

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТУ ТРИХОДЕРМА КЕМ ДЛЯ БОРОТЬБИ З КОРЕНЕВИМИ ГНИЛЯМИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Д. О. Кисельов

ПП «Західний Буг»

просп. Юності, 39; с. Павлів, Червоноградський р-н, Львівська обл., 80250, Україна;

e-mail: dmytro.kyselov@zahbug.com.ua

Мета. Дослідити вплив передпосівної обробки ґрунту біопрепаратом Триходерма КЕМ на поширення та ступінь ушкодження цукрових буряків кореневими гнилями у короткоротаційних сівозмінах в умовах Західного Лісостепу України. **Методи.** Польові (спостереження та облік корневих гнилей цукрових буряків), кількісно-ваговий (визначення структури врожаю), математично-статистичний (визначення рівня достовірності отриманих результатів). Для зниження тиску фітопатогенних організмів проводили внесення в ґрунт комерційного препарату Триходерма КЕМ, який містить такі мікроорганізми: *Trichoderma lignorum* — $5 \cdot 10^8$ КУО/г та *T. harzianum* — $5 \cdot 10^8$ КУО/г. **Результати.** Не встановлено відмінностей у польовій схожості насіння, показники якої були у межах 80–81 %, проте у варіанті із застосуванням біологічного препарату виживаність рослин становила 96,9 % проти 72,7 % у контрольному варіанті. Основна втрата густоти стояння цукрового буряку відбувається до моменту закриття міжрядь. За використання біологічного препарату зростала середня маса коренеплоду на 42 г, або на 4,5 % проти контролю. До того ж рівень цукристості збільшувався на 1,75 в. п. Зростання цукристості, середньої маси коренеплодів та збереженість густоти рослин під час вегетації зумовило істотний приріст виходу цукру з гектару — на 5,13 т (55,6 %) проти контролю. **Висновки.** Застосування біологічного препарату Триходерма КЕМ у технології вирощування цукрового буряку істотно обмежує поширення та ступінь ураження рослин кореневими гнилями. Це забезпечує збільшення виживаності рослин цукрового буряку на 24,2 %, зниження середнього балу ураження цукрових буряків у 2,2 раза та ступінь поширення корневих гнилей у 2,6 раза. Покращення умов росту і розвитку рослин буряку сприяє збільшенню середньої маси коренеплодів, підвищує їхню цукристість, що позитивно позначається на показниках виходу цукру з одиниці площі.

Ключові слова: кореневі гнилі, *Trichoderma*, ступінь ураження, біопрепарати, врожайність, цукристість.

Вступ. Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) є важливою сільськогосподарською культурою. Україна — один із найбільших виробників цукру в світі, водночас цукрові буряки є основним джерелом для його виробництва. Виробництво цукру забезпечує не тільки внутрішні потреби країни, але й можливість експорту. Сьогодні в Україні буряк вирощують у короткоротаційних сівозмінах (три- та чотирирічних), що значно підвищує тиск специфічних для цієї культури патогенів. Встановлено, що втрати врожайності через

вплив фітопатогенів становлять від 30 до 60 % [1; 2].

Саме тому розробка елементів технології вирощування, які забезпечать стабільний контроль поширення та шкодочинності основних фітопатогенів цукрового буряку, є одним із пріоритетних напрямів досліджень. Зокрема, серед них — використання біологічних препаратів. Проте ефективність їхнього застосування проти корневих гнилей цукрового буряку вивчена недостатньо, що і зумовило проведення наших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирощування цукрових буряків в умовах Західного Лісостепу України, попри високий тиск фітопатогенів, є найбільш прибутковим. Знизити рівень ураження найбільш шкочинними хворобами і так підвищити економічні показники виробництва можна за використання антагоністів їхніх збудників. У природному середовищі дикі штами мікроміцетів роду *Trichoderma* є антагоністами фітопатогенних організмів за дуже низької чисельності, що робить їх сильними конкурентами інших представників ґрунтового мікробіому. Водночас із літератури відомо про позитивний вплив *Trichoderma* spp. на рослини. Наприклад, дослідження штамів *T. harzianum* показало, що мікроміцети індукують біосинтез хлорофілу, ферментів та фітогормонів за умов абіотичного стресу, що дає змогу рослинам протистояти дії стресових чинників [3].

