

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ  
ТА АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

**СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РОСЛИН  
КАРТОПЛІ ДО УРАЖЕННЯ ВІРУСНИМИ  
ХВОРОБАМИ ЗА ДІЇ МІКРОБНИХ МЕТАБОЛІТІВ**

(науково-методичні рекомендації)

Чернігів  
2025

УДК 632.3:579.2  
С73

С73 **Спосіб** підвищення стійкості рослин картоплі до ураження вірусними хворобами за дії мікробних метаболітів (науково-методичні рекомендації) / Л. М. Решотько, І. В. Волкова, Ю. М. Халеп. Чернігів : видавець Агеєв В. О., 2025. 25 с.

ISBN 978-617-95517-8-9

Рекомендації розроблені згідно з результатами наукових досліджень за завданням «Дослідження особливостей перебігу вірусної інфекції в рослинах картоплі за дії метаболітів», що входить до програми наукових досліджень НААН 8 «Сільськогосподарська мікробіологія».

Рекомендовано обробку вегетуючих рослин картоплі за вірусного ураження розчином метаболітів мікроміцету *Cladosporium cladosporioides* як ефективний прийом у технології вирощування картоплі для збільшення продуктивності культури та якості бульб. Призначені для спеціалістів в галузі вірусології, екології, картоплярства, наукових працівників, викладачів і студентів навчальних закладів.

УДК 632.3:579.2

Рецензенти:

Копилов Євгеній Павлович, доктор біологічних наук,  
старший науковий співробітник;

Шкурко Ігор Вікторович, кандидат економічних наук,  
директор ПрАТ НВО «Чернігівеліткартопля».

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (протокол № 13 від 17.11.2025 р.) і координаційно-методичною радою Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН — головної установи з виконання ПНД НААН 8 «Сільськогосподарська мікробіологія» (протокол № 3 від 26.11.2025 р.).

## ЗМІСТ

Вступ . . . . .	4
Скринінг мікробних метаболітів . . . . .	5
Вплив обробки рослин картоплі метаболітами <i>Cladosporium cladosporioides</i> на розвиток вірусної інфекції . . . . .	11
Визначення оптимальної схеми застосування мікробних метаболітів . . . . .	13
Вплив метаболітів <i>Cladosporium cladosporioides</i> на продуктивність рослин картоплі супер-супереліти за умов штучного й природного інфікування фітопатогенними вірусами . . . . .	16
Економічна оцінка ефективності застосування мікробних метаболітів при вирощуванні картоплі за вірусного ураження . . . . .	20
Перелік джерел посилання . . . . .	24

© Національна академія аграрних наук України  
© Інститут сільськогосподарської мікробіології  
та агропромислового виробництва, 2025

ISBN 978-617-95517-8-9

## ВСТУП

Однією зі складових сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур є мікробні препарати, які відрізняються комплексним позитивним впливом на рослини й безпечністю для навколишнього середовища. У пошуку оптимальних варіантів покращення фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур збільшуються об'єми використання препаратів і регуляторів росту рослин, які позитивно впливають на урожайність і якість продукції та істотно підвищують стійкість рослин до несприятливих факторів довкілля — коливання температури, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, ураження хворобами й шкідниками [1].

Попередніми дослідженнями за умов польових дрібноділянкових дослідів встановлено негативний вплив на фізіологічні показники рослин (гороху, люпину, тютюну) за вірусного ураження (вірус деформуючої мозаїки гороху, вірус жовтої мозаїки квасолі, Y-вірус картоплі) та зменшення негативного впливу вірусної інфекції за використання біопрепаратів Ризогумін, Поліміксобактерин і мікроміцетів *Chaetomium cochlioides*, *Cladosporium cladosporioides*. Обробка насіння цими біопрепаратами та мікроміцетами стимулювала ріст уражених рослин, забезпечила підвищення надземної маси, кількості бобів і вмісту хлорофілу проти контролю (уражені рослини без обробки насіння біопрепаратами). Покращення функціональних показників хворих рослин забезпечило підвищення врожайності зерна.

Окрім активних штамів певних видів бактерій або грибів, на рослину діють також їхні метаболіти, до складу яких входять різні біологічно активні речовини із захисною та регуляторною функцією. Водночас вплив мікробних метаболітів на перебіг вірусного ураження рослин залишається недостатньо вивченим. Отримано позитивні результати за використання різних регуляторів росту,

у тому числі — продуктів мікробного метаболізму. Тому застосування мікробних метаболітів для покращення фітовірусологічного стану насаджень картоплі розцінюють як перспективну стратегію захисту від вірусних інфекцій.

Для визначення способу підвищення стійкості рослин картоплі до ураження вірусними хворобами за дії мікробних метаболітів дослідження пройшли етапи скринінгу мікробних метаболітів на пробірковому матеріалі картоплі, вплив вибраного в перший рік досліджень препарату на розвиток вірусної інфекції в рослинах картоплі наступних бульбових поколінь, визначення оптимальної схеми застосування мікробних метаболітів, реєстрацію впливу на рослини послідовних категорій під час вирощування на інфекційному фоні та економічну оцінку застосування в технології вирощування картоплі.

