

## ВПЛИВ МЕТАБОЛІТІВ *CLADOSPORIUM CLADOSPORIOIDES* НА ПЕРЕБІГ ВІРУСНОЇ ІНФЕКЦІЇ В РОСЛИНАХ КАРТОПЛІ ЗА УМОВ ПРИРОДНОГО ТА ШТУЧНОГО ІНФІКУВАННЯ ФІТОВІРУСАМИ

Л. М. Решотько, І. В. Волкова

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна; e-mail: volkova1212@ukr.net

**Мета.** Дослідити вплив метаболітів *Cladosporium cladosporioides* на перебіг вірусної інфекції в рослинах картоплі за умов штучного та природного інфікування. **Методи.** Лабораторні (вірусологічні, імунологічні, електронно-мікроскопічні), польові, статистичні. **Результати.** Вплив мікробних метаболітів на розвиток вірусної інфекції в рослинах картоплі вивчали у 2021 та 2022 рр. за умов польового дрібноділянкового дослідю. В 2021 р. за умов захисту від реінфекції у варіантах зі штучним інфікуванням Х-вірусом картоплі (ХВК) візуальним та імунологічним методами не виявлено рослин із симптомами вірусного ураження, перевірка електронно-мікроскопічним методом показала низьку концентрацію вірусних часток у рослинах, що вірогідно пов'язано з аномально високою температурою під час вегетації мікророслин. Обробка рослин метаболітами *S. cladosporioides* значно не вплинула на накопичення ХВК. У дослідях 2022 р. використано бульби від здорових і штучно інфікованих мікророслин з варіантів з обробкою та без обробки рослин метаболітами *S. cladosporioides*. Аналіз перебігу вірусної інфекції за умов природного інфікування фітопатогенними вірусами та попереднього штучного інфікування ХВК показав, що метаболіти *S. cladosporioides* впливають на розвиток вірусної інфекції. У більшості варіантів з використанням мікробних метаболітів частота візуального прояву вірусної хвороби була меншою на 3–5 %, як порівняти з контролем. Частота виявлення вірусів імунологічним методом була вищою в контрольному варіанті і дорівнювала 40 %, найнижча кількість виявлених інфікованих рослин спостерігалась у варіанті, коли рослини обробляли мікробними метаболітами *S. cladosporioides* два роки поспіль, і дорівнювала 22,5 %. Найбільше зниження вмісту вірусного білка, що свідчить про зменшення репродукування вірусів, спостерігали за обробки метаболітами *S. cladosporioides* у перший та другий роки у варіантах зі штучним інфікуванням ХВК у 2021 р. — різниця проти контролю становила 38 %. На нашу думку, вплив метаболітів *S. cladosporioides* на перебіг вірусної інфекції в рослинах картоплі зумовлений екзогормональними речовинами, що входять до їх складу. **Висновки.** Результати дворічних досліджень показують, що метаболіти *S. cladosporioides* впливають на перебіг вірусної інфекції. Спостерігається зменшення частоти візуального прояву вірусної хвороби. Найменшу кількість інфікованих рослин виявлено у варіанті, коли рослини обробляли метаболітами *S. cladosporioides* два роки поспіль. Також за дії мікробних метаболітів знижується концентрація вірусного білка в рослинах картоплі. Така реакція системи «рослина-вірус» вказує на інгібувальну активність метаболітів *S. cladosporioides* щодо вірусів.

Ключові слова: картопля, мікробні метаболіти, *Cladosporium cladosporioides*, вірусна інфекція, штучний та природний інфекційний фон.

**Вступ.** У сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур широко використовуються мікробні препарати, які позитивно впливають на врожайність та якість продукції, а також підвищують стійкість рослин до ураження хворобами. Компонентами біопрепаратів, окрім активних штамів певних видів бактерій або грибів, є біологічно активні речовини, які характеризуються захисною та регуляторною функцією. Але вплив мікробних препаратів на перебіг вірусного ураження рослин залишається недостатньо вивченим.