Низкою авторів [3–7] висвітлено ефективність використання представників роду *Trichoderma* spp. як антагоністів основних ґрунтових фітопатогенів.

З огляду на те, що всі фітопатогенні гриби мають негативний вплив на сільськогосподарське виробництво, а саме на якість та обсяги врожаю, дедалі більшого значення набувають біологічні засоби захисту рослин. Використання активних штамів мікроміцетів роду *Trichoderma* як агентів біологічного контролю може бути реальною альтернативою хімічним пестицидам [4; 8].

Будь-які ресурси (вологість, поживні елементи тощо) є обмеженими, тому різні види організмів конкурують за екологічну нішу. Представники *Trichoderma* spp. невибагливі до субстрату, здатні активно конкурувати з іншими мікроорганізмами, зокрема і фітопатогенними, за джерела живлення і простір, що забезпечує їм здатність швидко заселяти субстрат, активно використовуючи наявні ресурси [8].

Саме на принципі конкуренції між антагоністом та фітопатогеном базуються концепції використання грибів роду *Trichoderma* для поліпшення фітосанітарного стану ґрунту [9].

З фізіологічної точки зору представники роду *Trichoderma* здатні виділяти кілька форм сидерофорів, що хелатують залізо, внаслідок чого воно стає недоступним для

інших видів мікробіоти, які обмежуються в розвитку через дефіцит заліза [10].

Як одно-, так і дводольні види культурних рослин демонструють високий ступінь стійкості проти патогенів за передпосівної обробки насіння грибами роду *Trichoderma* [11; 12]. Колонізація коріння *Trichoderma* spp. знижує активність фітопатогенів та сприяє формуванню у рослин індукованої (набутої) резистентності. Водночас колонізація зумовлює також широкий спектр змін у метаболічних шляхах рослин. У підсумку, в рослинному організмі оптимізується гормональний рівень, вміст цукрів, фенольних сполук та вільних амінокислот, унаслідок чого змінюється інтенсивність фотосинтезу та транспірації. Найімовірніше, це є результатом надходження метаболітів *Trichoderma* — елісаторів в апопласт клітин кореня. Саме цей механізм може бути в основі боротьби з фітопатогенами та впливом на врожайність.

Мета досліджень. Дослідити вплив передпосівної обробки ґрунту біопрепаратом Триходерма КЕМ на поширення та ступінь ушкодження кореневими гнилями цукрових буряків за вирощування культури у короткочасних сівозмінах в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в структурному підрозділі с. Суходоли ПП «Західний Буг» протягом 2023 р. Основні методи дослідження — польові (спостереження та облік корневих гнилей цукрових буряків), кількісно-ваговий (визначення структури врожаю), математично-статистичний (визначення рівня достовірності отриманих результатів).

Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем щербеноватий на елювії щільних карбонатних порід, середньопотужний, малогумусний. Облікова площа ділянки — 45 м², повторність — триразова. Технологія вирощування цукрового буряку — загальноприйнята для Західного Лісостепу України [13; 14].

У дослідженні використовували комерційний препарат Триходерма КЕМ (ТОВ «БІО ТЕРРА ТЕХНОЛОДЖІ», м. Чернігів), який містить *Trichoderma lignorum* — 5·10⁸ КУО/г і *T. harzianum* — 5·10⁸ КУО/г. 1 кг препарату розчиняли в 10 л водогінної води температурою 15 °С за постійного перемішування та аерації протягом 4 годин. Комплексний мікробний препарат вносили одно-

часно з посівом у насінневе ложе за допомогою аплікаторів для внесення рідких добрив, якими обладнана сівалка Monorill (Норвегія). Норму вилування робочого розчину виставляли на рівні 10 л/га, що еквівалентно внесенню 1 кг Триходерма КЕМ на 1 га.

