріальних хвороб. Використання біопрепаратів сприяло збільшенню товарної урожайності плодів томата на 2,42–4,63 т/га, що свідчить про ефективність їх застосування та доцільність використання для контролю хвороб томата.

## ДЕКЛАРАЦІЇ

### Етична заява

Не застосовується.

### Фінансування

Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

### Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

### Подяки

Немає.

### Декларація щодо використання ШІ та технологій на основі ШІ

Автори заявляють, що не використовували штучний інтелект або технології на основі ШІ під час підготовки цього рукопису.

## References

1. Akila, A. H., Ali, M. A. S., Khairy, A. M., Elnahal, A. S. M., Alfassam, H. E., Rudayni, H. A., Jaber, F. A., & Tohamy, M. R. A. (2024). Biological control of tomato bacterial leaf spots and its impact on some antioxidant enzymes, phenolic compounds, and pigment content. *Biology*, 13(6), 369. <https://doi.org/10.3390/biology13060369>
2. Alzandi, A. A., & Naguib, D. M. (2019). *Pseudomonas fluorescens* metabolites as biopriming agent for systemic resistance induction in tomato against *Fusarium wilt*. *Rhizosphere*, 11, 100168. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100168>
3. Beznosko, I., Gorgan, T., & Mosiychuk, I. (2024). Antagonistic properties of preparation to the micromycetes *Fusarium oxysporum* Schltdl. *Karantin i Zahist Roslin*, 1, 40–44. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.1.40-44>
4. Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (Eds). (2001). *Methods of experimentation in vegetable and melon growing*. Kharkiv: Osnova.
5. Boyno, G., Demir, S., & Danesh, Y. R. (2021). Effects of some biological agents on the growth and biochemical parameters of tomato plants infected with *Alternaria solani* (Ellis & Martin) Sorauer. *European Journal of Plant Pathology*, 162(1), 19–29. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02398-2>
6. Chaudhary, P., Sharma, A., Singh, B., & Nagpal, A. K. (2018). Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 2833–2849. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3221-z>
7. Dimkić, I., Janakiev, T., Petrović, M., Degraasi, G., & Fira, D. (2022). Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms - A review. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 117, 101754. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101754>
8. Dzham, M., & Mykhailenko, S. (2020). Efficacy of modern fungicides against tomato alternaria blotch. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Plant Protection and Quarantine*, 66, 74–81. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2020.66.74-81>
9. Humenny, D., Havryliuk, L., Beznosko, I., Horgan, T., Gentosh, D., & Bashta, O. (2024). Monitoring of main tomato (*Solanum lycopersicum* L.) diseases and methods of microbiological control of phytopathogens. *Agroecological Journal*, 2, 143–154. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305673>
10. Jabnoun-Khiareddine, H., Daami-Remadi, M., Ayed, F., & El Mahjoub, M. (2009) Biological control of tomato *Verticillium* wilt by using indigenous *Trichoderma*. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3, 26–36.

11. Jafer, D. (2016) The role of tomato products for human health (*Solanum lycopersicum*) – a review. *Journal of Health, Medicine and Nursing*, 33, 66–74.
12. Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W. J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 10, 845. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00845>
13. Kolomiets, Y., Butsenko, L., Yemets, A., & Blume, Y. (2024). The use of PGPB-based bioformulations to control bacterial diseases of vegetable crops in Ukraine. *The Open Agriculture Journal*, 18(1), e18743315283724. <https://doi.org/10.2174/0118743315283724231220104524>
14. Singh, V. K., Singh, A. K., & Kumar, A. (2017). Disease management of tomato through PGPB: current trends and future perspective. *3 Biotech*, 7(4). <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0896-1>
15. Madhlophe, S., Ogugua, U. V., Makhubu, F. N., & Figlan, S. (2025). Use of biological control agents for managing fungal pathogens in Solanaceae crops: progress and future perspectives – a review. *Discover Applied Sciences*, 7(1). <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06500-9>
16. Mogilyuk, N., & Ignatyeva, O. (2017) Hrybni ta bakteriální choroby tomativ v Odeskii oblasti. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 10/12, 7–10. [in Ukrainian]
17. Peng, D., Luo, K., Jiang, H., Deng, Y., Bai, L., & Zhou, X. (2016). Combined use of *Bacillus subtilis* strain B-001 and bactericide for the control of tomato bacterial wilt. *Pest Management Science*, 73(6), 1253–1257. <https://doi.org/10.1002/ps.4453>
18. Pham, J. V., Yilma, M. A., Feliz, A., Majid, M. T., Maffetone, N., Walker, J. R., Kim, E., Cho, H. J., Reynolds, J. M., Song, M. C., Park, S. R., & Yoon, Y. J. (2019). A review of the microbial production of bioactive natural products and biologics. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1404. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01404>
19. Sergiienko, V. G., Tkalenko, G. M., Borzykh, O. I., & Shita, O. V. (2024). Biocontrol of vegetable crop diseases using *Bacillus subtilis*-based preparations. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 3 (3), 61–72. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240303.06>
20. Sergiienko, V. G., Tkalenko, H. M., & Tyshchuk, O.P. (2024) Biokontrol naibilsh poshyrenykh khvorob tomativ u period vechetatsii. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: istorychni aspekty, suchasnyi stan, problemy i perspektivy rozvytku, prysviachenii 50-richchiu vid dnia stvorennia Doslidnoi stantsii «Maiak» IOB NAAN: Materialy X Mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii, prysviachenoii 50-richchiu vid dnia stvorennia Doslidnoi stantsii «Maiak» IOB NAAN (u ramkakh IX naukovoho forumu «Naukovyi tyzhden u Krutakh – 2024», 11– 12 bereznia 2024 r., s. Kruty, Chernihivska obl.). Tom 2. (S. 209–2017). Obukhiv: Drukarnia FOP Huljaieva V. M. Retrieved from: <https://ovoch.com/assets/files/conference/tezu/ovochivnytstvo-tom-2-2024.pdf#page=209> [in Ukrainian]*
21. Tkalenko, G., & Goral, S. (2019). Features of the formation of a phytopathogenic complex on tomatoes in greenhouses. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Plant Protection and Quarantine*, 65, 191–200. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.65.191-200>
22. Tkalenko, G., & Goral, S. (2023). Biologichni preparaty ta shliakhy pidvyshchennia yikhnoi efektyvnosti v ahrotsenozakh silskohospodarskykh kultur. *Mikrobiolohiia v suchasnomu silskohospodarskomu vyrobnytstvi: materialy XVI naukovoi konferentsii molodykh uchenykh (m. Chernihiv, 25 zhovtnia 2023 r.)*. (S. 116–117). Natsionalna akademiia ahrarykh nauk Ukrainy, Instytut silskohospodarskoi mikrobiolohii ta ahropromysloвого vyrobnytstva. Chernihiv : vydavets Brahynets O. V. [in Ukrainian]
23. Trybel, S. O. (Ed.). (2001). *Metodyky vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. Kyiv: Svit [in Ukrainian]
24. Lee, Y. S., Naing, K. W., & Kim, K. Y. (2017). Effect of a bacterial grass culture on the plant growth and disease control in tomato. *Research in Plant Disease*, 23(4), 295–305. <https://doi.org/10.5423/rpd.2017.23.4.295>
25. Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & De los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 95–130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>

#### ORCID

O. Chaiuk   
E. Chumak 

<https://orcid.org/0000-0001-8845-782X>  
<https://orcid.org/0009-0002-7040-8776>



2026 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.