**Аналіз літературних джерел і публікацій.** З літературних джерел відомо про дослідження продуктів метаболізму мікроорганізмів, які не лише стимулюють ріст і розвиток рослин, а й впливають на перебіг вірусних інфекцій рослин. В Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України різні команди вчених під керівництвом О. Г. Коваленка у різні роки вивчали вплив мікробних метаболітів на вірусні інфекції рослин. Так, ще в 1993 р. встановлено, що манан, мікробний метаболіт дріжджів *Rhodotorula rubra*, демонструє антифитовірусну активність щодо вірусу тютюнової мозаїки (ВТМ) [1]. З того часу було досліджено низку метаболітів мікроорганізмів. Встановлено високу антивірусну активність (гальмування розвитку інфекції, викликаної ВТМ, на 86–96 %) термостабільних водорозчинних фракцій, отриманих із культуральної рідини біопрепарату Гаупсин, біоагентом якого є два штами бактерії *Pseudomonas aureofaciens* [2]. Активними інгібіторами фітовірусної інфекції виявилися глікани, що продукувалися трьома штамами гриба *Ganoderma adpersum* [3]. Встановлено, що глікан базидіального гриба *Ganoderma adpersum* активує захисні механізми рослин тютюну та пригнічує розвиток ВТМ-інфекції в тканинах чутливого хазяїна. Інгібувальну активність проти ВТМ проявляють штучні глікан-гліколіпідні комплекси (ГГК), сформовані на основі глюкану з міцелію базидіального гриба *Ganoderma adpersum* (Schulzer) Donk, позахлітинного глюкуроноксилومانану базидіального гриба *Tremella mesenterica* Ritz.: Fr., манану з клітин *Candida maltosa* та рамноліпиду *Pseudomonas* sp. PS-17 як допоміжного агента. Крім того, передпосівна обробка насіння сої ГГК та препаратом брадиризообій

сприяла зростанню стійкості рослин до ураження вірусними хворобами [4].

Позитивний вплив мікробних препаратів на обмеження вірусного ураження рослин люпину жовтого встановили О. В. Пиріг зі співавт. [5]. Найбільший інгібувальний ефект щодо вірусу жовтої мозаїки квасолі авторами встановлено за використання Ризогуміну, біоагентом якого є штам бактерії *Bradyrhizobium japonicum*, та Хетоміка, біоагентом якого є гриб роду *Chaetomium*. Обмеження вірусного ураження рослин автори пов'язують із дією екзогенних фізіологічно активних речовин.

Під час інфікування вірусами зазнають змін білоксинтезувальні системи рослин та, як наслідок, порушується синтез ендогенних фітогормонів. В оглядових статтях Zhao & Li [6], а також Alazem & Lin [7] наведено дані великої кількості досліджень, якими доведено, що фітогормони прямо чи опосередковано пов'язані з розмноженням вірусу та його рухом тканинами рослин. Отже, вивчення впливу екзогенних фітогормонів та мікробних метаболітів, що містять фізіологічно активні речовини, на вірусну інфекцію рослин становить інтерес і є актуальним.

**Мета досліджень.** Метою роботи були дослідження впливу метаболітів *C. cladosporioides* на перебіг вірусної інфекції в рослинах картоплі за умов штучного та природного інфікування.

**Матеріали і методи досліджень.** Гриби культивували поверхнево на рідкому середовищі Роулен-Тома, метаболіти отримували з культуральної рідини за використання послідовно грубої фільтрації та фільтрування крізь бактеріальний фільтр. Для обробки рослин використовували фільтрат у робочому розведенні 1:1000 [8].

Вплив метаболітів на розвиток вірусної інфекції в рослинах картоплі вивчали у 2021 та 2022 рр. за умов польового дрібноділянкового дослідження з картоплею [9] на дерново-середньопідзолистому ґрунті. Агротехніка — загальноприйнята для зони Полісся, попередник — картопля, повторність дослідження — чотириразова.