## СКРИНІНГ МІКРОБНИХ МЕТАБОЛІТІВ

**Джерела та отримання мікробних метаболітів.** Для досліджень ми використали такі корисні мікроорганізми з Колекції ІСМАВ НААН: *Azospirillum brasilense* 410, *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* M-70/2, *Chaetomium cochlioides* та *Cladosporium cladosporioides*. Метаболіти цих мікроорганізмів отримували з робочих розчинів культуральних рідин за використання послідовно грубої фільтрації, центрифугування й фільтрування крізь бактеріальний фільтр. Мікробні метаболіти вносили перед висаджуванням мікорослин в пробірки на 12 годин в таких кількостях на рослину: *Azospirillum brasilense* 410 — 0,006 мл робочого розчину в 5 мл води, *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* M-70/2 — 0,01 мл робочого розчину в 5 мл води, *Chaetomium cochlioides* — 5 мл розчину 40 г/л, *Cladosporium cladosporioides* — поверхнева обробка вегетуючих рослин розчином метаболітів 1:1000.

Вплив мікробних метаболітів на розвиток вірусної інфекції в рослинах картоплі та на функціонування рослин вивчали в умовах польового дрібноділянкового дослідження за методикою проведення досліджень з картоплею [2] на дерново-середньопідзолистому ґрунті (вміст гумусу — 1,2 %; азот — 5,0–6,0 мг/100 г ґрунту; фосфор — 11–13 мг/100 г ґрунту; калій — 12–13 мг/100 г ґрунту, рН<sub>сол.</sub> — 6). Норма садіння рослин *in vitro* — 50 тис/га, міжряддя — 70 см, агротехніка — загальноприйнята для зони Полісся, попередник — картопля, повторність дослідження — чотириразова.

**Параметри, які оцінювалися під час скринінгу мікробних метаболітів.** Дослідження починалися з оздоровленням матеріалом картоплі в умовах захисту від реінфекції. Замість інфекційного фону в перший рік оцінювали вплив мікробних метаболітів на рослини, штучно інфіковані ХВК. Мікробні метаболіти оцінювали комплексно за їхнім впливом на адаптацію мікророслин картоплі до умов відкритого ґрунту, розвиток проявів вірусної інфекції, накопичення фотосинтетичних пігментів, активність ферменту РНК-ази, а також на показники елементів структури врожаю картоплі.

Як приклад, нижче наводимо результати досліджень.

Залежно від обробки мікробними метаболітами приживаність рослин *in vitro* становила від 82 % (обробка метаболітами *Azospirillum brasilense* 410) до 78,6 % (обробка метаболітами *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* М-70/2) при показниках приживаності у контролі 75 %, 85,7 % (обробка метаболітами *Chaetomium cochlioides* та *Cladosporium cladosporioides* 525) при показниках приживаності у контролі 82,1 % (табл. 1).

Упродовж вегетаційного періоду в умовах захисту від реінфекції оздоровленого матеріалу картоплі контролювали проявлення симптомів вірусної інфекції та проводили серологічний контроль мікророслин на наявність основних вірусів картоплі — М, У, S та Х.

Таблиця 1. Вплив обробки мікробними метаболітами біопрепаратів на приживаність рослин картоплі *in vitro* у відкритому ґрунті, 2021 р.

Варіант обробки мікробними метаболітами	Приживаність, %	Приріст до контролю, %
Контроль 1 (вода)*	75	0
<i>Azospirillum brasilense</i> 410	82,1	9,5
<i>Azotobacter chroococcum</i> і <i>Azotobacter vinelandii</i> М-70/2	78,6	4,8
Контроль 2 (вода)*	82,1	0
<i>Chaetomium cochlioides</i>	85,7	4,4
<i>Cladosporium cladosporioides</i> 525	85,6	4,4

\*Наявність двох контролів з обробкою водою пояснюється тим, що пробіркові рослини висаджувалися в два строки.

Виявлено поодинокі випадки реінфекції М-вірусом картоплі, інфіковані рослини видалено.

Встановлено, що за дії мікробних метаболітів збільшується вміст хлорофілів у листках рослин картоплі (табл. 2). Найбільші показники вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках рослин спостерігали у варіантах із застосуванням метаболітів *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* М-70/2 у здорових рослин та *Cladosporium cladosporioides* 525.

Активність РНК-ази на фоні застосування мікробних метаболітів дещо знижувалась: у варіанті з обробкою метаболітами *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* М-70/2 та у варіанті з обробкою метаболітами *Cladosporium cladosporioides* 525 на 14-й день.

За результатами досліджень встановлено, що маса клону пробіркових рослин в умовах 2021 року при обробці метаболітами *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* М-70/2 та *Azospirillum brasilense* 410 на 6 % (сила впливу фактору) залежала від

Таблиця 2. Вплив мікробних метаболітів на вміст хлорофілу в листках здорових та уражених ХВК рослин картоплі, 2021 р.

Варіанти досліджу	Вміст Chl <i>a</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>b</i> (мг на 100 г)	Chl <i>a</i> / Chl <i>b</i>
<i>здорові рослини</i>			
Контроль	86,4 ± 0,28	24,2 ± 0,22	3,58
<i>Azospirillum brasilense</i> 410	85,6 ± 0,34	28,4 ± 0,30	3,05
<i>Azotobacter chroococcum</i> і <i>Azotobacter vinelandii</i> M-70/2	<b>99,4 ± 0,47*</b>	27,6 ± 0,12	3,60
<i>інфіковані рослини</i>			
Контроль	84,2 ± 0,42	24,8 ± 0,38	3,39
<i>Azospirillum brasilense</i> 410	83,4 ± 0,36	25,3 ± 0,33	3,29
<i>Azotobacter chroococcum</i> і <i>Azotobacter vinelandii</i> M-70/2	86,6 ± 0,29	24,6 ± 0,70	3,52
<i>здорові рослини</i>			
Контроль	84,8 ± 0,48	24,4 ± 0,36	3,48
<i>Chaetomium cochlioides</i>	86,7 ± 0,36	26,0 ± 0,46	3,33
<i>Cladosporium cladosporioides</i> 525	86,5 ± 0,44	26,1 ± 0,22	3,31
<i>інфіковані рослини</i>			
Контроль	82,6 ± 0,42	24,8 ± 0,24	3,33
<i>Chaetomium cochlioides</i>	83,2 ± 0,22	24,2 ± 0,46	3,43
<i>Cladosporium cladosporioides</i> 525	<b>87,4 ± 0,18</b>	24,1 ± 0,40	3,62

