
Біоконтроль хвороб овочевих культур за використання препаратів на основі *Bacillus subtilis*

Валентина Григорівна Сергієнко

Інститут захистурослин Національної Академії Аграрних наук України, Київ, Україна
ORCID 0000-0003-4386-9307

Ганна Миколаївна Ткаленко

Інститут захистурослин Національної Академії Аграрних наук України, Київ, Україна
ORCID 0000-0001-9448-6600

Олександр Іванович Борзих

Інститут захистурослин Національної Академії Аграрних наук України, Київ, Україна
ORCID 0000-0002-9802-5622

Оксана Василівна Шита

Інститут захистурослин Національної Академії Аграрних наук України, Київ, Україна
ORCID 0000-0002-0795-5120

Для цитування цієї статті:

Сергієнко Валентина Григорівна, Ткаленко Ганна Миколаївна, Борзих Олександр Іванович, Оксана Василівна Шита . Біоконтроль хвороб овочевих культур за використання препаратів на основі *Bacillus subtilis*. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No. 3, 2024, pp. 61-72. doi: 10.46299/j.isjea.20240303.06.

Надійшла до редакції: 10 травня 2024 р.; **Схвалено:** 31 травня 2024 р.;

Опубліковано: 01 червня 2024 р.

Анотація: Для контролю захворюваності томатів, огірка і капусти білоголової у період вегетації використовували обприскування рослин біологічними препаратами Серенада АСО, КС, Серенада МАКС WP, ЗП на основі бактерій *Bacillus subtilis*. Захисний ефект біопрепаратів порівнювали з дією бактеріального препарату Казумін 2Л, РК (*Streptomyces kasugaensis*, 20 г/л) та фунгіциду Косайд 2000, в.г. (гідроксид міді, 538 г/кг), 2,5 кг/г (на помідорах і огірках). В сумішах біопрепарати Серенада АСО, КС і Серенада МАКС WP, ЗП + Косайд 2000, в.г. фунгіцид використовували з нормою витрати 1,25 кг/га. Показано, що біологічні препарати ефективно контролювали, як грибні, так і бактеріальні, хвороби овочевих культур. Ефективність біопрепаратів на помідорах проти альтернаріозу становила в середньому 46%, проти фітофторозу – 62%, проти чорної бактеріальної плямистості – 47%, на огірках проти пероноспорозу – 33%, проти бактеріозу – 38%, на капусті білоголовій проти судинного бактеріозу – 76%, проти слизового бактеріозу – 77%. Найвищий захисний ефект препаратів забезпечується за профілактичного їх застосування. Ефективність сумісного застосування в одній баковій суміші біологічних препаратів з фунгіцидом, де норма витрати хімічного препарату була знижена вдвічі, не поступалася фунгіциду з повною нормою витрати. Біопрепарати Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП сприяли підвищенню врожайності плодів томатів в середньому на 18%, огірка – на 20-21%, капусти білоголової – на 51-85%. При цьому покращилась якість вирощеної продукції: товарність продукції підвищилась в середньому на 18%.

Ключові слова: капуста білоголова, огірки, помідори, хвороби, біопрепарати, ефективність, продуктивність

1. Вступ

Овочі є одним з найважливіших компонентів харчування, оскільки забезпечують потрапляння в організм людини необхідних вуглеводів, білків, вітамінів, макро- і мікроелементів. Частка овочів у структурі споживання в Україні становить 30%, задоволення потреб – 75%.

Збільшення виробництва високоякісної овочевої продукції лімітується через ураження фітопатогенними мікроорганізмами, які завдають значних збитків овочам під час вирощування, транспортування та зберігання. Для захисту від втрат у всьому світі використовуються різні стратегії, включаючи хімічні та біологічні методи [Shahid, 2017]. Проте через негативний вплив хімічних препаратів на здоров'я людей і довкілля, останнім часом надається перевага більш безпечним і екологічно чистим біологічним засобам захисту рослин [Khakimov, 2020].

Для екологічно орієнтованого сільського господарства найбільш прийнятним є біологічний метод захисту рослин, що передбачає використання біопестицидів, біостимуляторів, індукторів стійкості до хвороб тощо, спрямованих, на відновлення та посилення природних механізмів агрофітоценозу сільськогосподарських культур [Vaga, 2017].

Використання біологічних препаратів є невід'ємною частиною адаптивної системи вирощування сільськогосподарських культур. Саме використання біометоду як екологічно чистого, є важливим і необхідним [Zhelyezna, Yushchenko, 2012]. Біологічні препарати на відміну від хімічних практично не мають негативної дії на навколишнє середовище і мають ряд переваг. По-перше, препарати на основі мікроорганізмів не проявляють фітотоксичності, не порушують природних зв'язків у біоценозі, не викликають резистентності у збудників хвороб та шкідників, що не потребує збільшення норми використання препаратів, як це буває за використання хімічних пестицидів. Це можна пояснити тим, що їх біоагенти є складовою природньої мікробіоти ґрунту і рослин [Azizbekyan, 2019; Mozhovs'kyu O. F., Mozhovs'kaH.V., Kuts O.V., 2020].

