

УДК 579.64:632.937

ВПЛИВ ГРИБА-АНТАГОНІСТА *TRICHODERMA VIRIDE* 017 НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН ОГІРКІВ

Є. П. Копилов, Г. В. Цехмістер

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: anna.tceh@gmail.com

Показано, що фітопатогенний гриб *Acremonium* sp. 502 здатний викликати ураження рослин огірків і суттєво знижувати їх продуктивність. Так, внесення *Acremonium* sp. 502 в ґрунт (штучний інфекційний фон — ШІФ) призводить до зменшення маси кореневої системи рослин в середньому на 13 % і зниження врожайності огірків на 41 % у порівнянні з контролем, що в значній мірі обумовлюється загибеллю рослин на стадії сходів. Використання перспективного штаму *Trichoderma viride* 017 з високим антагоністичним потенціалом сприяє обмеженню поширення акремоніозу, біологічна ефективність при цьому становить 61 %. Інокуляція насіння огірків грибом *T. viride* 017 сприяла формуванню більш потужної кореневої системи і підвищенню врожайності на 34 % (15,4 т/га) щодо варіанту з ШІФ. Представлений штаб можна розглядати як перспективний біоагент мікробного препарату для захисту рослин огірків від збудників акремоніозу.

Ключові слова: біологічна ефективність, мікроміцети, огірок, *Acremonium*, *Trichoderma*.

Огірок (*Cucumis sativus* L.) є однією з найпоширеніших баштанних культур, що вирощуються в Україні. Огірки містять вуглеводи, ферменти, азотисті речовини, вітаміни А і С, органічні кислоти та ефірну олію.

Урожайність рослин огірків значною мірою залежить від впливу фітопатогенних мікроорганізмів: грибів, бактерій та вірусів. Ураження рослин фітопатогенами призводить до значних матеріальних збитків у сільському господарстві. За оцінками вітчизняних та закордонних дослідників більш ніж 80 % інфекційних хвороб рослин родини *Cucurbitaceae* викликається фітопатогенними грибами [1].

Гриби роду *Acremonium* Link можуть спричиняти захворювання рослин родини *Cucurbitaceae*, проявляючи себе як факультативний паразит. Так, багатьма дослідженнями було встановлено особливості ураження видами *Acremonium* Link рослин динь та кавунів [2–3]. Раніше нами було показано, що штаб *Acremonium* sp. 502 викликає симптоми захворювання на рослинах огірків [4].

Основним методом боротьби із збудниками грибних захворювань сьогодні залишається застосування хімічних препаратів. Хімічний метод можна вважати винищува-

льним, оскільки дія антифунгальних речовин спрямована на безпосереднє знищення мікроорганізмів [1]. Проте застосування фунгіцидів майже завжди супроводжується накопиченням токсичних речовин у продуктах харчування і довкіллі [5]. Використання біологічного методу захисту рослин та своєчасне внесення мікробних препаратів не тільки покращує фітосанітарний стан ґрунту та сприяє підвищенню врожайності, але й дозволяє отримати якісну продукцію [6].

Застосування мікробних засобів захисту рослин не викликає резистентність у шкідливих організмів та збільшує рентабельність сільськогосподарських підприємств на 30–50 % [7].

Мікробні препарати для захисту рослин застосовують як у період вегетації, так і для передпосівної обробки насіння. Перспективною вважається передпосівна інокуляція насіння, оскільки використання невеликої кількості біопрепарату дозволяє значно підвищити схожість насіння і забезпечити його захист від насінневої, ґрунтової та аерогенної інфекцій [8].

Гриби роду *Trichoderma* Pers. — перспективні біологічні агенти мікробних препаратів для захисту сільськогосподарських ку-

льтур від широкого спектру фітопатогенних мікроорганізмів, які все частіше привертають увагу дослідників. Сьогодні більш ніж 90 % біофунгіцидів створені на їх основі [9]. Гриби *T. harzianum* Rifai, *T. viride* Pers., *T. virens* (J. H. Miller, Giddens & A. A. Foster) Arx, *T. lignorum* (Tode) Harz пригнічують ріст і розвиток таких фітопатогенів як *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Botrytis cinerea* Pers., *Verticillium tricorpus* I. Isaac, *V. dahlia* Kleb., *V. albo-atrum* Reinke & Berthold та ін. [10–16]. Застосування грибів роду *Trichoderma* знижує інфекційний фон ґрунтів, відновлює їх супресивність, тобто здатність пригнічувати патогенну мікрофлору [17].