Примітка: \*виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

способу обробки посадкового матеріалу у варіантах зі здоровими рослинами (табл. 3). Середня маса клону достовірно відрізнялася від контролю у варіантах з обробкою рослин метаболітами *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* M-70/2. На кількість бульб у клонах обробка не вплинула.

Однофакторний дисперсійний аналіз показників, що характеризують урожай у варіантах досліджу з обробкою метаболітами *Chaetomium cochlioides* та *Cladosporium cladosporioides* 525, показав, що

Таблиця 3. Вплив мікробних метаболітів на показники елементів структури врожаю картоплі, 2021 р.

Варіанти досліджу	Маса клону, г	Приріст до контролю %	Кількість бульб у клоні, од.	Приріст до контролю %
<i>здорові рослини</i>				
Контроль 1	121,9 ± 7,38	–	7,8 ± 0,92	–
<i>Azospirillum brasilense</i> 410	126,9 ± 6,71	4,1	8,0 ± 0,68	2,5
<i>Azotobacter chroococcum</i> і <i>Azotobacter vinelandii</i> M-70/2	<b>166,8 ± 10,29*</b>	36,8	8,5 ± 1,22	9,0
<i>інфіковані рослини</i>				
Контроль 1	119,0 ± 8,11	–	7,0 ± 0,29	–
<i>Azospirillum brasilense</i> 410	116,2 ± 9,50	–4,0	8,5 ± 0,85	21,4
<i>Azotobacter chroococcum</i> і <i>Azotobacter vinelandii</i> M-70/2	<b>142,5 ± 10,20</b>	19,7	7,0 ± 0,35	0,0
<i>здорові рослини</i>				
Контроль	115,2 ± 5,18	–	7,9 ± 0,32	–
<i>Chaetomium cochlioides</i>	103,5 ± 5,83	–10,0	7,2 ± 0,38	–9,0
<i>Cladosporium cladosporioides</i> 525	123,8 ± 12,49	7,5	<b>8,9 ± 0,32</b>	12,7
<i>інфіковані рослини</i>				
Контроль	111,0 ± 13,42	–	7,0 ± 0,29	–
<i>Chaetomium cochlioides</i>	116,2 ± 8,5	4,1	6,6 ± 0,45	–6,0
<i>Cladosporium cladosporioides</i> 525	112,5 ± 14,36	1,3	<b>9,1 ± 0,35</b>	30,0

Примітка: \*виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

кількість бульб у клоні в умовах 2021 року на 4 % (сила впливу фактору) залежала від обробки посадкового матеріалу. Середня маса клону не відрізнялася від контролю, водночас середня кількість бульб у клоні достовірно відрізнялася у варіанті з використанням метаболітів *Cladosporium cladosporioides* 525. Треба наголосити,

що показник кількості бульб при вирощуванні насінневого матеріалу картоплі є важливішим, ніж показник маси бульб.

Скринінг мікробних метаболітів за впливом на адаптацію рослин у відкритому ґрунті, на перебіг вірусної інфекції при штучному інфікуванні рослин *in vitro* та на продуктивність мікророслин картоплі дозволив зупинитися на подальших дослідженнях метаболітів *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii* М-70/2 та *Cladosporium cladosporioides*. У сучасних умовах увага була зосереджена на метаболітах *Cladosporium cladosporioides*.

**Характеристика метаболітів *Cladosporium cladosporioides*.** Дослідники О. В. Надкернична, Л. О. Білявська та ін. вивчали біосинтез фітогормонів ґрунтовими грибами *C. cladosporioides* [3]. Вони встановили, що ґрунтові гриби *C. cladosporioides* здатні до синтезу фітогормональних речовин стимулювальної дії: ауксинів, цитокінінів і гіберелінів. Ауксини в супернатанті культуральної рідини *C. cladosporioides* представлені індол-3-оцтовою кислотою, індол-3-масляною кислотою, індол-3-оцтової кислоти гідразидом та індол-3-карбоксиловою кислотою. Цитокініни представлені зеатином, зеатинрибозидом, ізопентиніладеніном та ізопентиніладенозином. Крім того, *C. cladosporioides* 525 продукує незначну кількість гіберелінів й абсцизової кислоти. Отже, серед екзометаболітів фітогормональної природи найбільш інтенсивно *C. cladosporioides* 525 продукує цитокініни, сумарна кількість яких складає 26,96 мкг/г сухої біомаси. Показано, що фітогормональні речовини, які продукує мікроміцет, позитивно впливали на урожайність п'яти сільськогосподарських культур в розведенні культурального середовища 1: 1000.

## ВПЛИВ ОБРОБКИ РОСЛИН КАРТОПЛІ МЕТАБОЛІТАМИ *CLADOSPORIUM CLADOSPORIOIDES* НА РОЗВИТОК ВІРУСНОЇ ІНФЕКЦІЇ

Для оцінки розвитку вірусної інфекції за дії метаболітів *Cladosporium cladosporioides* (ММ) під час вирощування картоплі використовували такі показники, як частота виявлення уражених рослин конкретним фітовірусом картоплі, вміст вірусного білка в рослинах, вміст фотосинтетичних гормонів, активність рослинних ферментів пероксидази та РНК-ази.