Обліки та спостереження проводили згідно із загальноприйнятими методиками проведення досліджень у рослинництві [15; 16]. Ступінь ураження рослин кореневими гнилями оцінювали за 7-бальною шкалою: 0 — відсутність візуальних ознак ураження; 1 — точкові ураження; 2 — менше ніж 5 % поверхні уражено; 3 — ураження від 5 % до 24 %; 4 — від 25 % до 49 % коренеплоду уражено; 5 — від 50 % до 89 % загнивання коренеплоду; 6 — від 90 % до 99 % ураженого коренеплоду, втрата листового апарату; 7 — 100 % згнилий корінь та відмерле листя [17; 18].

Оцінка ефективності біопрепарату полягала в обліку поширення корневих гнилей. Облік густоти стояння рослин та ступеня ураження проводили у три етапи: змикання рядка, змикання міжрядь та ріст коренеплоду. Вирощували гібрид Концертіна (KWS), який характеризується високими технологічними показниками та середньою стійкістю проти корневих гнилей, норма висіву насіння становила 120 тис. насінин на 1 га.

Облік проводили в трьохкратній повторності згідно з методикою проведення польового дослідження [19].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу з використанням програмних засобів Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Для вирішення питання щодо біологічного контролю корневих гнилей цукрових буряків нами було висунуто припущення, що біологічний препарат Триходерма КЕМ, біологічними агентами якого є представники двох видів *Trichoderma*, ефективно обмежуватиме розвиток фітопатогенів.

Як видно з табл. 1, польова схожість цукрового буряку була у межах 80,2–81,0 %, що є цілком нормальним для посівів цієї культури, до того ж не встановлено істотної різниці між варіантами дослідження.

Надалі в динаміці контролювали збереженість густоти стояння рослин (табл. 2). Показники густоти стояння рослин цукрового буряку були оптимальними для отримання стабільно високого врожаю в межах 90–100 т/га. У контрольному варіанті виживаність рослин становила 72,7 % проти варіанту із застосуванням біологічного препарату — 96,9 %. Різке випадіння рослин у контрольному варіанті відзначене під час другого

Таблиця 1. Аналіз польової схожості насіння цукрового буряку (польовий дослід, 2023 р.)

| Варіанти дослідження | Дата посіву | Дата повних сходів | Тривалість періоду посів – повні сходи, днів | Польова схожість, % |
|----------------------|-------------|--------------------|--|---------------------|
| Контроль | 4 травня | 22 травня | 19 | 81,0 ± 1,7 |
| Триходерма КЕМ | 4 травня | 20 травня | 17 | 80,2 ± 1,7 |

Таблиця 2. Динаміка зміни густоти стояння рослин (польовий дослід, 2023 р.)

| Варіанти дослідження | Густота стояння, тис. рослин/га | | | | Вживаність рослин, % | | | |
|----------------------|---------------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | повні сходи | змикання рядка | змикання міжрядь | ріст кореня | повні сходи – змикання рядка | змикання рядка – змикання міжрядь | змикання міжрядь – ріст кореня | повні сходи – ріст кореня |
| Контроль | 97,6 ± 3,7 | 87,2 ± 1,8 | 74,2 ± 1,4 | 71,0 ± 3,4 | 89,3 ± 3,3 | 85,0 ± 2,6 | 95,7 ± 2,1 | 72,7 ± 2,1 |
| Триходерма КЕМ | 96,3 ± 2,9 | 95,1 ± 2,1 | 94,6 ± 1,8 | 93,3 ± 1,7 | 98,8 ± 1,1 | 99,5 ± 1,4 | 98,6 ± 1,1 | 96,9 ± 1,3 |

туру обліків, тобто після проходження лінки коренеплоду цукрового буряку, і становило 14,9 % у контролі та 0,5 % у дослідному варіанті. Отже, основна втрата густоти стояння цукрового буряку відбувається до моменту закриття міжрядь. Це призводить до наступних втрат урожайності та підвищення рівня забур'яненості.

На наступному етапі дослідження здійснювали облік поширення та ступінь ураження рослин цукрових буряків кореневими гнилями. Середній бал ураження кореневими гнилями в контрольному варіанті становив 4,86 проти 2,17 у варіанті з обробкою Триходерма КЕМ, що відрізняється в 2,2 раза (табл. 3, рис. 1). Так само ступінь поширення корневих гнилей у контролі становив 47,6 %, у дослідному варіанті — 18,7 %, що менше в 2,6 раза. Отримані результати свідчать, що застосування біологічного препарату істотно впливає на ураження та ступінь поширення корневих гнилей.