У дослідженнях, проведених у 2021 р., використовували генетично однорідну популяцію рослин *in vitro*, створену послідовним живцюванням однієї оздоровленої рослини

картоплі *in vitro* сорту Нагорода. Частина оздоровлених рослин картоплі штучно інфікували штамом ХВК-ек, здорові та інфіковані рослини обробляли розчином метаболітів *C. cladosporioides*, у контрольних варіантах обробку проводили водою. Штам ХВК-ек виділено у 1992 р. співробітниками лабораторії вірусології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН із природно інфікованих рослин картоплі сорту Екстаз на території Чернігівської області. Належить до збудників легкої вірусної хвороби звичайної мозаїки [10], як модельний об'єкт ХВК використовується завдяки відтворюваним способам передачі та вірусологічного контролю.

Для досліджу 2022 р. відбирали насіннєвий матеріал від здорових рослин картоплі (з варіантів без обробки та з обробкою метаболітами *C. cladosporioides*, проведеною в попередньому 2021 р.) та з варіантів із штучним інфікуванням ХВК (з варіантів без обробки та з обробкою метаболітами *C. cladosporioides* у попередньому році). Спосіб обробки — поверхнева обробка вегетуючих рослин розчином метаболітів 1:1000 за тиждень після появи сходів.

Для вірусологічного контролю матеріалу використовували методи візуальної діагностики, електронно-мікроскопічний та імунологічний методи [11; 12]. Видимий прояв симптомів вірусного ураження оцінювали за відносною часткою рослин із симптомами мозаїки. Обстеження рослин для виявлення вірусного ураження проводили у фазу бутонізації.

Крім показника частоти вірусного ураження, визначали відносний вміст вірусного білка непрямим методом [13]. З 10 рослин кожного повторення відбирали листки середнього ярусу, після подрібнення наважку 1 г гомогенізували в 10 мл 0,01 М фосфатного буферного розчину, рН 7,4. Освітлення інфекційного соку проводили з використанням суміші хлороформ-бутанолу (1:1) 10 % від об'єму гомогенату, що дозволяє звільнитися від білок-хлорофільного комплексу й залишає фітовірус у розчині. Екстракт освітлювали центрифугуванням за 6000 об./хв. 30 хв. Концентрацію вірусного білка визначали за допомогою спектрофотометра СФ-46. Вимірювали величину поглинання розчину за довжин хвиль 260 і 280 нм. Як контроль використовували 0,01 М фосфатний буфер, рН 7,4.

Концентрацію білка в отриманих вірусних препаратах визначали за формулою Калькара:

$$C = 1,45 \cdot A_{280} - 0,74 \cdot A_{260},$$

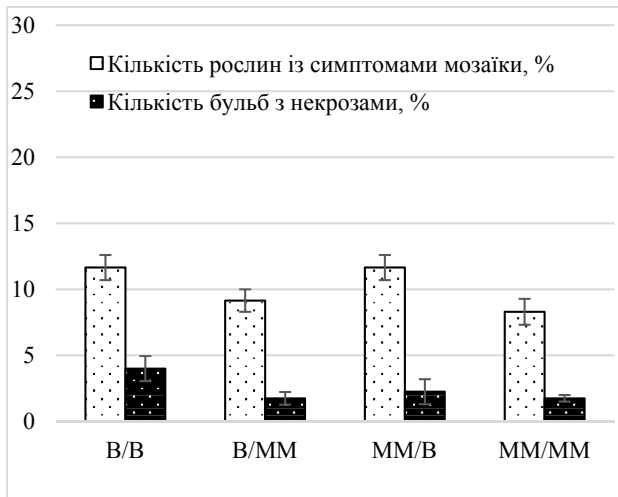
де  $C$  — концентрація білка, мг/мл;  
 $A_{280}$  і  $A_{260}$  — оптична густина препарату білка в кюветах товщиною 1 см за довжин хвиль 280 нм і 260 нм відповідно.