Результати імунологічного аналізу рослин свідчили, що в 2022 р. за природного інфікування відбулося зараження рослин картоплі в усіх варіантах дослідження виключно Y-вірусом картоплі (YBK).

За дії мікробних метаболітів відбувалося зниження концентрації вірусного білка в рослинах картоплі (табл. 4). Найбільше зниження показників вмісту вірусного білка, що свідчить про зменшення репродукування вірусів, спостерігали при застосуванні обробки метаболітами *Cladosporium cladosporioides* в перший та другий рік у варіантах зі штучним інфікуванням ХВК в 2021 р. — різниця до контролю становить 38 %.

Відзначено збільшення вмісту хлорофілу *a* в листках рослин картоплі за дії мікробних метаболітів *Cladosporium cladosporioides* (табл. 5). Найбільші показники вмісту хлорофілу *a* в листках рослин спостерігали у варіанті із застосуванням ММ *Cladosporium cladosporioides* у варіантах із нашаруванням, коли рослини оброблялись ММ *Cladosporium cladosporioides* два роки поспіль і дорівнювали за умов штучного/природного та природного інфікування, відповідно, 85,1 мг/100 г та 86,9 мг/100 г.

На фоні застосування метаболітів *Cladosporium cladosporioides* активність пероксидази знижувалась: у варіантах з обробкою ММ *Cladosporium cladosporioides* рослин, які вирощувалися за умов

Таблиця 4. Вплив метаболітів *Cladosporium cladosporioides* на накопичення вірусного білка в рослинах картоплі за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами, 2022 р.

Варіанти дослідів	Концентрація білка, мг/мл	Різниця до контролю, %
<i>насінневий матеріал від здорових рослин картоплі</i>		
Контроль	0,28 ± 0,044	–
Вода/ММ	0,23 ± 0,036	–17,9
ММ/вода	0,32 ± 0,089	14,3
ММ/ММ	0,24 ± 0,078	–14,3
<i>насінневий матеріал від штучно інфікованих ХВК в 2021 р. рослин картоплі</i>		
Контроль	0,63 ± 0,045	–
Вода/ММ	0,48 ± 0,021	–23,8
ММ/вода	0,65 ± 0,007	2,5
ММ/ММ	<b>0,39 ± 0,012*</b>	–38,1

Примітка: \*виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

природного інфікування фітопатогенними вірусами, активність ферменту знижувалася на 3 та 5 у. од. акт. у порівнянні з контролем, у варіантах з обробкою метаболітами *Cladosporium cladosporioides* рослин, які вирощувалися за умов штучного та природного інфікування фітопатогенними вірусами, активність ферменту знижувалася на 10 та 7 у. од. акт. у порівнянні з контролем (табл. 6). Зменшення активності ферменту пероксидази корелювало зі зниженням кількості вірусного білка в рослинах, що може бути пов'язано зі зниженням рівня репродукування вірусів у рослинах та кращим перенесенням рослинами стресового стану, спричиненого вірусною інфекцією.

Таблиця 5. Вплив мікробних метаболітів *C. cladosporioides* на вміст хлорофілу в листках рослин картоплі за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами, 2022 р.

Варіанти дослідів	Вміст Chl a (мг на 100 г)	Вміст Chl b (мг на 100 г)	Chl a / Chl b
<i>насінневий матеріал від здорових рослин картоплі</i>			
Контроль	83,4 ± 0,22	24,4 ± 0,16	3,40
Вода/ММ	84,4 ± 0,18	23,2 ± 0,24	3,63
ММ/вода	83,2 ± 0,42	23,9 ± 0,32	3,48
ММ/ММ	86,9 ± 0,32	24,6 ± 0,20	3,53
<i>насінневий матеріал від штучно інфікованих ХВК в 2021 р. рослин картоплі</i>			
Контроль	79,4 ± 0,24	23,9 ± 0,13	3,32
Вода/ММ	84,8 ± 0,16	24,0 ± 0,26	3,46
ММ/вода	82,2 ± 0,28	24,3 ± 0,34	3,38
ММ/ММ	<b>85,1 ± 0,12*</b>	24,2 ± 0,02	3,50

Примітка: \*виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

Застосування метаболітів *Cladosporium cladosporioides* дало змогу збільшити масу клону в сезон обробки від 8, % до 14,7 %.

### ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ МЕТАБОЛІТІВ

Ми запропонували два способи обробки картоплі метаболітами: спосіб 1 — обробка вегетуючих рослин картоплі метаболітами *C. cladosporioides* одноразова, через тиждень після сходів; спосіб 2 — дворазова, через тиждень після сходів та через 2 тижні після першої обробки. Для вибору способу застосування метаболітів *C. cladosporioides* за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами в досліді ми зупинилися на показниках вмісту вірусного білка в рослинах.

Таблиця 6. Вплив мікробних метаболітів *C. cladosporioides* на активність пероксидази в рослинах картоплі за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами, 2022 р.