Для комплексної оцінки ефективності агротехнологічних заходів щодо контролю розвитку корневих гнилей застосовують оцінку кількісних і якісних показників урожаю. Для цукрових буряків основними па-

раметрами є валовий збір коренеплодів, цукристість та валовий збір цукру з 1 га.

Таблиця 3. Ступінь та середній бал ураження цукрових буряків кореневими гнилями (польовий дослід, 2023 р.)

| Варіанти дослідів | Середній бал ураження кореневими гнилями | Ступінь поширення корневих гнилей, % |
|-------------------|--|--------------------------------------|
| Контроль | 4,9 ± 1,1 | 47,6 ± 8,4 |
| Триходерма КЕМ | 2,2 ± 0,6 | 18,7 ± 4,3 |

Встановлено такі особливості: за використання біологічного препарату Триходерма КЕМ середня маса коренеплоду збільшилася на 42 г, або на 4,5 %, цукристість підвищилася на 1,75 в. п., як порівняти з контролем (табл. 4). Проте основним ефектом від застосування біологічного препарату був вихід цукру з 1 га, який збільшився на 5,13 т (55,6 %). Безперечно, це пояснюється як підвищенням цукристості та середньої масою кореня, так і збереженістю густоти рослин під час вегетації.



Рис. 1. Контрольні рослини цукрового буряку, уражені кореневими гнилями.

Таблиця 4. Оцінка кількісних і якісних показників врожаю цукрового буряку залежно від використання біологічного препарату (польовий дослід, 2023 р.)

| Варіанти дослідів | Середня маса коренеплоду, г | Цукристість, % (на 21 вересня) | Біологічна врожайність, т/га | Вихід цукру, т/га |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Контроль | 930 ± 15 | 14,10 ± 0,41 | 66,03 ± 2,23 | 9,24 ± 0,62 |
| Триходерма КЕМ | 972 ± 16 | 15,85 ± 0,22 | 90,69 ± 3,61 | 14,37 ± 1,31 |

Треба відзначити, що за ураження цукрових буряків кореневими гнилями використання мікробіологічного препарату Триходерма КЕМ сприяло зниженню ступеня ураження, місця ураження підсихали (рис. 2), не створюючи ускладнень під час переробки.



Рис. 2. Ураження коренеплодів цукрового буряку кореневими гнилями на фоні дії комплексного біологічного препарату.

Отримані результати дають підстави стверджувати, що навіть часткове зниження ступенів ураження та поширення корневих гнилей цукрових буряків за умов епіфітотій корневих гнилей є вагомим фактором підвищення врожайності культури. Позитивна дія Триходерма КЕМ на врожайність зумовлена також впливом біологічно активних речовин із стимулювальним ефектом, які входять до складу метаболітів біоагентів препарату — грибів роду *Trichoderma*.

Висновки. Біологічний препарат Триходерма КЕМ істотно обмежує поширення та ступінь ураження цукрових буряків кореневими гнилями. Препарат у досліді сприяв збільшенню виживаності рослин цукрового буряку на 24,2 %, зниженню середнього балу ураження рослин у 2,2 раза та ступеню поширення корневих гнилей — у 2,6 раза. Середня маса коренеплоду зростала на 42 г (4,5 %), цукристість збільшувалася на 1,75 в. п. Комплекс ефектів, зумовлений застосуванням біологічного препарату, забезпечив істотний приріст виходу цукру з 1 га — на 5,13 т (55,6 %).