Вчені вважають, що численні фітопатогенні захворювання тепер можна контролювати за допомогою мікробних антагоністів, які використовують кілька механізмів, таких як антибіоз, прямий паразитизм, індукована резистентність, виробництво ферментів, що лізують/розкладають клітинну стінку, і конкурують за поживні речовини та простір. Найбільш поширеними мікроорганізмами біологічного контролю, є бактерії, що належать до родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Streptomyces*, та міксоміцети родів *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma*, які продукують широкий спектр біологічно активних речовин з рістрегулювальною, імуностимулювальною та захисною дією [MoshafiM., 2011; Shahid, 2017; Azizbekyan, 2019; Köhl, 2019; Tukenova, 2021]. Ступінь пригнічення хвороби, досягнутий за допомогою біологічних агентів, може бути порівняний з дією хімічних речовин [O'Brien, 2017]. Біопрепарати на основі живих мікроорганізмів забезпечують ґрунт необхідними мікроелементами, сприяють кращому росту і розвитку сільськогосподарських рослин і отриманню якісних і вищих врожаїв порівняно з хімічно захищеними культурами. Їх можна вносити в ґрунт і на поверхні рослин [Toader, 2019]. Використання біофунгіцидів може бути альтернативою для заміни синтетичних фунгіцидів [Khakimov, 2020]. Розкриваючи захисні функції функціональних пребіотиків, Liang J. із співавторами встановили захисні механізми проти вторгнень патогенів, що пов'язано з утворенням біоплівки в ризоплані та біосинтезом антибіотиків в ендосфері здорових рослин [8].

Особливої уваги заслуговують бактерії роду *Bacillus*. Дослідження вчених багатьох країн протягом останніх років переконливо довели, що ці бактерії є ефективними щодо широкого кола збудників бактеріальних і грибних хвороб. Представники цього роду продукують антибіотики, ферменти, токсини та інші продукти метаболізму, що обумовлюють їх

антимікробну активність і є досить перспективними з точки зору створення мікробних пестицидів. Бактерії *Bacillus spp.* визначені науковцями як потенційні агенти біоконтролю та стимулятори росту рослин [Шестобоева, 2009; Khakimov, 2020; Miljaković, 2020]. Вони беруть участь в біоконтролі рослинних патогенів, стимулюють ріст і розвиток рослин, підвищують продуктивність культур. Ефективність біопрепаратів на основі бактерій роду *Bacillus* доведена результатами різних дослідників [Moshafi, 2011; Городицька, 2018; Tukenova, 2021; Miljaković, 2020; Gazdanova, 2022].

Застосування біологічних препаратів особливо важливе проти бактеріальних хвороб. Адже фунгіциди в своїй більшості, що виробляються промисловими підприємствами, не пригнічують розвиток бактеріальних інфекцій. При вирощуванні овочевих культур із року в рік спостерігається ураження огірків – кутастою плямистістю, томатів – чорною бактеріальною плямистістю, капусти – слизовим та судинним бактеріозами. Хвороботворні бактерії порушують фізіологічні процеси в рослинах, викликаючи некроз, плямистість, в'янення і гниття, що призводить до часткової або повної загибелі рослин. Рослини, уражені фітопатогенними бактеріями, дають плоди зниженої якості та менший загальний урожай [Kolomiiets, 2024].

Отже, розробка, вдосконалення і впровадження біологічного методу захисту рослин є надзвичайно важливою для оздоровлення агроценозів і одержання екологічно безпечної продукції.

2. Об'єкт і предмет досліджень

Об'єктом дослідження є овочеві культури – капуста білоголова, огірок, томати, біологічні препарати на основі бактерій *Bacillus subtilis*, хвороби овочевих культур. Предмет досліджень – розвиток хвороб, вплив біопрепаратів на зниження ураженості культур фітопатогенами в період вегетації, ефективність дії біопрепаратів, використання сумішей біопрепаратів з хімічним фунгіцидом, урожайність овочевих культур, якість продукції.

3. Мета і задачі досліджень

Встановити ефективність біологічних препаратів Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП проти найбільш поширених хвороб овочевих культур на природному інфекційному фоні методом обприскування рослин у період вегетації. Дослідити їх вплив на продуктивність овочевих культур та товарність продукції.

4. Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили протягом 2013-2018 рр. в господарствах Київської обл., що належать до зони Правобережного Лісостепу України. Досліди дрібноділянкові, розмір ділянок 20 м², повторність – 4- разова. Грунт – чорнозем типовий малогумусний, вміст гумусу 2,8–3,6%, рН ґрунту 5,9–6,3. Технологія вирощування – загальноприйнята для даної зони. Досліди проводили на капусті білоголовій, огірку і помідорах.

Для захисту рослин від хвороб використовували біопрепарати Серенада АСО, КС, Серенада МАКС WP, ЗП (*Bacillus subtilis* QST 713), виробник – фірма ТОВ «Байєр». Титр мікробних організмів становив не менше 10⁹ КУО/мл. Захисний ефект біопрепаратів порівнювали з дією бактеріального препарату Казумін 2Л, РК (*Streptomyces kasugaensis*, 20 г/л) та фунгіциду Косайд 2000, в.г. (гідроксид міді, 538 г/кг), 2,5 кг/га (на помідорах і огірках). В сумішах біопрепарати Серенада АСО, КС і Серенада МАКС WP, ЗП + фунгіцид Косайд 2000, в.г. використовували з нормою витрати у 2 рази меншою, тобто 1,25 кг/га.