Варіанти дослідів	Активність пероксидази, умовні од./1 г сирої маси	
	До обробки ММ (07.07.22)	Через 14 діб після обробки ММ (21.07.22)
<i>насіннєвий матеріал від здорових рослин картоплі</i>		
Контроль	21,4 ± 0,22	33,0 ± 0,21
Вода/ММ	20,1 ± 0,12	29,2 ± 0,35
ММ/вода	19,9 ± 0,83	27,8 ± 0,95
ММ/ММ	22,6 ± 0,65	28,5 ± 0,58
<i>насіннєвий матеріал від штучно інфікованих ХВК в 2021 р. рослин картоплі</i>		
Контроль	34,2 ± 0,54	39,5 ± 0,78
Вода/ММ	31,5 ± 0,63	<b>29,2 ± 0,25*</b>
ММ/вода	35,5 ± 0,05	37,7 ± 0,64
ММ/ММ	30,8 ± 0,69	<b>32,7 ± 0,45</b>

Примітка: \*виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

Проведення порівняльного аналізу вмісту вірусного білка в рослинах (табл. 7), вирощених із бульб попередньо штучно інфікованих ХВК рослин, в 2022 р. та 2023 р. показує, що інтенсивність накопичення фітовірусів (за даними імунологічних аналізів — це ХВК та УВК) в рослинах картоплі залишається незмінною за роками. Оскільки відокремити швидкість накопичення ХВК від УВК неможливо, можна зробити припущення, що концентрація ХВК за роками знижується, а концентрація УВК росте. Аналіз матеріалу демонструє невелике зниження концентрації вірусного білка в рослинах за дії метаболітів *C. cladosporioides*. Найбільше зниження показників вірусного білка, що свідчить про зменшення

Таблиця 7. Вміст вірусного білка в рослинах картоплі (друга бульбова репродукція) за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами за різних способів обробки метаболітами *Cladosporium cladosporioides*, 2023 р.

Спосіб обробки	Бульби першої бульбової репродукції від варіантів 2022 р.					
	Контроль (вода/вода)		Вода/ММ		ММ/вода	
	Концентрація білка, мг/мл	Різниця до контролю, %	Концентрація білка, мг/мл	Різниця до контролю, %	Концентрація білка, мг/мл	Різниця до контролю, %
<i>штучне (ХВК в 2021 р.) та природне (2021–2023 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами</i>						
Вода	0,60 ± 0,022	0	0,52 ± 0,016	-13,3	0,50 ± 0,021	-16,7
Спосіб 1	0,52 ± 0,013	-13,4	0,48 ± 0,036	-20,0	0,52 ± 0,032	-13,6
Спосіб 2	0,48 ± 0,021	-20,0	0,42 ± 0,024	-30,0	0,46 ± 0,024	-23,3
<i>природне (2021–2023 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами</i>						
Вода	0,40 ± 0,036	0	0,32 ± 0,018	-20,00	0,35 ± 0,032	-12,50
Спосіб 1	0,34 ± 0,400	-25,00	0,33 ± 0,024	-17,50	0,31 ± 0,028	-22,50
Спосіб 2	0,32 ± 0,018	-15,00	0,33 ± 0,012	-17,50	0,38 ± 0,031	-5,00

Примітка: \*виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

репродукування вірусів, спостерігали при застосуванні обробки М *C. cladosporioides* в перший, другий та третій рік у варіанті з одно-разовою обробкою метаболітами — різниця до контролю становила 35 %.

Вміст хлорофілу *a* в листках рослин картоплі другої бульбової репродукції (табл. 8) був суттєво вищий у варіантах з обробкою метаболітами *C. cladosporioides* рослин картоплі *in vitro* в 2021 р. та у варіантах з обробкою метаболітами *C. cladosporioides* рослин картоплі в 2022 р. в умовах природного (2021–2023 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами.

Це свідчило про більшу стійкість рослин до стресу, що викликаний і вірусним навантаженням, і несприятливими погодними умовами цього року (посуха, високі температури). Також спостерігалось підвищення співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* в зазначених варіантах. Цей параметр використовується для оцінки ступеня впливу стресу на рослину, його зниження свідчить про високий ступінь впливу, а підвищення — про зменшення негативного впливу стресових факторів.

За сумою значень ухвалили рішення прийняти спосіб 1 за основу.

### ВПЛИВ МЕТАБОЛІТІВ *CLADOSPORIUM CLADOSPORIOIDES* НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН КАРТОПЛІ СУПЕР-СУПЕРЕЛІТИ ЗА УМОВ ШТУЧНОГО Й ПРИРОДНОГО ІНФІКУВАННЯ ФІТОПАТОГЕННИМИ ВІРУСАМИ

Відзначена надзвичайна швидкість розвитку хвороб рослин картоплі за дії Y-вірусу картоплі. У 2024 р. частота виявлення YВК під час вегетації імунологічними методами перевищила показники минулого року в 4–5 разів і становила від 45 % до 75 % в обох блоках дослідів. Обробка метаболітами в 2024 р. не впливала на частоту виявлення вірусів імунологічним методом під час вегетації.

Таблиця 8. Вміст хлорофілу в листках рослин картоплі (друга бульбова репродукція) за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами за різних способів обробки метаболітами *Cladosporium cladosporioides*, 2023 р.