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Bist N. S., Bist P. Role Of Microorganisms In Post-Harvest Loss Of Agricultural Products: A Review. *Sustainability in Food and Agriculture*. 2020. Vol. 2, № 1. P. 1–4. <https://doi.org/10.26480/sfna.01.2021.01.04>
2. El-Kazzas M. K., Hassan M. A., Ghoniem K. E., El-Zahaby H. M. Biological control of sugar beet root rots caused by certain soil borne fungi. *9th Congr. Phytopathology*, Egypt. Phytopathol. Soc., Giza, Egypt, 2000. P. 15–18.
3. Alkooranee J. T., Aledan T. R., Ali A. K., Lu G., Zhang X., Wu J. ... Li M. Detecting the hormonal pathways in oilseed rape behind induced systemic resistance by *Trichoderma harzianum* TH12 to *Sclerotinia sclerotiorum*. *PLoS One*. 2017. № 12. P. 18–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168850>
4. Babychan M., Simon S. Efficacy of *Trichoderma* spp. against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) infecting pre- and post-seedling of tomato. *Jornal Pharmacogn Phytochem*. 2017. № 6. P. 616–619.
5. Stankov Petreš A., Stojšin V., Nagl N., Petreš M., Grahovac M., Čurčić Ž., Budakov D. *Trichoderma harzianum* as a potential biological agent in control of the charcoal root rot of sugar beet. *J Plant Dis Prot*. 2023. № 130. P. 843–851. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00716-w>
6. Ashour A. Z. A., El-Sawah A. M., Afify A. H. Use of *Trichoderma* Spp. For Biological Control of Sugar Beet Damping-Off Caused by *Fusarium* spp. *J. of Agricultural Chemistry and Biotechnology*. 2021. Vol. 12, № 4. P. 75–77. <https://doi.org/10.21608/jacb.2021.166671>
7. Kappel L., Kosa N., Gruber S. The Multilateral Efficacy of Chitosan and *Trichoderma* on Sugar Beet. *J Fungi (Basel)*. 2022. Vol. 8, № 2. P. 137. <https://doi.org/10.3390/jof8020137>
8. Dubey S. C., Bhavani R., Singh B. Integration of soil application and seed treatment formulations of *Trichoderma* species for management of wet root rot of mungbean caused by *Rhizoctonia solani*. *Pest Management Science*. 2011. № 67. P. 1163–1168.
9. Chaverri P., Branco-Rocha F., Jaklitsch W., Gazis R., Degenkolb T., Samuels G. J. Systematics of the *Trichoderma harzianum* species complex and the re-identification of commercial biocontrol strains. *Mycologia*. 2015. Vol. 107, № 3. P. 558–590. <https://doi.org/10.3852/14-147>
10. Kumar S., Thakur M., Rani A. *Trichoderma*: mass production, formulation, quality control, delivery and its scope in commercialization in India for the management of plant diseases. *African Journal Agricultural Reserches*. 2014. Vol. 9, № 53. P. 3838–3852.

11. Lewis J. A., Larkin R. P., Rogers D. L. A formulation of *Trichoderma* and *Gliocladium* to reduce damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and saprophytic growth of the pathogen in soilless mix. *Plant Discovery*. 1998. Vol. 82, № 5. P. 501–506.
12. Moran-Diez M. E., Trushina N., Lamdan N. L., Rosenfelder L., Mukherjee P. K., Kenerley C. M., Horwitz B. A. Host-specific transcriptomic pattern of *Trichoderma viridans* during interaction with maize or tomato roots. *BMC Genomics*. 2015. Vol. 16, № 8. P. 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12864-014-1208-3>
13. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Цукровий буряк. Львів : Українські технології, 2006. 136 с.
14. Сінченко В. М., Пиркін В. І. Гапоненко Г. Д. Біоадаптивна технологія вирощування цукрових буряків: технологічні аспекти. *Цукрові буряки*. 2014. № 3. С. 6–10.
15. Положенець В. М., Невмержицька О. М. Уточнення біологічних та анатомо-морфологічних особливостей збудників фузаріозної і бурії гнилей коренеплодів цукрових буряків. *Вісник ЖНАЕУ*. 2011. № 2, Т. 1. С. 74–81.
16. Нурмухаммедов А. К., Невмержицька О. М. Удосконалення біологічного методу. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 10 (172). С. 14–16.
17. Нурмухаммедов А. К., Невмержицька О. М. Вплив ізоляту гриба *Trichoderma hamatum* ZH-6 на розвиток коренеїду сходів цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2011. № 5 (83). С. 18–20.
18. Карась І., Невмержицька О., Плотницька Н., Павлюк Н. Ідентифікація та вивчення антагоністичних особливостей грибів-деструктантів целюлози щодо збудника фузаріозної гнилі коренеплодів цукрових буряків. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2019. № 23. С. 164–169. <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.164>
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