Біологічні препарати застосовували методом обприскування рослин 3–4 рази за період вегетації з інтервалом 7–10 діб залежно від часу появи перших ознак і ступеня розвитку

хвороби. Першу обробку досліджуваними препаратами здійснювали зазвичай профілактично, до появи перших ознак захворювання.

Таблиця 1. Схема досліджу

№ з/п	Варіант досліджу	Норма витрати препарату
Томати, огірок		
1	Контроль	без обробки
2	Казумін 2Л, РК	2 л/га
3	Косайд 2000, в.г.	2,5кг/га
4	Серенада АСО SC, КС	6 л/га
5	Серенада МАКС WP, ЗП	4 кг/ га
6	Серенада АСО SC, КС+ Косайд 2000, в.г.	6,0 л/га+1,25кг/га
7	Серенада МАКС WP, ЗП+ Косайд 2000, в.г.	2,0кг/га +1,25 кг/га
Капуста білоголова		
1	Контроль	без обробки
2	Казумін 2Л, РК	2,0 л/га
3	Серенада АСО SC, КС	6 л/га
4	Серенада МАКС WP, ЗП	4 кг/ га

Визначали розвиток хвороб, ефективність дії препаратів, урожайність культури та товарність продукції [Trybel, 2001]. Математико-статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням комп'ютерної програми StatgraphicsPlus.

5. Результати досліджень та обговорення

В роки досліджень на томатах домінувала суха плямистість або альтернаріоз (*Alternaria solani* Ell. et Mart, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl), в окремі роки відмічали також ураження томатів фітофторозом (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) та чорною бактеріальною плямистістю (ЧБП) (*Xanthomonas versicatoria* Dowson). На капусті білоголовій переважали бактеріози–судинний (*Xanthomonas campestris* sp. *campestris* Dowson) та слизовий (*Erwinia caratovor* sp. *caratovora* Bergey et al., *Erwinia aroidae* Holland, *Pseudomonas fluorescens* Mig.). На посівах огірка домінували несправжня борошниста роса або пероноспороз (*Pseudoperonospora cubensis* Berk. et Curt. Rosrow.) та кутапта бактеріальна плямистість (*Pseudomonas lachrymans* Smith. et Bryan.) або бактеріоз.

На розвиток тих чи інших хвороб суттєво впливали метеорологічні показники періоду вегетації овочевих культур. За сухої спекотної погоди, яка спостерігалась практично щорічно у роки досліджень на томатах домінувала суха плямистість. За періодичного випадання дощів і появи роси в нічні години відмічали ураження рослин і плодів фітофторозом. За теплої погоди і високої вологості повітря відмічали ураження рослин, і особливо плодів, чорною бактеріальною плямистістю. На посівах огірків практично щорічно фіксували ураження бактеріозом та несправньою борошнистою россою. На капусті білоголовій судинний та слизовий бактеріози проявлялися щорічно з різною інтенсивністю ураження.

На контрольних ділянках розвиток альтернаріозу томатів протягом періоду вегетації знаходився на рівні 7,0 - 53,8%, фітофторозу – 1,9-36,7%, ЧБП – 0,5-1,2%, розвиток пероноспорозу огірків – на рівні 3,5-71,8%, бактеріозу – 27,5-45,3%, розвиток бактеріозів капусти складав 8,6-40,0%.

Застосування біологічних препаратів суттєво обмежувало розвиток і поширення хвороб. За появи перших ознак хвороби у фазу томатів бутонізація – початок цвітіння (ВВСН 59-63) біологічні препарати стримували розвиток альтернаріозу в 2,8 разів (табл. 1). Наприкінці вегетації особливої різниці між варіантами у розвитку хвороб не відмічено: в контролі він

становив 55,8%, у варіантах за застосування біопрепаратів – 50,0-53,8%. Обробки біопрепаратами ефективно стримували, особливо в початковий період, розвиток фітофторозу томатів, а в кінці вегетації розвиток фітофторозу у варіантах з обробками біопрепаратами зменшився в 1,8 разів. ЧБП з'явилась на листках і плодах томатів у період масового плодоношення, її розвиток був незначним – в контролі – 0,5-1,2%, в дослідних деяких варіантах – на рівні 0,3-1,0%. Використання сумішей біопрепаратів Серенада АСО, КС і Серенада МАКС WP, ЗП з фунгіцидом Косайд 2000, в.г. з нормою витрати 1,25 кг/га зменшило розвиток альтернаріозу в початковий період у 4,1 рази, в кінці вегетації – в 1,2 рази. Суміші біопрепаратів з фунгіцидом забезпечили зниження розвитку фітофторозу в кінці вегетації в 2,4 та 2,8 разів. Для порівняння фунгіцид з повною нормою 2,5 кг/га стримував розвиток хвороби у ці строки в 3,8 та 1,4 рази. За використання фунгіциду не відмічено ураження томатів ЧБП.