**Результати та їх обговорення.** Упродовж вегетаційного періоду 2021 р. за умов захисту від реінфекції картоплі контролювали прояв симптомів інфекції ХВК та проводили імунологічний контроль мікророслин. Перевірка рослин картоплі візуальним та імунологічним методами у варіантах зі штучним інфікуванням ХВК за 14 та 28 діб після інфікування не виявила рослин із симптомами вірусного ураження. Діагностика інфікованих зразків листків картоплі електронно-мікроскопічним методом показала низьку концентрацію вірусних часток у рослинному соці. На нашу думку, це пов'язано з аномально високою температурою під час вегетації мікророслин картоплі у 2021 р., оскільки надвисокі температури призводять до зменшення швидкості репродукування вірусу в клітинах [14].

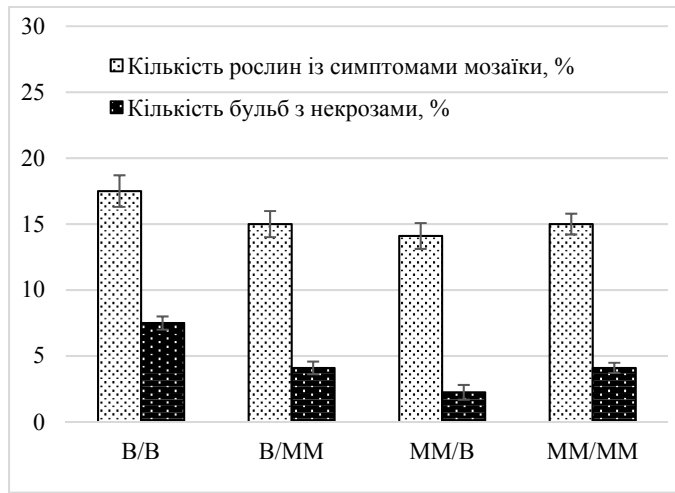
У 2022 р. дослід проводили за умов природного інфекційного фону. Аналіз результатів візуальної діагностики рослин та бульб картоплі у вегетаційному сезоні 2022 р. свідчить про вірусне ураження рослин в усіх варіантах досліджу (рис. 1).

Частота виявлення рослин із жовто-зеленою мозаїкою та бульб з некрозами становила у варіантах без обробки метаболітами *C. cladosporioides* за умов штучного інфікування ХВК у 2021 р. та без штучного інфікування у фазу бутонізації за вирощування картоплі в умовах природного інфекційного фону 17,5 % / 7,5 % і 11,7 % / 4 % відповідно. У більшості варіантів з використанням метаболітів *C. cladosporioides* частота візуального прояву вірусної хвороби була меншою, що може бути наслідком зменшення швидкості репродукування вірусу в рослинах.

Рослини у досліді 2021р. не мали симптомів вірусних хвороб на бульбах, у 2022 р. симптоми були представлені характерним для Y-вірусу картоплі (YBK) кільцевим некрозом на бульбах (рис. 2). Імунологічний аналіз підтвердив інфікування картоплі YBK.



A



B

Рис. 1. Перевірка методом візуальної діагностики рослин картоплі на фітовірусне ураження, %, 2022 р.

(A — варіанти дослідю, в яких використано насіннєвий матеріал від здорових у 2021 р. рослин картоплі; B — варіанти дослідю, в яких використано насіннєвий матеріал від штучно інфікованих у 2021 р. рослин картоплі. Варіанти в обох блоках дослідю: V/V — контроль (обробка водою в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.); V/MM — обробка водою в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.; MM/V — обробка метаболітами в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.; MM/MM — обробка метаболітами в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.).



Рис. 2. Кільцевий некроз бульб картоплі — симптом ураження YBK.

Результати імунологічного аналізу рослин (табл. 1) свідчать, що за природного інфікування відбулося зараження рослин картоплі в усіх варіантах дослідю виключно Y-вірусом картоплі. З огляду на те, що наші попередні моніторингові дослідження агроценозів з картоплею свідчать про рідкісне поширення YBK в моноінфекції, ці результати становлять інтерес і потребують подальшого спостереження.