Спосіб обробки	Бульби першої бульбової репродукції від варіантів 2022 р.											
	Контроль (вода/вода)		Вода/ММ		ММ/вода		ММ/ММ		ММ/ММ		ММ/ММ	
	Вміст Chl <i>a</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>b</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>a</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>b</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>a</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>b</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>a</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>b</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>a</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>b</i> (мг на 100 г)	Вміст Chl <i>a</i> / Chl <i>b</i>	Вміст Chl <i>a</i> / Chl <i>b</i>
Вода	79,4 ± 0,24	23,9 ± 0,13	3,32	79,0 ± 0,22	24,4 ± 0,11	3,24	79,6 ± 0,12	24,6 ± 0,10	3,24	81,1 ± 0,18	25,4 ± 0,12	3,24
Спосіб 1	81,4 ± 0,12	24,6 ± 0,20	3,35	82,2 ± 0,10	24,6 ± 0,22	3,42	80,1 ± 0,26	25,1 ± 0,28	3,19	82,0 ± 0,16	25,6 ± 0,22	3,28
Спосіб 2	81,6 ± 0,24	24,4 ± 0,28	3,39	82,6 ± 0,24	24,8 ± 0,16	3,41	81,2 ± 0,22	25,5 ± 0,20	3,24	82,4 ± 0,22	25,8 ± 0,27	3,27
<i>штучне (ХВК в 2021 р.) та природне (2021–2023 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами</i>												
Вода	79,0 ± 0,32	24,4 ± 0,11	3,30	<b>85,1 ± 0,22*</b>	24,0 ± 0,12	3,55	<b>84,8 ± 0,22</b>	24,4 ± 0,28	3,48	<b>86,4 ± 0,10</b>	24,6 ± 0,10	3,51
Спосіб 1	80,9 ± 0,12	23,6 ± 0,22	3,42	<b>86,5 ± 0,09</b>	24,6 ± 0,18	3,52	<b>86,2 ± 0,24</b>	24,4 ± 0,11	3,53	<b>86,8 ± 0,14</b>	24,8 ± 0,22	3,50
Спосіб 2	81,2 ± 0,50	25,3 ± 0,12	3,25	<b>86,4 ± 0,24</b>	24,6 ± 0,10	3,51	<b>85,8 ± 0,14</b>	24,6 ± 0,20	3,49	<b>86,8 ± 0,22</b>	24,8 ± 0,11	3,50

Примітка: \*виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

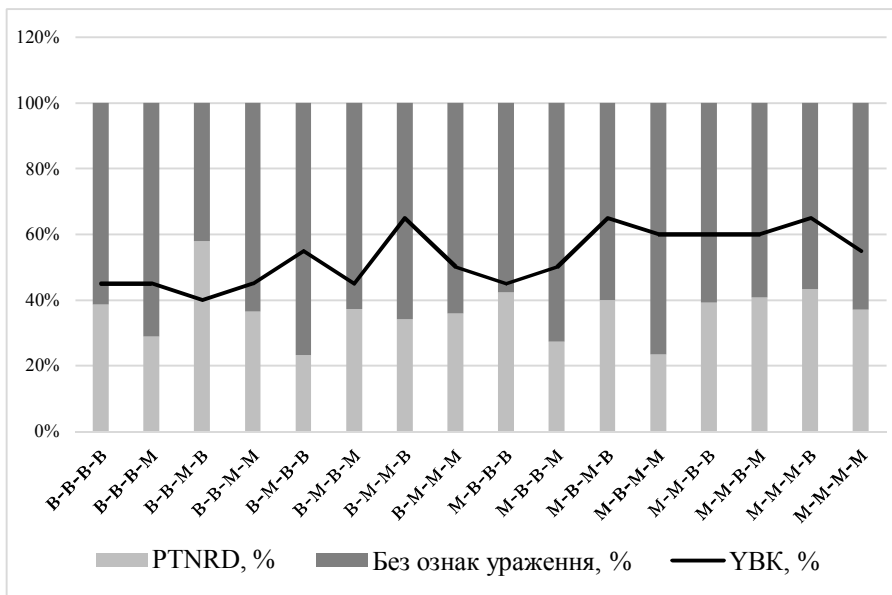


Рисунок 1. Частота виявлення *YBK* в рослинах картоплі та масова частка бульб з *PTNRD* за обробки метаболітами *Cladosporium cladosporioides*, штучне (ХВК в 2021 р.) та природне (2021–2024 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами.

Під час збирання врожаю було відзначено значне ураження бульб некротичною кільцевою плямистістю (*PTNRD*) і є всі підстави зарахувати цей штам вірусу до групи некротичних штамів *YBK*, які викликають найбільші втрати при вирощуванні картоплі. Масова частка бульб із симптомами хвороби становила від 23 % до 58 % у варіантах, де мало місце штучне (ХВК в 2021 р.) та природне (2021–2024 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами, і від 14 % до 43 % — у варіантах з природним (2021–2024 рр.) інфікуванням фітопатогенними вірусами. У більшості парних варіантів (тобто обробка водою або метаболітами бульб однакового варіанту попереднього року) спостерігався інгібуючий вплив метаболітів на розвиток симптомів хвороби.