Таблиця 2. Розвиток хвороб томатів у період вегетації за використання біопрепаратів (сорт Іскорка)

№ з/п	Варіант	Розвиток хвороби, %					
		Альтернаріоз		Фітофтороз		Чорна бактеріальна плямистість	
		в початковий період	наприкінці і вегетації	в початковий період	наприкінці і вегетації	в початковий період	наприкінці і вегетації
1	Контроль (без обробки)	7,0	55,8	1,9	36,7	0,5	1,5
2	Казумін 2Л, РК, 2,0 л/га	4,1	50,1	0,9	18,7	0	1,0
3	Косайд 2000, в.г., 2,5 л/га	1,2	40,7	-	10,7	0	0
4	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га	2,1	51,0	0,1	21,8	0	0,8
5	Серенада МАКС WP, ЗП, 4,0 кг/га	1,7	53,8	0,1	20,0	0,1	0,8
6	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га+ Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	0,5	46,7	0,1	15,3	0	0
7	Серенада МАКС WP, ЗП, 2,0 кг/га+Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	1,2	48,8	0,8	13,7	0	0
	НСР ₀₅	0,2	7,6	0,03	2,1	-	0,05

На огірках біопрепарати Серенада АСО, КС і Серенада МАКС WP, ЗП стримували розвиток пероноспорозу в початковий період (ВВСН 21-29) в 1,8 разів, в кінці вегетації (ВВСН 85-88) – в 1,3 рази (табл. 2). Кутапта бактеріальна плямистість (бактеріоз) у роки досліджень, не дивлячись на обробки препаратами, розвивалась досить стрімко, тому

застосування, як біопрепаратів, так і фунгіциду Косайд 2000, в.г. суттєво не обмежували розвиток хвороби. Проте в кінці вегетації розвиток бактеріозу у варіантах з біопрепаратами зменшився в 1,4 рази, а за сумісного застосування біо- і хімпрепаратів – у 1,6 разів, за використання фунгіциду – в 1,5 рази. Ураження плодів бактеріозом найменше відмічали у варіантах за використання сумішей – на рівні 3,0-3,4 % проти 6,7% у контролі.

Таблиця 3. Розвиток хвороб огірка в період вегетації за використання біопрепаратів (гібрид Смак F₁)

№ з/п	Варіант	Розвиток хвороби, %				Ураження плодів бактеріозом, %
		Пероноспороз		Бактеріоз		
		в початковий період	наприкінці вегетації	в початковий період*	наприкінці вегетації	
1	Контроль (без обробки)	4,5	71,8	37,5	45,3	6,7
2	Казумін 2Л, РК, 2,0 л/га	1,8	63,3	32,5	33,5	4,2
3	Косайд 2000, в.г., 2,5 л/га	1,6	50,6	25,8	30,0	3,6
4	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га	1,8	53,7	30,3	31,5	3,8
5	Серенада МАКС WP, ЗП, 4,0 кг/га	2,0	58,3	29,3	31,0	3,6
6	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га+ Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	1,5	53,0	25,3	30,5	3,0
7	Серенада МАКС WP, ЗП, 2,0 кг/га+Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	1,4	52,7	24,5	27,3	3,4
	НСР ₀₅	1,1	3,7	4,8	4,6	1,2

* Обробки провели за появи перших ознак хвороби

Досить ефективно біологічні препарати стримували розвиток бактеріозів на капусті білоголової. Завдяки обробкам біопрепаратами поширення хвороби на сорті Агресор зменшилося у фазі розвитку ВВСН 41 та ВВСН 49 у 5,7 та 3,7 разів, а на сорті Кам'яна голова відповідно - у 5,6 та 8,5 разів (табл. 3).

Таблиця 4. Ураження капусти білоголової бактеріозами, %

Варіант дослідження	Судинний бактеріоз (сорт Агресор)		Слизовий бактеріоз (сорт Кам'яна голова)	
	Початок формування головки	Сформована головка	Початок формування головки	Сформована головка
Контроль	8,6	35,5	9,0	40,0
Казумін 2Л, РК, 2,0 л/га	1,7	10,0	1,8	5,1
Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га	1,5	9,5	1,4	4,9
Серенада МАКС WP, ЗП, 4,0 кг/га	1,2	9,0	1,5	4,2
НСР ₀₅	0,3	1,1	0,4	2,1

Ефективність дії біопрепаратів 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% (табл. 4). Для порівняння захисний ефект біопрепарату Казумін 2Л, РК проти цих хвороб знаходився на рівні 40,9% та 51,6%. За сумісного застосування біо- і хімпрепаратів зниження ураження томатів хворобами становило 54,7% та 71,8%, і суттєво не відрізнялось від ефективності дії фунгіциду Косайд 2000, в.г. з нормою витрати 2,5 кг/га. Чорну бактеріальну плямистість томатів біопрепарати Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП стримували на рівні 46,7%, тоді як ефективність біопрепарату Казумін 2Л, РК проти ЧБП складала лише 33,3%.

Профілактичні обробки рослин до появи ознак ураження хворобами забезпечували значно вищу ефективність порівняно з обробками протягом вегетаційного сезону, коли хвороба набувала інтенсивного розвитку. Так, за профілактичного застосування біопрепаратів ефективність їх дії проти альтернаріозу томатів становила 70-76%, проти фітофторозу - 94,7%. З наростанням інфекції, не дивлячись на наступні обробки, захисний ефект знижувався.