Окремі представники роду *Trichoderma* Pers. є не лише активними антагоністами фітопатогенів, вони також здатні продукувати речовини фітогормональної природи, за впливу яких покращується ріст і розвиток рослин, зокрема енергія проростання, схожість, маса надземної частини та кореневої системи, зростає вміст хлорофілів, білків, вуглеводів [18]. Дослідження останніх років свідчать, що гриби роду *Trichoderma* здатні утворювати симбіотичні асоціації з рослинами [9].

Метою нашої роботи було дослідження впливу *T. viride* 017 на продуктивність огірка посівного за його штучного інфікування *Acremonium sp.* 502.

Матеріали та методи. Для вивчення ефективності використання *T. viride* 017 для захисту від акремоніозу рослин огіроків в 2016–2017 рр. було закладено польові дослідження, які проводили згідно з [19–21]. Ґрунт дерново-середньопідзолистий пилювато-супіщаний з такими агрохімічними показниками: вміст гумусу — 1,02 %; азоту (за Корнфільдом) — 54,9 мг/кг; рухомих форм фосфору (за Кірсановим) — 110–120 мг P₂O₅, обмінного калію (за Кірсановим) — 120–130 мг K₂O на 1 кг ґрунту; рН_{сол.} — 5,2, рН_{водн.} — 6,0; Са — 5,8 мг·екв на 100 г ґрунту, Mg — 0,61 мг·екв на 100 г ґрунту.

Площа дослідної ділянки 7 м². Мінеральні добрива вносили в дозі N₁₁₀P₇₀K₁₃₀. Внесення добрив проводилося згідно з розрахунком агрохімічних показників ґрунту і потреби рослин огіроків. Для дослідження обраний чутливий до збудників акремоніозу сорт огіроків Ніжинський 12. Норма висіву насіння стано-

вила 6–8 кг/га (300–350 тис. насінин на 1 га). Глибина загортання — 3 см. Ширина міжрядь — 70 см [20]. Агротехніка вирощування — загальноприйнята для зони Полісся.

Схема дослідів:

1. Контроль (без використання мікроорганізмів та хімічного фунгіцида).

2. ШІФ (штучний інфекційний фон — внесення в ґрунт збудника захворювання огіроків *Acremonium sp.* 502).

3. ШІФ + інокуляція насіння *T. viride* 017 (75 тис. КУО на 1 насінину).

4. ШІФ + обприскування ґрунту хімічним фунгіцидом Превікур.

Для створення ШІФ *Acremonium sp.* 502 з титром 1–1,5×10⁷ КУО вносили в рядки з розрахунку 12,5 г на 1 м. п. Застосування фунгіцида Превікур проводили згідно з рекомендаціями.

За умов польового дослідження визначали схожість, виживаність, масу кореневої системи та урожайність рослин огіроків. Проведено облік поширеності акремоніозу і розрахунки біологічної ефективності *T. viride* 017 [21]. Повторність дослідів триразова. Статистична обробка результатів проводилася згідно з [22].

Результати та їх обговорення. Внесення *Acremonium sp.* 502 достовірно знижує польову схожість рослин огіроків (табл. 1). В середньому за 2 роки досліджень польова схожість у контрольному варіанті складала 39,5 %, тоді як у варіанті зі штучним інфекційним фоном цей показник знизився до 21,5 %, що в 1,8 раза менше щодо контролю. У варіанті з інокуляцією насіння *T. viride* 017 і застосуванням фунгіциду Превікур показники схожості залишилися на рівні ШІФ, що пояснюється сильним інфекційним навантаженням. Це є свідченням того, що *Acremonium sp.* 502 здатний уражувати сходи рослин огіроків. Фітопатогенні мікроорганізми, які уражають рослини на стадії сходів, шкідливі ще й тим, що вони ослаблюють рослину і дають можливість іншим фітопатогенам проникнути всередину і викликати патологічний процес.