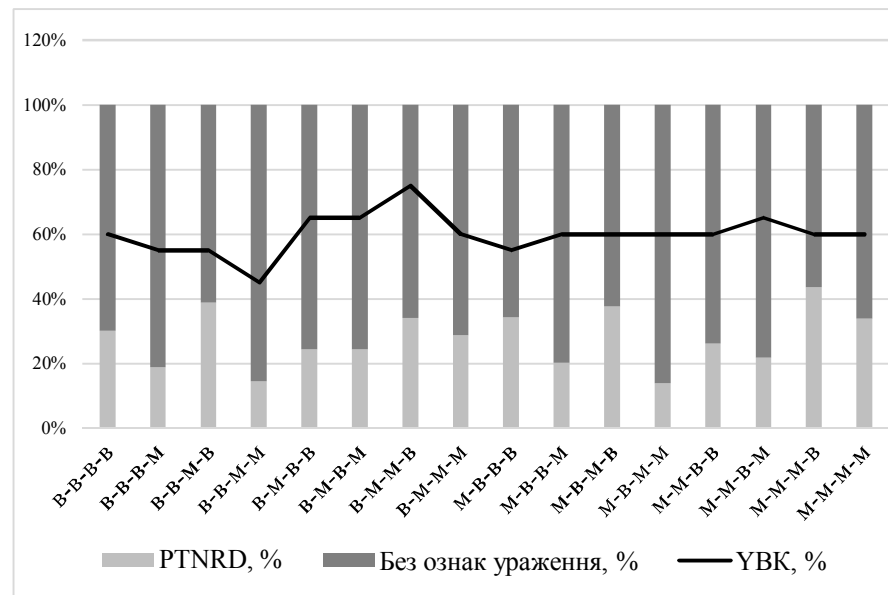


Рисунок 2. Частота виявлення *YBK* в рослинах картоплі та масова частка бульб з *PTNRD* за обробки метаболітами *Cladosporium cladosporioides*, природне (2021–2024 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами

Крім того, спостерігалось незначне підвищення співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* у більшості варіантів за обробки метаболітами. Цей параметр використовується для оцінки ступеня впливу несприятливих факторів на рослину, його підвищення свідчить про зменшення негативного впливу вірусної інфекції.

Проявилися деякі особливості продукційного процесу, що демонструють дані таблиць 9 та 10. Так, середня кількість бульб у клонах і маса бульб в обох блоках була суттєво меншою від контролю у варіантах з нашаруванням (обробка метаболітами три попередніх роки), що можна спробувати пояснити негативним впливом повторюваної обробки метаболітів на фоні посухи й високих температур вегетації.

Таблиця 9. Продуктивність картоплі за обробки метаболітами *Cladosporium cladosporioides*, штучне (ХВК в 2021 р.) та природне (2021–2024 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами

№	Обробка	Варіант	Кількість бульб, од.		Маса клону, г		Урожай, кг	
			2023 р.	$\bar{x}$	SE	$\bar{x}$	SE	загальний
1	контроль	в-в-в	11,4	0,99	358	25,2	7,15	4,39
2	метаболіти	в-в-в	11,3	0,96	371	24,5	7,41	5,27
3	вода	в-в-м	7,3	0,87	337	26,9	6,74	2,83
4	метаболіти	в-в-м	8,4	0,92	302	26	6,05	3,85
5	вода	в-м-в	11,8	0,81	315	24,5	6,29	4,84
6	метаболіти	в-м-в	10,9	0,84	363	26,9	7,26	4,56
7	вода	в-м-м	7,7	0,66	315	25,2	6,30	4,16
8	метаболіти	в-м-м	8,7	0,77	321	24,5	6,41	4,12
9	вода	м-в-в	8,1	0,74	<b>258</b>	<b>25,2</b>	5,16	2,98
10	метаболіти	м-в-в	6,4	0,73	<b>285</b>	<b>24,5</b>	5,70	4,15
11	вода	м-в-м	10,1	0,89	331	25,2	6,62	3,98
12	метаболіти	м-в-м	8,4	0,88	342	26	6,84	5,25
13	вода	м-м-в	9,6	0,87	271	25,2	5,42	3,30
14	метаболіти	м-м-в	10,6	0,83	340	24,5	6,79	4,02
15	вода	м-м-м	<b>5,5</b>	<b>0,5</b>	<b>269</b>	<b>24,5</b>	5,38	3,06
16	метаболіти	м-м-м	<b>7,9</b>	<b>0,79</b>	<b>276</b>	<b>25,2</b>	5,53	3,48

Примітка: виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

Особливої уваги заслуговує той факт, що у варіантах із обробкою метаболітами врожай картоплі після сортування та видалення хворих бульб із симптомами ураження некротичним штамом УВК був суттєво вищим (в 1,2–1,7 раза).

### ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ МЕТАБОЛІТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КАРТОПЛІ ЗА ВІРУСНОГО УРАЖЕННЯ

Місце проведення — дослідна ділянка ПрАТ НВО «Черігів-еліткартопля». Для дослідів господарство надало два сорти картоплі, які розрізняються за строками стиглості: середньоранній сорт

Таблиця 10. Продуктивність картоплі за обробки метаболітами *Cladosporium cladosporioides*, природне (2021–2024 рр.) інфікування фітопатогенними вірусами

№	Обробка	Варіант	Кількість бульб, од.		Маса клону, г		Урожай, кг	
			2023 р.	$\bar{x}$	SE	$\bar{x}$	SE	загальний
1	контроль	в-в-в	9,1	0,81	308,1	24,13	6,16	4,32
2	метаболіти	в-в-в	9	0,7	263,4	22,05	5,27	4,28
3	вода	в-в-м	9,8	0,99	249,9	28,55	5,00	3,06
4	метаболіти	в-в-м	10,4	1,19	331,1	29,16	6,62	5,67
5	вода	в-м-в	7,6	0,76	279,7	20,4	5,59	4,23
6	метаболіти	в-м-в	9,4	0,94	299,3	20,31	5,99	4,53
7	вода	в-м-м	7,8	0,75	<b>404,3</b>	<b>39,16</b>	8,09	5,34
8	метаболіти	в-м-м	8,4	0,91	<b>376,7</b>	<b>21,73</b>	7,53	5,38
9	вода	м-в-в	9,2	0,87	313,2	28,63	6,26	4,12
10	метаболіти	м-в-в	10,7	1,08	294,9	24,59	5,90	4,71
11	вода	м-в-м	7,6	0,71	286,5	18,06	5,73	3,58
12	метаболіти	м-в-м	9,5	1,08	343,6	29,09	6,87	5,92
13	вода	м-м-в	7,2	0,75	273,2	47,75	5,46	4,04
14	метаболіти	м-м-в	7,6	1	262,9	21,96	5,26	4,12
15	вода	м-м-м	<b>6,2</b>	<b>0,95</b>	<b>252,5</b>	<b>18,51</b>	5,05	2,86
16	метаболіти	м-м-м	<b>6,5</b>	<b>0,66</b>	<b>246,2</b>	<b>22,13</b>	4,92	3,26

Примітка: виділені значення, які відрізняються від контролю за *t*-тестом за  $p \leq 0,05$ .