Урожайність томатів за використання біологічних препаратів підвищилась в середньому на 18% і складала 48 т/га проти 40 т/га в контролі. За сумісного застосування біологічного і хімічного препаратів урожайність плодів томатів становила в середньому 48-50 т/га, тобто перевищувала контроль на 22%, і була близькою до урожайності, отриманою за використання фунгіциду. Товарність плодів у дослідних варіантах знаходилась на рівні 72-75%, а в контролі за рахунок більшої кількості уражених плодів – лише 52,5%.

Таблиця 5. Ефективність біологічних препаратів проти хвороб томатів (сорт Іскорка)

№ з/п	Варіант	Ефективність дії, (в середньому за вегетаційний сезон)			Урожайність		Товарність продукції, %
		проти альтернаріозу	проти фітофторозу	проти ЧБП	т/га	% до контролю	
1	Контроль (без обробки)	-	-	-	40,9	-	52,5
2	Казумін 2Л, РК, 2,0 л/га	40,9	51,6	16,7	47,5	116,1	72,0
3	Косайд 2000, в.г., 2,5 т/га	48,0	79,1	-	49,8	121,8	73,0
4	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га	51,3	63,5	46,7	48,5	118,6	72,5
5	Серенада МАКС WP, ЗП, 4,0 кг/га	41,3	61,5	49,8	48,2	117,8	71,6
6	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га+ Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	54,7	71,8	-	50,1	122,5	75,2
7	Серенада МАКС WP, ЗП, 2,0 кг/га+ Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	46,3	69,5	-	49,8	121,8	73,8
	НСР ₀₅	-	-		3,2	-	-

Пероноспороз огірка біопрепарати Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП стримували на рівні 33,5% та 32,2%, а бактеріоз – на рівні 38,2% та 39,7% (табл. 5). Ефективність дії сумішей була вищою і становила 46,3% та 43,8% проти пероноспорозу огірка та 56,7% і 60,3% проти бактеріозу, і перевищувала ефективність фунгіциду Косайд 2000, в.г., за норми витрати 2,5 кг/га.

Таблиця 6. Ефективність біологічних препаратів проти хвороб огірка (гібрид Смак F₁)

№ з/п	Варіант	Ефективність дії, % (в середньому за сезон)		Урожайність		Товарність продукції, %
		проти пероноспорозу	проти бактеріозу	т/га	% до контролю	
1	Контроль (без обробки)	-	-	37,6	-	70,5
2	Казумін 2Л, РК, 2,0 л/га	28,9	26,0	41,9	111,4	82,5
3	Косайд 2000, в.г., 2,5 кг/га	45,3	43,8	44,5	118,5	85,8
4	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га	33,5	38,2	45,6	121,3	83,3
5	Серенада МАКС WP, ЗП, 4,0 кг/га	32,2	39,7	45,1	119,9	80,6
6	Серенада АСО SC, КС, 6,0 л/га+ Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	46,3	56,7	50,8	124,2	83,2
7	Серенада МАКС WP, ЗП, 2,0 кг/га+ Косайд 2000, в.г., 1,25 кг/га	45,8	60,3	50,6	123,7	83,8
	НСР ₀₅	-	-	2,6	-	-

За використання біопрепаратів Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП та їх сумішей з фунгіцидом Косайд 2000, в.г. урожайність огірків підвищилась на 20-24% порівняно з контролем і становила 45,1–50,8 т/га. Товарність плодів огірка у варіантах з обробками біопрепаратами знаходилась на рівні 80,6–83,3%, за використання сумішей – на рівні 83,5% і перевищувала контроль в середньому на 12%.

Ефективність біопрепаратів проти судинного бактеріозу капусти білоголової становила в середньому 75,2–77,0%, проти слизового бактеріозу – 76,9–78,1% (табл. 6). Зниження ураженості капусти хворобами сприяло суттєвому підвищенню продуктивності культури. За використання біопрепаратів отримано значно вищу масу головки (5,2–5,7 кг) та врожайність капусти в цілому. Урожайність капусти сорту Агресор в дослідних варіантах становила 60,1–70,1 т/га, а сорту Кам'яна голова – 50,4–53,1 т/га. Це відповідно на 59,0 – 85,4% та 51,5 – 54,4% більше, ніж в контролі (рис. 1). Товарність, тобто вихід стандартної продукції, в результаті зниження ураженості капусти хворобами у варіантах за обробок біопрепаратами підвищилась в середньому по культурі на 22%.

Таблиця 7. Ефективність застосування біопрепаратів проти бактеріозів капусти білоголової

№ з/п	Варіант	Ефективність дії, %	Середня маса головки, кг	Товарність продукції, %
Сорт Агресор (судинний бактеріоз)				
1	Контроль (без обробки)	-	2,2	65,8
2	Казумін 2Л, РК, 2,0 л/га	68,1	5,2	88,2
3	Серенада АСО SC, КС, 6 л/га	75,2	5,2	85,5
4	Серенада МАКС WP, ЗП, 4,0 кг/га	77,0	5,7	89,5
	НСР ₀₅			

Продовження таблиці 7

Сорт Кам'яна голова (слизовий бактеріоз)				
1	Контроль (без обробки)	-	3,2	68,3
2	Казумін 2Л, РК , 2,0	75,6	5,0	89,7
3	Серенада АСО SC, КС, 6 л/га	76,9	5,2	90,8
4	Серенада МАКС WP, ЗП, 4,0 кг/га	78,1	5,3	92,2
	НІР ₀₅	-	0,42	-