На відміну від 2021 р., коли імунологічний метод виявився недостатньо чутливим

для діагностики штучного зараження X-вірусом картоплі, а перевірка інфікованих зразків листя картоплі методом електронної мікроскопії виявила низьку концентрацію вірусних часток у рослинному соці, у вегетаційному сезоні 2022 р. ХВК виявлено методом крапельної аглютинації в усіх варіантах дослідю. Частота виявлення вірусів імунологічним методом була вищою в контрольному варіанті й дорівнювала 40 %, найнижчу кількість уражених рослин спостерігали у варіанті, коли рослини обробляли метаболітами *C. cladosporioides* два роки поспіль, і дорівнювала 22,5 %. За цими результатами корегували й результати аналізу вмісту вірусного білка в інфікованих рослинах (табл. 2).

Проведення аналізу вмісту вірусного білка в рослинах, вирощених із бульб попередньо штучно інфікованих ХВК рослин, дозволило визначити інтенсивність накопичення фітовірусів (за даними імунологічних аналізів це ХВК та YBK) у рослинах картоплі. Аналіз матеріалу демонструє зниження концентрації вірусного білка в рослинах за дії метаболітів *C. cladosporioides*. Найбільше зниження показників вмісту вірусного білка, що свідчить про зменшення репродукування вірусів, спостерігали за обробки рослин метаболітами *C. cladosporioides* у першій та

Таблиця 1. Частота виявлення збудників вірусної хвороби картоплі імунологічним методом, 2022 р.

Варіанти досліджу	Частота виявлення збудників вірусної хвороби картоплі, %			
	ХВК	МВК	SBK	YBK
<i>насіннєвий матеріал від здорових у 2021 р. рослин картоплі</i>				
Контроль (обробка водою, 2021 р. / обробка водою, 2022 р.)	0,0	0,0	0,0	6,6
Обробка водою в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	0,0	1,6	0,0	5,8
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.	0,0	0,0	0,0	5,0
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	0,0	0,0	0,0	5,0
<i>насіннєвий матеріал від штучно інфікованих ХВК у 2021 р. рослин картоплі</i>				
Контроль (обробка водою в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.)	40,0	0,0	0,0	3,3
Обробка водою в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	37,5	0,0	0,0	4,1
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.	37,5	0,0	0,0	3,3
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	22,5	0,0	0,0	1,6

Таблиця 2. Вплив метаболітів *C. cladosporioides* на накопичення вірусного білка в рослинах картоплі за умов природного та штучного інфікування фітопатогенними вірусами, 2022 р.

Варіанти досліджу	Концентрація білка, мг/мл	Різниця до контролю, %
<i>насіннєвий матеріал від здорових рослин картоплі</i>		
Контроль (обробка водою в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.)	0,28 ± 0,04	–
Обробка водою в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	0,23 ± 0,04	–17,9
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.	0,32 ± 0,09	14,3
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	0,24 ± 0,08	–14,3
<i>насіннєвий матеріал від штучно інфікованих ХВК у 2021 р. рослин картоплі</i>		
Контроль (обробка водою в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.)	0,63 ± 0,05	–
Обробка водою в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	0,48 ± 0,02	–23,8
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка водою в 2022 р.	0,52 ± 0,01	–17,5
Обробка метаболітами в 2021 р. / обробка метаболітами в 2022 р.	<b>0,39 ± 0,01</b>	–38,1

Примітка: значення, яке вірогідно відрізняється від контролю за *t*-тестом ( $p \leq 0,05$ ), виділено жирним шрифтом.

другий рік у варіантах із штучним інфікуванням ХВК у 2021 р. — різниця до контролю становила 38 %.

Накопичення вірусного білка в рослинах картоплі, вирощених із бульб від здорових у 2021 р. рослин за умов природного інфікування, зумовлено зараженням і реплікацією УВК. Обробка метаболітами суттєво не вплинула на концентрацію вірусного білка в рослинах. Незначне зниження концентрації білка спостерігали у варіантах з обробкою рослин метаболітами у вегетаційному сезоні 2022 р.