Сувенір Чернігівській і середньопізній сорт Велес. Обробіток метаболітами здійснено за попередньою схемою — по вегетуючих рослинах через тиждень після сходів. Облік симптомів вірусного ураження та серологічний аналіз зразків проведено в момент бутонізації-цвітіння.

Серологічний аналіз рослин картоплі обох сортів (табл. 11) показав, що вірусне ураження насаджень картоплі сортів Сувенір Чернігівський і Велес мало місце й не відрізнялося у варіантах з обробкою водою та за дії метаболітів.

Так, частка рослин, інфікованих МВК, коливалася в межах від 18 % до 26 %, СВК — у межах від 1 % до 3 %, рослин, інфікованих ХВК та УВК, виявлено не було.

Таблиця 11. Частота виявлення фітопатогенних вірусів у рослинах картоплі серологічним методом за обробки водою та метаболітами *C. cladosporioides*, 2025 р.

№ / сорт	Варіант досліду / вірус	ХВК, %	МВК, %	SBK, %	УВК, %
сорт Сувенір Чернігівський					
1	Контроль (обробка водою)	0	25	2	0
2	Обробка метаболітами	0	26	3	0
Сорт Велес					
1	Контроль (обробка водою)	0	21	0	0
2	Обробка метаболітами	0	18	1	0

Проаналізовано такі основні показники економічної ефективності: прибуток, додаткові витрати, окупність додаткових витрат. Ціни на матеріально-технічні ресурси, сільськогосподарську продукцію та рівень заробітної плати прийнято на середньому рівні 2025 р.

Основні показники економічної ефективності застосування метаболітів при виробництві картоплі наведено в таблиці 12.

Як можна бачити з показників таблиці, застосування метаболітів *C. cladosporioides* при вирощуванні обох зазначених сортів картоплі за вірусного ураження МВК та SBK сприяє підвищенню економічної ефективності виробництва. Так, по сорту Велес за приросту урожайності 2,7 т/га (10,7 %) при порівняно невеликих додаткових витратах (1078 грн/га) додатковий прибуток із розрахунку на 1 га становить 13 632 грн/га, а окупність прибутком додаткових витрат, пов'язаних із застосуванням препарату, склала 12,65 грн/грн. По сорту Сувенір Чернігівський досліджувані показники засвідчують ще вищі результати. Так, за приросту урожайно-

Таблиця 12. Основні показники економічної ефективності застосування метаболітів *C. cladosporioides* при вирощуванні картоплі сортів Сувенір Чернігівський та Велес

Показники	Сорт Сувенір Чернігівський	Сорт Велес
Урожайність в контролі, т/га	29,0	25,2
Урожайність в досліді, т/га	36,1	27,9
Приріст, т/га	7,1	2,7
Приріст, %	24,5	10,7
Додаткові витрати на 1 га, грн	2339	1078
Додатковий прибуток на 1 га, грн	36 343	13 682
Окупність додаткових витрат, грн/грн	15,54	12,65

сті 7,1 т/га (24,5 %) та додаткових витрат 2339 грн/га додатковий прибуток склав 36 343 грн/га, а окупність — 15,54 грн/грн.

Отже, застосування цього мікробного метаболіту в технології вирощування картоплі має високу ефективність в економічному аспекті.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Manjunatha L., Rajashekara H., Uppala L. S., Ambika D. S., Patil B. and other. Mechanisms of microbial plant protection and control of plant viruses. *Plants*. 2022. Vol. 11, № 24. P. 3449.
2. Кононученко В. В., Куценко В. С., Осипчук А. А. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2002. 182 с.
3. Пат. 105226 Україна, МПК (2016.01) C12N 1/14, C05F 11/08, A01N 63/00. Штам гриба *Cladosporium cladosporioides* — продуцент ауксинів і цитокінінів / Надкернична О. В., Копилов Є. П., Білявська Л. О.; заявник і власник Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, заявл. 01.09.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 15.

*Наукове видання*

## Спосіб підвищення стійкості рослин картоплі до ураження вірусними хворобами за дії мікробних метаболітів

(науково-методичні рекомендації)

*Л. М. Решотько*

*І. В. Волкова*

*Ю. М. Халеп*

Комп'ютерна верстка та макетування *В. О. Агєєв*  
Коректура *О. В. Личук*

Підписано до друку 19.12.2025 р. Формат 60×84/16.  
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times.  
Умовн. друк. арк. 1,40. Обл.-вид. арк. 0,86.  
Зам. № 25283-07. Наклад 50 прим.

Видавець та виготовлювач: ФОП Агєєв В. О.  
Свід. про внесення до держ. реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції серія ДК, № 8282 від 02.05.2025.  
Запис в єдиному держ. реєстрі № 201035000000182294 від 01.08.2022.  
Україна, 14005, м. Чернігів, вул. В'ячеслава Чорновола, 4, к. 15.  
<http://siver-druk.com.ua> e-mail: [siverdruk11@gmail.com](mailto:siverdruk11@gmail.com)