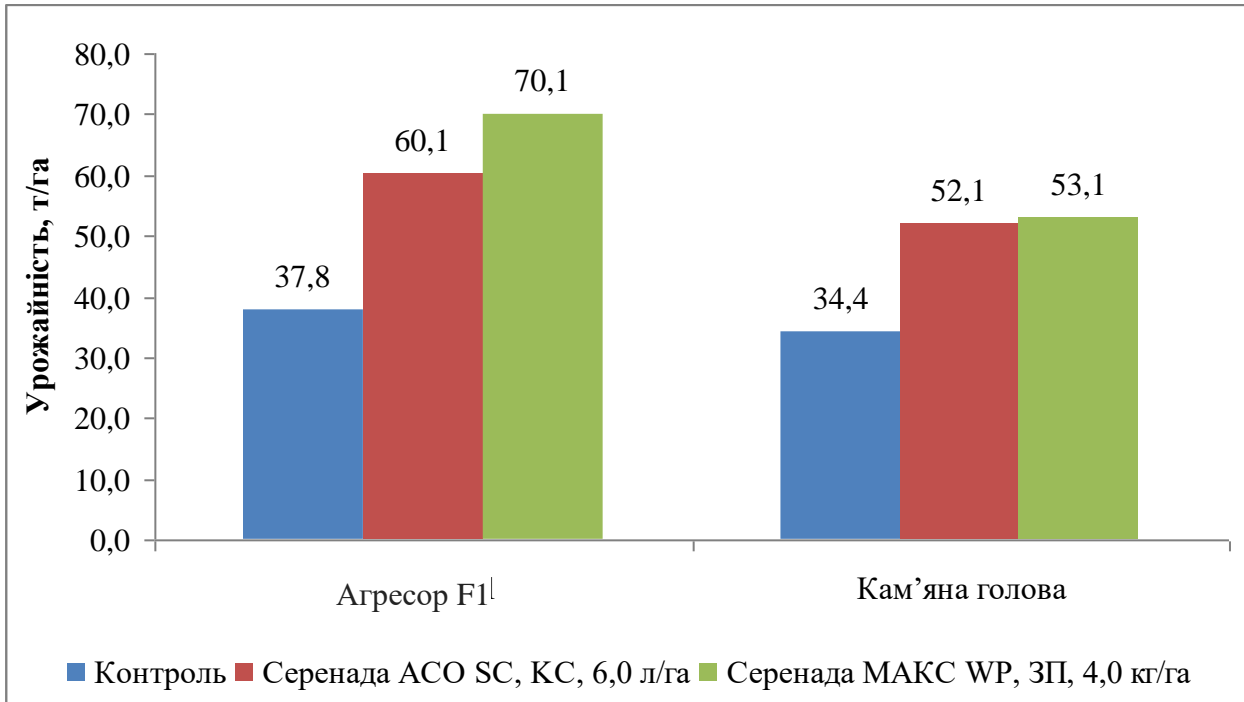


Рис. 1. Урожайність капусти білоголової за використання препаратів Серенада АСО SC, КС та у Серенада МАКС WP, ЗП у порівнянні з контролем.

Проведені дослідження засвідчили ефективність використання біологічних препаратів для захисту овочевих культур від найбільш поширених фітопатогенів. Як зазначають дослідники, мікроорганізми, що використовуються для біоконтролю, продукують метаболіти, які запускають механізми росту, запобігають зараженню рослин, усувають біо-та абіотичні стреси, підвищують врожайність культур [Pham, 2019]. Провідне місце в цьому займають бактерії *Bacillus subtilis*. Використання таких функціональних пребіотиків підвищує здатність рослин протистояти патогенам [LiangJ.,2024]. В результаті їх використання знижується ураження овочевих рослин хворобами і підвищується продуктивність культур.

Дослідженнями підтверджено можливість ефективного застосування сумішей біологічних і хімічних препаратів. Сумісне використання біопрепаратів Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП з фунгіцидом Косайд 2000, в.г., за норми витрати 1,25 кг/га, забезпечило ефективність на рівні фунгіциду з повною нормою витрати 2,5 кг/га. За даними Титової Л. В., Сергієнко В. Г. (2018) посилений стимулюючий ефект сумішей може свідчити про комплексну дію активних інгредієнтів мікробних препаратів і діючих речовин хімічних фунгіцидів на фітопатогени і рослини [18]. Отримані дані свідчать про можливість використання сумішей з метою подовження захисної дії препаратів проти стрімкого наростання інфекції таких небезпечних хвороб, як пероноспороз огірка та фітофтороз

томатів, і при цьому зменшувати пестицидне навантаження на агроценоз порівняно з використанням хімічних засобів захисту рослин з повними нормами витрати.

6. Перспективи подальшого розвитку

В сучасних умовах застосування біологічних препаратів в технологіях захисту овочевих культур від хвороб, продукція яких зазвичай використовується у свіжому вигляді, має велике екологічне та господарське значення. Багатьма дослідженнями підтверджена ефективність біологічних препаратів проти різних видів збудників хвороб, підвищення урожайності і якості продукції. Використання біологічних препаратів та їх сумішей з фунгіцидами будуть сприяти оздоровленню агроценозів та отриманню більш якісної екологічно безпечної продукції.