Показник виживаності (табл. 1) у контрольному варіанті складав 77,5 %, у варіанті з ШІФ — 63,5 %. Інокуляція насіння грибом *T. viride* 017 забезпечила підвищення виживаності до 78 % щодо варіанту із ШІФ, при цьому виживаність у варіанті із застосуванням фунгіцида Превікур (64 %) залишилася

Таблиця 1. Вплив *Acremonium sp. 502* на рослини огірків сорту Ніжинський 12 (польовий дослід 2016–2017 рр.)

Варіанти дослідів	Повна схожість, %			Виживаність, %			Поширення акремоніозу, %			Біологічна ефективність, %		
	2016	2017	Середнє	2016	2017	Середнє	2016	2017	Середнє	2016	2017	Середнє
Контроль (без використання мікроорганізмів та хімічного фунгіцида)	37	42	39,5	63	92	77,5	0	0	0	–	–	–
ШФ (внесення в ґрунт збудника захворювання огірків <i>Acremonium sp. 502</i>)	19	24	21,5	55	72	63,5	29	28	28,5	–	–	–
ШФ + інокуляція насіння <i>T. viride</i> 017 (75 тис. КУО на 1 насінину)	21	28	24,5	69	87	78	9	12	10,5	62	60	61
ШФ + обприскування ґрунту хімічним фунгіцидом Превікур	19	25	22	62	66	64	16	17	16,5	38	43	40,5

на рівні ШФ. Отже, інокуляція насіння огірків *T. viride* 017 сприяє захисту рослин в період вегетації за рахунок системного оздоровлення насіння.

Визначення поширення акремоніозу (табл. 1) проводили в кінці вегетації, оскільки *Acremonium sp. 502* є повільнорослим [23] і основні симптоми захворювання проявляються через 6–8 тижнів після висіву насіння, у фазу масового плодоношення. У варіанті з ШФ частка уражених рослин складала 28,5 %. Застосування хімічного протруйника Превікур забезпечило їх зниження до 16,5 % (біологічна ефективність складала 40,5 %). Інокуляція насіння *T. viride* 017 виявилась ефективною — поширення захворювання знизилася до 10,5 % (біологічна ефективність — 61 %), що свідчить про перевагу даного методу захисту в порівнянні з хімічним.

Отже, штам гриба *T. viride* 017 характеризується високим антагоністичним потенціалом щодо *Acremonium sp. 502*. Передпосівна інокуляція насіння сприяє обмеженню поширенню акремоніозу, при цьому його біологічна ефективність складає 61 %.

Раніше нами встановлено, що *Acremonium sp. 502* уражує кореневу систему, кореневу шийку і гіпокотиль, проникає всередину епідермальної і паренхіматозної тканин і використовує тканини рослини хазяїна як джерело вуглецю [4; 24].

Зафіксовані достовірні зміни кореневої системи рослин огірків за внесення *Acremo-*

nium sp. 502, при цьому маса кореневої системи знизилася на 13 % в порівнянні з контролем (табл. 2), тоді як інокуляція насіння *T. viride* 017 сприяла формуванню більш потужної кореневої системи (на 8 % порівняно з контрольним варіантом і на 25 % порівняно з варіантом ШФ).

Відомо, що гриби роду *Trichoderma* здатні утворювати симбіотичні асоціації з рослинами. Під впливом таких симбіотичних асоціацій підвищується доступність біогенних елементів у рослин (N, P), що сприяє кращому росту і розвитку рослин. Крім того, такі рослини більш стійкі до дії фітопатогенів. Наприклад, відмічали позитивний вплив застосування *T. harzianum* на масу кореневої системи на надземної частини рослин огірків [9]. Є відомості, що *T. harzianum* може проникати в епідерміс кореня рослин огірків, індуючи цим самим синтез пероксидаз і фенольних сполук, які в свою чергу впливають на зміцнення клітинної стінки рослин і частково обмежують проникнення патогенів за рахунок індукції системного імунітету [25]. Збільшення маси кореневої системи також може бути обумовлено синтезом фітогормональних сполук [26].

