

UDC 635.01:631.53.011

**EFFECT OF MYCOHELP BIOFUNGICIDE ON SOWING QUALITIES OF VEGETABLE PLANT SEEDS****Kuts O.V., Dukhin Ye.O., Rudym Yu.A., Yarokhno N.S., Shapko M.O.**Institute of vegetable and melon growing of National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine  
Instytutska str., 1, vill. Seleksiine, Kharkivrg., Ukraine, 62478**Korsun S.H., Bilivets I.I., Voloshchuk N.M.**

Limited Liability Company «BTU-center»

Ladyzhyn, Vinnytsia region, Ukraine

e-mail: kutzalexandr@gmail.com

<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-67-75>

**Goal.** Investigate the effect of the biological fungicide Mycohelp on the sowing qualities of seeds of major vegetable plants. **Methods.** Laboratory tests. **Results.** The results of the effect of different doses of Mycohelp biofungicide (complex of saprophytic fungi-antagonists of the genus *Trichoderma*, live cells of *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, biologically active products of microorganisms-producers) on sowing qualities of seed crops (sweet, white cabbage, onions). Treatment of cucumber, tomato and onion seeds with a dosage of 20–100 ml / kg does not cause a negative effect on cucumber seedlings (germination energy ranged from 80–88%, laboratory germination - 84–90%) and causes a stimulating effect on the length of cucumber seedlings (1.85–2.24 cm). The use of Mycohelp with a dosage of 20-40 ml / kg increases the germination energy of sweet pepper seeds by 9.5–17.6%. For sweet pepper seeds and white cabbage phytotoxicity is observed already at the dosage of 100 ml / kg: for sweet pepper seeds there is a decrease in germination energy by 29.7%, but laboratory germination decreased insignificantly, for white cabbage seeds - decrease in germination energy and laboratory germination from 99% on control to the level of 88%. At a dose of 200 ml / kg, complete inhibition of germination of white cabbage seeds is indicated (germination energy and laboratory germination was 2%). **Conclusions.** Use for processing of seeds of cucumber, tomato and onion of biofungicide Mycohelp can be carried out with a dosage from 20 to 100 ml / kg of seeds, for sweet pepper and white cabbage - with a dosage of 20-40 ml / kg of seeds that does not cause negative influence on germination energy and laboratory germination of seeds of these vegetables. A significant increase in the germination energy of onion seeds is provided by Mycohelp treatment with a dosage of 20-100 ml / kg (by 31.7–46.3% relative to the absolute values in the control variant). The use of Mycohelp dosage of 200 ml / kg for seed treatment, and 100 ml / kg for sweet pepper and white cabbage causes a significant decrease in germination energy and laboratory germination by 8.2–98.0% relative to control.

**Key words:** biofungicide, vegetable plants, germination energy, laboratory germination

**ДІЯ БІОФУНГІЦИДУ МІКОХЕЛП НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ РОСЛИН****Куц О.В., Духін Є.О., Рудим Ю.А., Ярохно Н.С., Шапко М.О.**

Інститут овочівництва і баштанництва НААН

с-ще Селекційне, Харківської обл., Україна

**Корсунь С.Г., Білівець І.І., Волощук Н.М.**

ТОВ «БТУ-центр»

м. Ладижин, Вінницька обл., Україна

e-mail: kutzalexandr@gmail.com

**Мета.** Дослідити дію біологічного фунгіциду Мікохелп на посівні якості насіння основних овочевих рослин. **Методи.** Лабораторні дослідження. **Результати.** Наведено результати впливу різних доз біофунгіциду Мікохелп (комплекс сапрофітних грибів-антагоністів роду *Trichoderma*, живих клітин бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно-активних продуктів життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів) на посівні якості насіння основних овочевих рослин (огірок, помідор, перець солодкий, капуста білоголова, цибуля ріпчаста). Обробка насіння огірка, помідора та цибулі ріпчастої з дозуванням 20–100 мл/кг не викликає негативної дії на проростки огірка (енергія проростання коливалася в межах 80–88 %, лабораторна схожість – 84–90 %) та зумовлює