7. Висновки

В період вегетації овочеві культури уражуються різними видами збудників хвороб. Застосування біологічних препаратів дозволяє ефективно контролювати розвиток фітопатогенів. Біопрепарати Серенада АСО SC, КС і Серенада МАКС WP, ЗП на основі бактерій *Bacillus subtilis* сприяли зниженню ураження томатів, огірка і капусти білоголової домінуючими видами хвороб та підвищенню продуктивності і якості продукції. Встановлено, що досліджувані біологічні препарати стримували розвиток найбільш поширених хвороб на томатах на рівні 46,7-63,5%, огірках – 33,5-39,7%, капусті білоголової – га 75,2- 77,0%. Завдяки зниженню ураженості рослин хворобами за використання біопрепаратів урожайність плодів томатів зростає в середньому на 18%, огірків – на 20-21%, капусти білоголової – на 51-85%. При цьому покращилась якість вирощеної продукції, про що свідчить підвищення її товарності в середньому на 12-23%.

Підтверджена ефективність сумісного застосування в одній баковій суміші біологічних препаратів з фунгіцидом. Не дивлячись на те, що в сумішах хімічний препарат Косайд 2000, в.г. використовували у зменшеній вдвічі нормі витрати, захисний ефект отримано фактично на рівня фунгіциду з повною нормою витрати, а в деяких випадках і вище. Це дозволяє зменшувати токсичне навантаження на посіви овочевих культур, забезпечити більш тривалий період захисної дії препаратів та скорочувати кількість обробок в період вегетації.

Список літератури:

- 1) Allayarov A., Zuparov M., Khakimov A., Omonlikov A. Application of the biopreparation 'Orgamika F' against fusarium disease of cabbage and other cole vegetables. 2021. E3S Web Conf. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE-2021). Crop Production., 2021, Vol. 284. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128403011>
- 2) Gazdanova I., Gerieva F., Morgoev T. The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 11 March 2022, Vol. 28, No. 2, 212-216. URL: https://journal.agrojournal.org/page/en/details.php?article_id=3739
- 3) Horodys'ka I.M., Ternovyu YU.V., Chub A.O. (2018)/ Rol' biolohichnykh preparativ u orhanichnomu zemlerobstvi [The role of biological preparations in organic agriculture]. Zbalansovane pryrodokorystuvannya. № 2 (2018) С. 54-58. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2018.276333> (in Ukrainian).
- 4) Kamal A. M., Abo-Elyousr, Hadeel M. M. K., Hashem M., Saad A. M. Alamri Y.S. M. (2019). Biological control of the tomato wilt caused by *Clavibacter michiganensis* sub sp. *michiganensi* using formulated plant growth-promoting bacteria. Egyptian Journal of Biological Pest Control volume 29, Article number: 54. Doi.org/10.1186/s41938-019-0152-6(Q3).