Отримано 20.03.2024

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.39.71-78>

УДК 633.9:631.54

THE EFFICIENCY OF TRICHODERMA KEM BIOPREPARATION FOR CONTROLLING SUGAR BEET ROOT ROT IN THE WESTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE

D. O. Kyselov

Private Enterprise “Zakhidnyi Buh”
e- mail: dmytro.kyselov@zahbug.com.ua

Objective. Study the effect of pre-sowing soil treatment with *Trichoderma KEM* on the spread and damage level to sugar beets by root rot in short-rotation crop rotations under the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field (observation and accounting of sugar beet root rot), quantitative-weight (determining the structure of the crop), mathematical-statistical (determining the level of significance of the results). To reduce the pressure of phytopathogenic organisms, the commercial preparation *Trichoderma KEM*, which contains the following microorganisms: *Trichoderma lignorum* — $5 \cdot 10^8$ CFU/g and *T. harzianum* — $5 \cdot 10^8$ CFU/g was applied to the soil. **Results.** No differences were found in the field similarity of seeds, the indicators of which were in the range of 80 % to 81 %, however, in the variant with the biopreparation, plant survival was 96.9 % versus 72.7 % in the control variant. The main loss of the density of the sugar beet crop occurs before the closing row spacing. The biological preparation resulted in the increase of average weight of the root crop by 42 g, or 4.5 % versus the control. At the same time, the sugar content increased by 1.75 percentage points. The increase in sugar content, the average mass of root crops and maintenance of plant density during the growing season caused a significant increase

in sugar yield per hectare — by 5.13 t (55.6 %) versus the control. **Conclusion.** The biological preparation *Trichoderma* KEM in the technology of growing sugar beets significantly limits the spread and damage level to plants by root rot. This ensures a 24.2 % increase in the survival of sugar beet plants, a 2.2-fold decrease in the average sugar beet damage score and a 2.6-fold decrease in the spread of root rot. Improving the conditions for growth and development of beet plants contributes to an increase in the average weight of root crops, increases their sugar content, which positively influences the indicators of sugar yield per area unit.

Key words: root rot, *Trichoderma*, damage level, bio-preparations, yield, sugar content.