Згідно з результатами польового дослідів (табл. 3), внесення в ґрунт *Acremonium sp. 502* знижує урожайність рослин огірків з 17,3 т/га в контролі до 10,1 т/га у варіанті зі ШФ, при цьому втрати врожаю складають 41 %, що значною мірою обумовлюється

Таблиця 2. Суха маса кореневої системи огірка посівного сорту Ніжинський 12 за впливу *T. viride* 017 (польовий дослід, 2016–2017 рр.)

Варіанти дослідів	2016		2017		Середнє	
	г	%	г	%	г	%
Контроль (без використання мікроорганізмів та хімічного фунгіцида)	1,00	100	0,77	100	0,89	100
ШФ (внесення в ґрунт збудника захворювання огірків <i>Acremonium sp.</i> 502)	0,88	88	0,66	86	0,77	87
ШФ + інокуляція насіння <i>T. viride</i> 017 (75 тис. КУО на 1 насінину)	1,10	109	0,82	107	0,96	108
ШФ + обприскування ґрунту хімічним фунгіцидом Превікур	0,97	97	0,71	93	0,84	95
НР ₀₅	0,09	–	0,09	–	–	–

Таблиця 3. Урожайність огірка посівного сорту Ніжинський 12 за впливу *T. viride* 017 (польовий дослід, 2016–2017 рр.)

Варіанти дослідів	Урожай, т/га			«+» чи «–» до контролю		«+» чи «–» до ШФ	
	2016	2017	Середнє	т/га	%	т/га	%
Контроль (без використання мікроорганізмів та хімічного фунгіцида)	12,5	22,1	17,3	–	–	7,2	41
ШФ (внесення в ґрунт збудника захворювання огірків <i>Acremonium sp.</i> 502)	5,9	14,3	10,1	–7,2	–41	–	–
ШФ + інокуляція насіння <i>T. viride</i> 017 (75 тис. КУО на 1 насінину)	11,8	19,0	15,4	–1,9	–12	5,3	34
ШФ + обприскування ґрунту хімічним фунгіцидом Превікур	9,2	13,1	11,2	–6,2	–36	1,0	9
НР ₀₅	1,43	2,4	–	–	–	–	–

загибеллю рослин на стадії всходів. Застосування хімічного фунгіциду Превікур сприяло підвищенню урожайності на 9 % щодо варіанту із ШФ (до 11,2 т/га). Інокуляція насіння огірків грибом *T. viride* 017 забезпечила підвищення урожайності на 34 % (15,4 т/га) щодо варіанту із ШФ, тобто застосування *T. viride* 017 виявилось більш ефективним, ніж використання хімічного препарату Превікур.

Передпосівна інокуляція насіння рослин огірків штамом гриба *T. viride* 017 сприяла підвищенню виживаності рослин та обмеженню поширеності акремоніозу за рахунок оздоровлення насіння. При цьому спостерігалось формування більш потужної кореневої системи та підвищення урожайності рослин. Отже, штам гриба *T. viride* 017 є перспективним для подальшої розробки мікробного препарату для захисту рослин огірків від акремоніозу.

1. Сергієнко В. Г. Фунгіциди для захисту овочевих культур / В. Г. Сергієнко // Агробізнес сьогодні. — 2011. — № 12 (211). — Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/154-funhitsydy-dlia-zakhystu-ovochevykh-kultur.html>.

2. Bruton B. D. Soilborne diseases in Cucurbitaceae: pathogen virulence and host resistance / B. D. Bruton // Cucurbitaceae'98 : evaluation and enhancement of Cucurbit germplasm : 30 November – 4 December 1998, Pacific Grove, Calif. / Ed. James D. McCreight. — 1998. — P. 143–166.