стимулюючи дію на довжину проростків огірка (1,85–2,24 см). Використання Мікохелп з дозуванням 20–40 мл/кг забезпечує збільшення енергії проростання насіння перцю солодкого на 9,5–17,6 %. Для насіння перцю солодкого та капусти білоголової фітотоксичність відмічається вже за дозування препарату 100 мл/кг: для насіння перцю солодкого зазначається зниження енергії проростання на 29,7 %, але лабораторна схожість зменшувалася не істотно, для насіння капусти білоголової – зниження енергії проростання та лабораторної схожості з 99 % на контролі до рівня 88 %. За використання дози 200 мл/кг зазначається повне пригнічення проростання насіння капусти білоголової (енергія проростання та лабораторна схожість становила 2%). **Висновки.** Використання для обробки насіння огірка, помідора та цибулі ріпчастої біофунгіциду Мікохелп можна проводити з дозуванням від 20 до 100 мл/кг насіння, для перцю солодкого та капусти білоголової – з дозуванням 29–40 мл/кг насіння, що не зумовлює негативного впливу на енергію проростання та лабораторну схожість насіння зазначених овочевих культур. Істотне підвищення енергії проростання насіння цибулі ріпчастої забезпечує обробка Мікохелп з дозуванням 20–100 мл/кг (на 31,7–46,3 % відносно абсолютних значень на контрольному варіанті). Використання для обробки насіння дозування препарату Мікохелп 200 мл/кг та 100 мл/кг для перцю солодкого та капусти білоголової зумовлює істотне зниження показників енергії проростання та лабораторної схожості на 8,2–98,0 % відносно контролю.

**Ключові слова:** біофунгіцид, овочеві рослини, енергія проростання, лабораторна схожість

**Аналіз останніх досліджень і публікацій з досліджуваної теми.** Грибкові збудники хвороб є ключовим фактором обмеження розвитку виробництва продукції рослинництва в усьому світі. В якості патогенів для культурних рослин виділяється більш як 10000 видів грибів. Основним засобом обмеження та боротьби з грибковими захворюваннями виступає використання фунгіцидів. Застосування фунгіцидів є не тільки дорогим заходом, але й призводить до накопичення шкідливого рівня токсинів як в агроценозах, так і в продукції сільського господарства та в організмі людини (Raju, Niranjana, Shetty, 2003; Atreya, Sitaula, Bajracharya, 2012). Щобільше, невибіркоче використання фунгіцидів змушує збудників зазнавати генетичної мутації та зумовлює формування стійкості до фунгіцидів. Так, збудники хвороб *Venturia inequalis* (Meszka, Broniarek-Niemiec, Bielenin, 2008), *Phytophthora infestans* (Matson, Small, Fry, Judelson, 2015), *Colletotrichum musae* (Slabaugh, Grove, 1982) та *Colletotrichum gloeosporioides*, *Diplodia natalensis*, *Phomopsis citri* (Spalding, 1982) стали стійкими до додому, металаксилу, беномілу та бензімідазолу тощо.

Отже, актуальним стає розробка екологічно чистих та економічно ефективних стратегій боротьби з хворобами рослин (Panth, Hassler, Baysal-Gurel, 2020). Механізми біологічного контролю розглядаються як важливі заходи для боротьби з хворобами, оскільки хімічні фунгіциди негативно впливають на інші нецільові організми (Köhl, Kolnaar, Ravensberg, 2019).

Підтверджено факт, що деякі мікроорганізми викликають пригнічення росту патогенів

через порушення їх метаболізму та/або встановлення паразитарного зв'язку (Panth, Hassler, Baysal-Gurel, 2020). Слід зазначити, що близько 90 % біофунгіцидів належать до різних штамів грибів роду *Trichoderma* (Hermosa, Viterbo, Chet, Monte, 2012). Різні штами *Trichoderma* належать до недосконалих грибів, оскільки не мають відомого статевого етапу життєвого циклу (Van Wees, der Ent, Pieterse, 2008). Ці гриби є швидкими колонізаторами, інвазивними, ниткоподібними, умовно-патогенними, авірулентними та виявляють симбіотичні відносини з рослинами. У заражених патогенами ґрунтах вони не тільки покращують ріст рослин, але й пригнічують ріст патогенів через ряд механізмів (Vinale et al., 2008; Wilson et al., 2008; Lorito, Woo, Harman, Monte, 2010). *Trichoderma* виявляє антагоністичну поведінку щодо різних фітопатогенних організмів, у тому числі бактерій, нематод і особливо грибів, пригнічуючи їх ріст (гіперпаразитизм, конкуренція за поживні речовини та простір, антибіоз) (Zhang et al., 2017) та покращує ріст та розвиток рослин, підвищуючи стійкість до стресу, посилює поглинання поживних речовин, забезпечує рослини кількома вторинними метаболітами, ферментами та білками (Kumar, 2013).

В обмін на сахарозу з рослин гриби роду *Trichoderma* посилюють індукцію швидкого розвитку рослин, збільшують поглинання поживних речовин, модифікують ризосферу та покращують толерантність до біотичних і абіотичних стресів (Lopez-Bucio, Pelagio-Flores, Herrera-Estrella, 2015). У забрудненому патогенами ґрунті *Trichoderma spp.* співпрацює з

іншими корисними мікробними популяціями, покращуючи ріст і виживання рослин (Lace et al., 2015; Omotowo, Babalola, 2019).