На нашу думку, вплив метаболітів *C. cladosporioides* на перебіг вірусної інфекції в рослинах картоплі зумовлений впливом екзогормональних речовин, що входять до їх складу. Так, О. В. Надкерничною зі співавт. [8], а також Л. О. Білявською зі співавт. [15] досліджено біосинтез фітогормонів ґрунтовими грибами *C. cladosporioides*. Згідно з інформацією про вміст фітогормонів у супернатанті культуральної рідини *C. cladosporioides*, ауксини представлено індоліл-3-оцтовою кислотою, індоліл-3-масляною кислотою, індоліл-3-оцтової кислоти гідразидом та індоліл-3-карбоксіловою кислотою. Цитокініни представлено зеатином, зеатинрибозидом, ізопентиніладеніном та ізопентиніладеніном. Крім того, *C. cladosporioides* продукує незначну кількість гіберелінів. Серед екзометаболітів фітогормональної природи найбільш інтенсивно *C. cladosporioides* продукує цитокініни, сумарна кількість яких складає 26,96 мкг/г сухої біомаси.

Оскільки за вірусного ураження рослин змінюється синтез ендогенних фітогормонів, обробка рослин картоплі метаболітами *C. cladosporioides*, які містять фітогормони, може індукувати стійкість до вірусів.

**Висновки та перспективи подальших пошуків.** Результати дворічних досліджень показують, що метаболіти *C. cladosporioides* впливають на перебіг вірусної інфекції. Так, відбувається зменшення частоти візуального прояву вірусної хвороби, найменша кількість виявлених інфікованих рослин спостерігається у варіанті, коли рослини обробляли метаболітами *C. cladosporioides* два роки поспіль. Також за дії метаболітів знижується концентрація вірусного білка в рослинах картоплі. Така реакція системи «рослина-вірус» вказує на інгібувальну активність метаболітів

щодо вірусів. Нами заплановано продовжити вивчення цього явища та оцінити можливості використання мікробних метаболітів для захисту рослин від вірусних хвороб.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Kovalenko A., Grabina T., Kolesnik L., Didenko L., Oleschenko L., Olevinskaya Z., Telegueva T. A. Virus resistance induced with mannan sulfates in hypersensitive host plants. *J. Phytopath.* 1993. Vol. 137, № 2. P. 133–147. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1993.tb01333.x>
2. Балко О. І., Кіпріанова О. А., Коваленко О. Г. Антивірусна активність біопрепарату Гаупсин. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2010. № 2. С. 51–58. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2010.2\(10\).98806](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2010.2(10).98806)
3. Коваленко О. Г., Поліщук О. М., Васер С. П. Глікани вищого базидіального гриба *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk: отримання та антивірусна активність. *Біотехнологія*. 2010. Т. 3, № 5. С. 83–91.
4. Коваленко О. Г., Васильєв В. Н., Адамчук Чала Н. І., Титова Л. В., Карпенко О. В. Штучні глікан-гліколіпідні комплекси як антивірусні засоби та ефектори мікробних препаратів на основі ризобій. *Доповіді НАН України*. 2017. № 1. С. 88–96. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.01.088>
5. Пиріг О. В. Підвищення вірусостійкості рослин люпину жовтого за дії мікробних препаратів та фізіологічно активних речовин. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2016. № 24. С. 59–63.
6. Zhao S., Li Y. Current understanding of the interplays between host hormones and plant viral infections. *PLoS Pathogens*. 2021. Vol. 17, № 2. e1009242. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009242/>
7. Alazem M., Lin N. S. Roles of plant hormones in the regulation of host-virus interactions. *Mol Plant Pathol*. 2015. № 16. P. 529–540. <https://doi.org/10.1111/mpp.12204>
8. Штам гриба *Cladosporium cladosporioides* — продуцент ауксинів і цитокінінів: пат. 105226 Україна, МПК (2016.01) C12N 1/14, C05F 11/08, A01N 63/00, О. В. Надкернична, С. П. Копилов, Л. О. Білявська; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. заявл. 01.09.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 15.
9. Кононученко В. В., Куценко В. С., Осипчук А. А. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2002. 182 с.
10. Коломієць Л. П. Характеристики вірусів, що уражують картоплю. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. Вип. 7. С. 162–199. <https://>

doi.org/10.35868/1997-3004.7.162-199

11. PM 7/126 (1) Electron microscopy in diagnosis of plant viruses. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2015. № 45 (3). P. 450–453. <https://doi.org/10.1111/epp.12260>.