- 5) Khakimov A. A., Omonlikov S. B., Utaganov A. U. Current status and prospects of the use of biofungicides against plant diseases. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 2020, 13(03), 119-126. DOI url: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.13.3.0403>
- 6) Kolomiets Y., Butsenko L., Yemets A., Blume Y. Use of PGPB-based Bioformulations to Control Bacterial Diseases of Vegetable Crops in Ukraine. *Bentham*, 2024. V.18. DOI: 10.2174/0118743315283724231220104524.
- 7) Kumar S.V., Kishore S.A., Kumar A. (2017). Disease management of tomato through PGPB: current trends and future perspective. *Biotech Aug*; 7(4): 255. Published online 2017 Jul. doi:10.1007/s13205-017-0896-1.
- 8) Liang J., Wei C., Song X., Wang R., Shi H., Tan J. et al. Bacterial wilt affects the structure and assembly of microbial communities along the soil-root continuum. *Environmental Microbiome* (2024) 19:6 <https://doi.org/10.1186/s40793-024-00548-7>.
- 9) Miljaković D., Marinković J., Balešević-Tubić S. (*2020)/ The Significance of *Bacillus spp.* in Disease Suppression and Growth Promotion of Field and Vegetable Crops. *Microorganisms* 2020, 8(7), 1037; <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071037>.
- 10) Moshafi M., Forootanfar H., Ameri A., Shacibale M., Dehghan-noudeh G., Razavi M. (2011), Antimicrobial activity of *Bacillus* sp. strain FAS1 isolated from soil. *Pac. J. Pharm. Sci.* 24, №3. P.269-275.
- 11) Moz'hovs'kyy O.F., Moz'hovs'ka H.V., Kuts O.V. (2020). Biopreparaty yak osnova systemy intehrovanoho zakhystu roslyn. [Biological preparations as the basis of the system of integrated plant protection]. *Frukty y ovoshchy. №1. Fruits and vegetables. No. 1.* <https://www.proof.com.ua/biopreparati-yak-osnova-sistemi-integrovanogo-zaxistu-roslyn> (in Ukrainian).
- 12) Peng G., McGregor L., Lahlali R., Gossen B. D., Hwang S. F., Adhikari K. K., Strelkov S. E., McDonald M. R. Potential biological control of clubroot on canola and crucifer vegetable crops. *Plant Pathology*. 2010. Volume 60, Issue 3, p. 566-574. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02400.x>
- 13) Shahid M., Zaidi A., Mohd. Khan S., Rizvi A., Saif S., Bilal A. (2017). Recent Advances in Management Strategies of Vegetable Diseases. *Microbial Strategies for Vegetable Production*. 2017, pp 197–226.
- 14) Shepstoboyeva O.V., Chaykovs'ka V.V., Chabanyuk YA.V. (2009). Vlastyvoli novykh shtamiv bakteriy – antahonistiv fitopatohennykh miksomitsetiv [Properties of new strains of bacteria - antagonists of phytopathogenic myxomycetes]. *Sil's'kohospodars'ka mikrobiolohiya: mizhvid. temat. zb. Chernihiv: TSNTEI. Vyp.9. S. 90- 94* (in Ukrainian).
- 15) Toader G., Chiurciu C., Chiurciu V., Maierean N., Sevciuc P., Chițonu P., Burnichi F. et al. Results regarding the use of bio-bacterial preparations technology in vegetable crops: research and development station in agriculture Suceava and Buzău. *Agricultural Management / Lucrari Stiintifice Seria I, Management Agricol*, 2019, Vol 21, Issue 3, p. 444.
- 16) Trybel S.O. (Ed.). (2001). *Metodyky vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv. [Methods of testing and application of pesticides]*. Kyiv: Svit. 448 p. (in Ukrainian).
- 17) Tukenova Z., Mustafayev M., Alimzhanova M., Akyzbekova T. Formation of yield and quality of vegetable crops when using a biological preparation in the conditions of dark chestnut soils of the South-East Kazakhstan. *Annals of Agrarian Science*, 2021, Vol. 19, No. 3, 241-248 ref. 16 ref.
- 18) Tytova L. V., Serhiyenko V. H. (2018). Efektyvnist' kompleksnoho zastosuvannya mikrobynykh preparativ z funhitsydami dlya kontrolyu zakhvoryuvan'ta pidvyshchennya produktyvnosti ovochevykh kul'tur [Effectiveness of the complex application of microbial preparations with fungicides for controlling diseases and increasing the productivity of vegetable crops]. *Mikrobiolohiya i biotekhnolohiya*. 2018. № 4. S 30–41. DOI: [http://dx.doi.org/10.18524/2307-4663.2018.4\(44\).149359](http://dx.doi.org/10.18524/2307-4663.2018.4(44).149359) (in Ukrainian).

19) Zhang S., Raza W., Yang X., Hu J., Huang Q. Control of Fusarium wilt disease of cucumber plants with the application of a bioorganic fertilizer. Published online: 31 May 2008 # Springer-Verlag 2008 .Biol Fertl Soils (2008) 44:1073–1080. DOI 10.1007/s00374-008-0296-0.

20) Zhelyezna YE. P., Yushchenko L. P. (2012). Bakterial'ni preparaty v biolohichnomu zakhysti roslyn [Bacterial preparations in biological protection of plants]. Biotekhnolohiya KHKHI stolittya: Tezy dopovidey IV Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Kyiv, 5 kvitnya 2012 r. Natsional'nyy tekhnichnyy universytet «Kyyivs'kyi politekhnichnyy instytut», 2012.S.44-45 (in Ukrainian).

Biocontrol of vegetable crop diseases using bacillus subtilis-based preparations

Valentyna Grigorievna Sergiienko

Institute of Plant Protection NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0003-4386-9307

Ganna Mykolayivna Tkalenko

Institute of Plant Protection NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0001-9448-6600

Olexandr Ivanovych Borzykh

Institute of Plant Protection NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-9802-5622

Oksana Vasylivna Shita

Institute of Plant Protection NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-0795-5120

Abstract: To control the disease of tomatoes, cucumbers and white cabbage during the growing season, spraying of plants with biological preparations Serenada ASO, KS, Serenada MAKS WP, ZP based on *Bacillus subtilis* bacteria was used. The protective effect of biological preparations was compared with the effect of the bacterial preparation Kazumin 2L, RK (*Streptomyces kasugaensis*, 20 g/l) and the fungicide Koside 2000, v.g. (copper hydroxide, 538 g/kg), 2.5 kg/g (on tomatoes and cucumbers). the fungicide was used at a consumption rate of 1.25 kg/ha. It was shown that biological preparations effectively controlled both fungal and bacterial diseases of vegetable crops. The effectiveness of biological preparations on tomatoes against alternariosis was on average 46%, against late blight - 62%, against black bacterial spot - 47%, on cucumbers against downy mildew - 33%, against bacteriosis - 38%, on white cabbage against vascular bacteriosis - 76%, against mucous bacteriosis - 77%. The highest protective effect of the drugs is provided by their prophylactic use. The effectiveness of the simultaneous application in one tank mixture of biological preparations with a fungicide, where the consumption rate of the chemical preparation was reduced by half, was not inferior to the fungicide with the full consumption rate. The biological preparations Serenada ASO SC, KC and Serenada MAKS WP, ZP helped to increase the yield of tomato fruits by an average of 18 %, cucumber - by 20-21%, white cabbage - by 51-85%. At the same time, some cultivated products improved: the marketability of products increased by an average of 18%.

Key words: cabbage, cucumbers, tomatoes, diseases, biological preparations, efficiency, productivity