3. Disease reaction among selected Cucurbitaceae to an *Acremonium cucurbitacearum* isolate from Texas / B. D. Bruton, T. W. Popham, J. García-Jiménez et al. // HortScience. — 2000. — Vol. 35, № 4. — P. 677–680.

4. Копилов Є. П. Нове захворювання огірків в Україні спричинене *Acremonium sp.* 502 / Є. П. Копилов, Г. В. Цехмістер // Карантин і захист рослин. — 2015. — № 12. — С. 13–14.

5. Теслюк В. В. Концептуальні основи виробництва і застосування мікобіопрепаратів /

В. В. Теслюк // Наукові доповіді НУБіП. — 2011. — №7 (23). — С. 1–20.

6. Використання мікробних препаратів як засобів фітосанітарної оптимізації агроєкосистем та підвищення врожайності сільськогосподарських культур / С. П. Надкерничний, Є. П. Копилов, Н. О. Машко, Г. І. Охріменко // Посібник українського хлібороба. Науково-виробничий щорічник. — К. : Академпрес, 2008. — С. 122–123.

7. Барановський М. М. Біологічний контроль шкідливих організмів в умовах захищеного ґрунту / М. М. Барановський, О. В. Остапець // Новітні досягнення біотехнології : зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 21–22 жовтня 2010 р. — К. , 2010. — С. 8–9.

8. Опришко Н. О. Дослідження властивостей препарату Екотон для екологічнобезпечних технологій вирощування огірка / Н. О. Опришко // Агробіологія. — 2013. — № 11 (104). — С. 104–107.

9. *Trichoderma* spp. – application and prospects for use in organic farming and industry / L. Błaszczuk, M. Siwulski, K. Sobieralski et al. // Journal of plant protection research. — 2014. — Vol. 54, № 4. — P. 309–317.

10. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* in controlling wilt disease of pistachio caused by *Verticillium dahliae* / Z. Fotoohiyani, S. Rezaee, G. Bonjar et al. // Journal of Plant Protection Research. — 2017. — P. 185–193. <https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0025>

11. Невмержицкая О. М. Эффективность биопрепаратов против возбудителей бурой гнили корнеплодов / О. М. Невмержицкая, А. К. Нурмухаммедов // Сахарная свекла. — 2012. — № 6. — С. 38–40.

12. Николаева С. Сравнительное действие представителей двух видов гриба *Trichoderma* в отношении патогенов сельскохозяйственных культур в условиях *in vitro* / С. Николаева, А. Николаев, В. Шубина // Studia universitatis Moldaviae. — 2014. — №6 (76). — С. 98–102.

13. Стадниченко М. А. Перспективы биологического контроля возбудителя ботритиоза на пасльоновых культурах / М. А. Стадниченко // Вестник БГУ. Сер. 2. — 2011. — № 2. — С. 49–55.

14. Biological control of tomato verticillium wilt by using indigenous *Trichoderma* spp. / H. Jabnoun-Kniareddine, M. Daami-Remadi, F. Ayed, F. El Mahjoub. // The African Journal of Plant Science and Biotechnology. — 2009. — № 3 (Special Issue 1). — P. 26–36.

15. Ткаленко Г. М. Биопрепараты для контролю корневих гнилей і хвороб в'янення огірка

в закритому ґрунті / Г. М. Ткаленко // Карантин і захист рослин. — 2012. — № 11. — С. 8–11.

16. Богданов А. И. Антагонистическая активность штаммов *Trichoderma asperellum* – продуцентов мультikonверсионных биопрепаратов / А. И. Богданов, Ю. А. Титова // Вестник защиты растений. — 2014. — № 1. — С. 48–52.

17. Алимова Ф. К. Современная система *Trichoderma/Hypocrea* (обзор) / Ф. К. Алимова // Ученые записки Казанского университета. Сер. биол. — 2005. — №2. — С. 28–56.

18. Голованова Т. И. Влияние грибов рода *Trichoderma* на ростовые процессы пшеницы / Т. И. Голованова, Е. В. Долинская, Ю. Костицына // Исследовано в России. — 2008. — № 13. — С. 173–182.