12. Мельничук М. Д., Бойко А. Л., Пати́ка В. П. Фітовірусологія: навчальний посібник. К. : Поліграф Консалтинг, 2005. 200 с.

13. Matthews R. E. F. *Plant virology*. Elsevier, 2012. 632 p.

14. Close R. Some effects of other viruses and of temperature on the multiplication of potato virus X. *Annals of Applied Biology*. 1964. № 53(1), P. 151–164.

15. Білявська Л. О., Надкернична О. В., Копилова О. Б. Біосинтез фітогормонів ґрунтовими грибами *C. cladosporioides*. *Мікробіологічний журнал*. 2017. Т. 79, № 3. С. 3–13. <https://doi.org/10.15407/microbiolj79.03.003>

Отримано 08.09.2022

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.64-71>

UDC 632.3:579.2

## INFLUENCE OF *CLADOSPORIUM CLADOSPORIOIDES* METABOLITES ON VIRAL INFECTION DYNAMICS IN POTATO PLANTS UNDER CONDITION OF NATURAL AND ARTIFICIAL PHYTOVIRAL INFECTION

L. M. Reshotko, I. V. Volkova

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv  
e-mail: volkova1212@ukr.net

**Objective.** Study the influence of *Cladosporium cladosporioides* metabolites on viral infection dynamics in potato plants under conditions of artificial and natural infection. **Methods.** Laboratory (virological, immunological, electron microscopic), field, statistical. **Results.** The influence of microbial metabolites on the development of viral infection in potato plants was studied in 2021 and 2022 under the conditions of a small field experiment. In 2021, under the conditions of protection against re-infection in the variants artificially infected with potato virus X (PVX), visual and immunological methods did not reveal any plants with symptoms of viral damage, the electron microscopic examination showed a low concentration of virus particles in plants, which probably caused due to abnormally high temperature during the vegetation of micro-plants. Treatment of plants with *C. cladosporioides* metabolites did not significantly affect the accumulation of PVX. In the experiments of 2022, tubers from healthy and artificially infected microplants from variants with and without treatment of plants with *C. cladosporioides* metabolites were used. The analysis of the viral infection dynamics under the conditions of natural infection with phytopathogenic viruses and previous artificial infection with PVX showed that *C. cladosporioides* metabolites affect the development of viral infection. In most variants using microbial metabolites, the rate of visual manifestation of the viral disease was 3 % to 5 % lower compared to the control. The frequency of detection of viruses by the immunological method was higher in the control variant and was equal to 40 %, the lowest number of detected infected plants was reported in the variant when the plants were treated with *C. cladosporioides* metabolites for two consecutive years and was equal to 22.5 %. The greatest decrease in the viral protein content, which indicates a decrease in virus reproduction, was reported when *C. cladosporioides* metabolites were applied in the first and second years in the variants artificially infected with PVX in 2021 — the difference to the control was 38 %. We believe that the influence of *C. cladosporioides* metabolites on the viral infection dynamics in potato plants is caused by exohormonal substances included in their composition. **Conclusion.** The results of two-year studies show that *C. cladosporioides* metabolites influence the viral infection dynamics. A decrease in the rate of visual manifestations of viral disease is registered. The lowest number of infected plants was found in the variant when the plants were treated with *C. cladosporioides* metabolites for consecutive two years. Also, the action of microbial metabolites reduces the concentra-

tion of viral protein in potato plants. Such a reaction of the “plant-virus” system indicates the inhibitory activity of *C. cladosporioides* metabolites against viruses.

Key words: potatoes, microbial metabolites, *Cladosporium cladosporioides*, viral infection, artificial and natural infectious background.