REFERENCES

1. Bist, N. S., & Bist, P. (2020). Role Of Microorganisms In Post-Harvest Loss Of Agricultural Products: A Review. *Sustainability in Food and Agriculture*, 2 (1), 1–4. <https://doi.org/10.26480/sfna.01.2021.01.04>
2. El-Kazzas, M. K., Hassan, M. A., Ghoniem, K. E., & El-Zahaby, H. M. (2000). Biological control of sugar beet root rots caused by certain soil borne fungi. In 9th Congr. Phytopathology, Egypt. Phytopathol. Soc., Giza, Egypt, 15–18.
3. Alkooranee, J. T., Aledan, T. R., Ali, A. K., Lu, G., Zhang, X., Wu, J. ... & Li, M. (2017). Detecting the hormonal pathways in oilseed rape behind induced systemic resistance by *Trichoderma harzianum* TH12 to *Sclerotinia sclerotiorum*. *PLoS One*, 12, 18–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168850>
4. Babychan, M., & Simon, S. (2017). Efficacy of *Trichoderma* spp. against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. (FOL) infecting pre- and post-seedling of tomato. *Jornal Pharmacogn Phytochem*, 6, 616–619.
5. Stankov Petreš, A., Stojšin, V., Nagl, N., Petreš, M., Grahovac, M., Čurčić, Ž., & Budakov, D. (2023). *Trichoderma harzianum* as a potential biological agent in control of the charcoal root rot of sugar beet. *J Plant Dis Prot*, 130, 843–851. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00716-w>
6. Ashour, A. Z. A., El-Sawah, A. M., & Afify, A. H. (2021). Use of *Trichoderma* Spp. For Biological Control of Sugar Beet Damping-Off Caused by *Fusarium* spp. *J. of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 12 (4), 75–77. <https://doi.org/10.21608/jacb.2021.166671>
7. Kappel, L., Kosa, N., & Gruber, S. (2022). The Multilateral Efficacy of Chitosan and *Trichoderma* on Sugar Beet. *J Fungi (Basel)*, 8 (2), 137. <https://doi.org/10.3390/jof8020137>
8. Dubey, S. C., Bhavani, R., & Singh, B. (2011). Integration of soil application and seed treatment formulations of *Trichoderma* species for management of wet root rot of mungbean caused by *Rhizoctonia solani*. *Pest Management Science*, 67, 1163–1168.
9. Chaverri, P., Branco-Rocha, F., Jaklitsch, W., Gazis, R., Degenkolb, T., & Samuels, G. J. (2015). Systematics of the *Trichoderma harzianum* species complex and the re-identification of commercial biocontrol strains. *Mycologia*, 107 (3), 558–590 <https://doi.org/10.3852/14-147>
10. Kumar, S., Thakur, M., & Rani, A. (2014). *Trichoderma*: mass production, formulation, quality control, delivery and its scope in commercialization in India for the management of plant diseases. *African Journal Agricultural Reserches*, 9 (53), 3838–3852.
11. Lewis, J. A., Larkin, R. P., & Rogers, D. L. (1998). A formulation of *Trichoderma* and *Gliocladium* to reduce damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and saprophytic growth of the pathogen in soilless mix. *Plant Discovery*, 82 (5), 501–506.
12. Moran-Diez, M. E., Trushina, N., Lamsdan, N. L., Rosenfelder, L., Mukherjee, P. K., Kernerley, C. M., & Horwitz, B. A. (2015). Host-specific transcriptomic pattern of *Trichoderma viridens* during interaction with maize or tomato roots. *BMC Genomics*, 16 (8), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12864-014-1208-3>
13. Lychochvor, V. V., & Proc, R. R. (2006). *Cukrovij buryak* [Shugar beet]. Lviv: Ukrainski tehnologiyi [in Ukrainian].
14. Sinchenko, V. M., Pyrkin, V. I., & Gaponenko, G. D. (2014). Bioadaptivna tehnologiya vyroshuvannya cukrovych burjakiv: tehnologichni aspekty [Bioadaptive technology of growing sugar beets: technological aspects.]. *Cukrovi buryaki — Sugar beet*, 3, 6–10 [in Ukrainian].
15. Pologynec, V. M., & Nevmerjytska, O. M. (2011). Utochnennya biologichnykh ta anatomomorfologichnykh osoblyvostey zbudnykiv fusariosnoj ta buroj gnyli korenoplodiv cukrovych burjakiv [Clarification of the biological and anatomical and morphological characteristics of the causative agents of fusarium and brown root rot of sugar beets]. *Visnyk JNAEU — Bulletin of the Zhytomir National Agroecological University*, 2 (1), 74–81 [in Ukrainian].
16. Nurmukhammedov, A. K., & Nevmerzhitska, O. M. (2010). Udoskonalennya biologichnogo metodu [Improvement of the biological method].

Karantyn ta zachyst roslyn — Quarantine and plant protection, 10 (172), 14–16 [in Ukrainian].

17. Nurmukhammedov, A. K., & Nevmerzhit-ska, O. M. (2011). Vplyv izolyatu gryba *Trichoderma hamatum* ZH-6 na rozvytok koreneidu shodiv cukrovych burakiv [Effect of *Trichoderma hamatum* ZH-6 mushroom isolate on the development of sugar beet seedling rootworm]. *Cukrovi buraki — Sugar beets*, 5 (83), 18–20 [in Ukrainian].

18. Karas, I., Nevmerzhitska, O., Plotnycka, N., & Pavluk, I. (2019). Identyfikacia ta vyvchennya antagonistychnyh osoblyvostey grybiv-destruktantiv celulosy shodo zbudnyka fusariosnoi korenevoi gny-

li wekrpvykh burakiv [Identification and study of the antagonistic characteristics of cellulose-destroying fungi against the causative agent of fusarium root rot of sugar beets]. *Vistnyk Lvivskogo nacionalnogo agrarnogo universytetu — Bulletin of the Lviv National Agrarian University*, 23, 164–169 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.164>

19. Dospekhov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy [Methods of field experiment with the basics of statistical processing of research results]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].

Received 20.03.2024