19. Барабаш О. Ю. Овочівництво : підручник для студ. вузів по агроном. спец. / О. Ю. Барабаш. — К. : Вища школа, 1994. — 374 с.

20. Методика проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин / за ред. С. О. Ткачик. — К. : Нілаен-ЛТД, 2014. — 76 с.

21. Основные методы фитопатологических исследований / под общ. ред. А. Е. Чумакова. — М. : Колос, 1974. — 191 с.

22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

23. Цехмістер Г. В. Вивчення культурально-морфологічних особливостей фітопатогенного гриба *Acremonium* sp. 502 / Г. В. Цехмістер // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. зб. — 2014. — Вип. 20. — С. 49–53.

24. Копилов Є. Целюлазна активність гриба *Acremonium* sp. 502, виділеного з уражених рослин огірків / Є. Копилов, Г. Цехмістер // Мікробіологія і біотехнологія. — 2015. — № 2(30). — С. 80–88.

25. Yedidia I. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biological agent *Trichoderma harzianum* / I. Yedidia, N. Benhamou, I. Chet // Applied and environmental microbiology. — 1999. — № 65(3) — P. 1061–1070.

26. Коломбет Л. В. Грибы рода *Trichoderma* — продуценты биопрепаратов для растениеводства. / Л. В. Коломбет // Успехи медицинской микологии. Т. 1. / под ред. Сергеева Ю. В. — М. : Национальная академия микологии. — 2007. — С. 323–371.

ВЛИЯНИЕ ГРИБА-АНТАГОНИСТА *TRICHODERMA VIRIDE* 017 НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦОВ

Е. П. Копылов, А. В. Цехмистер

Институт сельскохозяйственной микробиологии
и агропромышленного производства НААН,
г. Чернигов

Показано, что фитопатогенный гриб *Acremonium* sp. 502 способен вызывать поражение растений огурцов и существенно снижать их продуктивность. Так, внесение *Acremonium* sp. 502 в почву (искусственный инфекционный фон — ИИФ) приводит к уменьшению массы корневой системы растений в среднем на 13 % и снижению урожайности огурцов на 41 % по сравнению с контролем, что в значительной степени объясняется гибелью растений на стадии всходов. Использование перспективного штамма *Trichoderma viride* 017 с высоким антагонистическим потенциалом способствует ограничению распространения акремониоза, биологическая эффективность при этом составляет 61 %. Инокуляция семян огурцов грибом *T. viride* 017 способствовала формированию более мощной корневой системы и повышению урожайности на 34 % (15,4 т/га) в сравнении с ИИФ. Представленный штамм можно рассматривать как перспективный биоагент микробного препарата для защиты растений огурцов от возбудителей акремониоза.

Ключевые слова: биологическая эффективность, микромицеты, огурец, *Acremonium*, *Trichoderma*.

THE INFLUENCE OF ANTAGONIST MOLD *TRICHODERMA VIRIDE* 017 ON PRODUCTIVITY OF CUCUMBER PLANTS

E. Kopilov, G. Tsekhmister

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

Representatives of the genus *Acremonium* can cause diseases of plants of the family *Cucurbitaceae*, causing damage to agriculture. Application of *Acremonium* sp. 502 in the soil (creation of an artificial infectious background — AIB) reduces the weight of the root system of plants by an average of 13 % and reduces the harvest of cucumbers by 41 % compared with control. Inoculation of seeds with *Trichoderma viride* 017 contributes to limiting the spread of *acremiosis*, the biological efficiency of the strain is 61 %. This is due to the death of seedlings of plants. The inoculation of seeds with *T. viride* 017 provided for the formation of a more powerful root system and increased harvest by 34 % (15.4 t/ha) compared with the variant containing the AIB. The present strain is a promising bioagent of a microbial preparation for the protection of cucumber plants from *acremiosis*.

Key words: biological efficiency, molds, cucumber, *Acremonium*, *Trichoderma*.

Отримано 22.02.2018