#### REFERENCES

1. Kovalenko, A., Grabina, T., Kolesnik, L., Didenko, L., Oleschenko, L., Olevinskaya, Z., & Telegueva, T. A. (1993). Virus resistance induced with mannan sulfates in hypersensitive host plants. *J. Phytopath.*, 137(2), 133–147. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1993.tb01333.x>
2. Balko, O. I., Kiprianova, O. A., & Kovalenko, O. G. (2010). Antivirusna aktyvnist biopreparatu Gaupsyn. *Mikrobiologija i biotekhnologija — Microbiology & Biotechnology*, 2, 51–58 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2010.2\(10\).98806](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2010.2(10).98806)
3. Kovalenko, O. H., Polishchuk, O. M., & Vasser, S. P. (2010). Hlikany vyshchoho bazydialnoho hryba *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk: otrymannia ta antivirusna aktyvnist [Glycans of the higher basidial fungus *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk: obtaining and antiviral activity]. *Biotekhnologhiia — Biotechnology*, 3(5), 83–91 [in Ukrainian].
4. Kovalenko, O. H., Vasyliiev, V. N., Adamchuk-Chala, N. I., Tytova, L. V., & Karpenko, O. V. (2017). Shtuchni hlikan-hlikolipidni komplekxy yak antivirusni zasoby ta efektory mikrobynykh preparativ na osnovi ryzobii [Artificial glycan-glycolipid complexes as antiviral agents and effectors of microbial preparations based on rhizobium]. *Dopovidi NAN Ukrainy — Reports of the NAS of Ukraine*, 1, 88–96 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.01.088>
5. Pyrih, O. V. (2016). Pidvyshchennia virusostiikosti roslyn liupynu zhovtoho za dii mikrobynykh preparativ ta fiziologichno aktyvnykh rechoyyn [Increased viral-resistance of yellow lupine under the action of microbial preparations and physiologically active substances]. *Silskohospodarska mikrobiologhiia — Agricultural Microbiology*, 24, 59–63 [in Ukrainian].
6. Zhao, S., Li, Y. (2021). Current understanding of the interplays between host hormones and plant viral infections. *PLoS Pathogens.*, 17(2), e1009242. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009242/>
7. Alazem M., Lin, N. S. (2015). Roles of plant hormones in the regulation of host-virus interactions. *Mol Plant Pathol*, 16, 529–540. <https://doi.org/10.1111/mpp.12204>.
8. Pat. 105226 UA, МПК (2016.01) C12N 1/14, C05F 11/08, A01N 63/00. Strain of *Cladosporium cladosporioides* fungus as a procer of auxins and cytokinins, Nadkernychna, O. V., Kopylov, Ye. P., Biliavska, L. O., Publ. 10.03.2016 [in Ukrainian].
9. Kononuchenko, V. V., Kutsenko, V. S., & Osypchuk, A. A. (2002). *Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu* [Methodical recommendations for research with potatoes]. Nemishaieie [in Ukrainian].
10. Kolomiets, L. P. (2008). Kharakterystyky virusiv, shcho urazhuiut kartopliu [Characteristics of viruses that infect potatoes]. *Silskohospodarska mikrobiologhiia — Agricultural Microbiology*, 7, 162–199 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.7.162-199>
11. PM 7/126 (1) (2015). Electron microscopy in diagnosis of plant viruses. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 45(3), 450–453. <https://doi.org/10.1111/epp.12260>
12. Melnychuk, M. D., Boiko, A. L., & Patyaka, V. P. (2005). *Fitovirusolohiia: navchalnyi posibnyk* [Phytovirology: a study guide]. Kyiv: Polihraf Konsaltnh [in Ukrainian].
13. Matthews, R. E. F. (2012). *Plant virology*. Elsevier.
14. Close, R. (1964). Some effects of other viruses and of temperature on the multiplication of potato virus X. *Annals of Applied Biology*, 53(1), 151–164.
15. Biliavska, L. O., Nadkernychna, O. V., & Kopylova, O. B. (2017). Biosyntezy fitohormoniv gruntovymy hrybamy *C. cladosporioides*. *Mikrobiologichnyi zhurnal — Microbiological Journal*, 79(3), 3–13 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/microbiolj79.03.003>

Received 08.09.2022