Доведено, що застосування препаратів на основі *Trichoderma spp.* позитивно впливає на морфологічні параметри рослин такі як довжина коренів, біомаса, висота, кількість листків, гілок, плодів тощо (Halifu, Deng, Song, Song, 2019; Sajeesh, 2015). За використання *T. harzianum* істотно зростає біомаса коренів огірка (Yedidia, Srivastva, Kapulnik, Chet, 2001) та кількість бічних коренів (Contreras-Cornejo, Macías-Rodríguez, Cortes-Penagos, Lopez-Bucio, 2009), за внесення *T. longipile* та *T. Tomentosum* значно зростає загальна площа листків у розсади капусти за її вирощування в теплиці (Rabeendran, Moot, Jones, Stewart, 2000).

*Trichoderma spp.* позитивно регулює ряд фізіологічних процесів в рослинах, таких як фотосинтез, газообмін, поглинання поживних речовин та їх засвоєння, ефективність використання води тощо. Гриб покращує поглинання магнію, ключового компонента хлорофілу (Doni et al., 2014).

За даними Harman et al. різні штами *Trichoderma* виділяють кислоти, такі як кумарова, глюкуронова та лимонна кислоти, які сприяють вивільненню фосфат-іонів, що недоступні рослинам у більшості ґрунтах (Zhao et al., 2014). Наявність штаму *T. harzianum* у ґрунті підвищує доступність рослинам фосфору, а також Fe та Zn. Посилення росту коренів і пагонів, у відповідь на інокуляцію *Trichoderma*, призводить до збільшення поглинання Cu, Na, Zn, та інші мікроелементів (Li et al., 2015).

Обробка різними видами *Trichoderma* гарантує високу врожайність сільськогосподарських культур: гірчиця, пшениця, кукурудза, помідор тощо (Tucci et al., 2011; Haque, Ilias, Molla, 2012; El-Katatny, Idres, 2014; Naznin et al., 2015; Idowu, Olawole, Idumu, Salami, 2016) та є дешевим, ефективним та екологічно безпечним заходом щодо біоконтролю фітопатогенної мікрофлори в агроценозах (Sood et al., 2020).

Хоча *Trichoderma* на сьогодні є найбільш детально вивченим агентом біоконтролю грибів, причому деякі види вже комерціалізовані як біопестициди або біодобрива, їх широкому застосуванню перешкоджає непередбачувана ефективність у польових умовах (Alfiky, Weisskopf, 2021).

Стимулююча дія *Trichoderma spp.* виявлена в багатьох дослідженнях. Так, відмічено позитивний вплив даних видів грибів на ріст коренів і

надземної маси баклажана, перцю, помідора (Rozenfeld, Vashchenko, 2005). Водночас деякі дослідники (Pidoplichko, 1953) відмічають фітотоксичну дію та інгібування проростання насіння хвойних грибами роду *Trichoderma*, для яких характерна висока ферментативна активність. Інші вчені вказують на той факт, що стимулююча та інгібуюча дія залежить від виду грибів роду *Trichoderma* (Alvarez-García et al., 2022).

Отже, дослідження впливу різних доз біофунгіцидів з різними групами мікроорганізмів на проростання насіння основних овочевих рослин та визначення меж фітотоксичності є актуальним.

**Мета дослідження** – дослідити дію біологічного фунгіциду Мікохелп на посівні якості насіння основних овочевих рослин.

**Матеріали й методи досліджень.** Дослідження проводились впродовж 2021–2022 рр. в Інституті овочівництва і баштанництва НААН відповідно до методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві (Dospekhov, 1985; Yakovenko, 2001).

Схема досліджень передбачала обробку насіння овочевих рослин (огірок, помідор, перець солодкий, цибуля ріпчаста, капуста білоголова) біопрепаратом Мікохелп з різним дозуванням:

1. Контроль (замочування в воді)
2. Обробка насіння Мікохелп з нормою 20 мл/кг
3. Обробка насіння Мікохелп з нормою 40 мл/кг (рекомендована доза)
4. Обробка насіння Мікохелп з нормою 100 мл/кг
5. Обробка насіння Мікохелп з нормою 200 мл/кг

«Мікохелп» – багатофункціональний, багатокомпонентний мікробний препарат, що містить сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*, живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів (загальне число життєздатних клітин не менше  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>). Гриби-антагоністи пригнічують розвиток таких фітопатогенів, як *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Verticillium*, *Sclerotinia*, *Fusarium* тощо. Виробник – ТОВ «БТУ-центр Україна».

Насіння пророщували в чашках Петрі за температури 24–26 °С. Облік енергії проростання проводили на 3 добу (для капусти білоголової та огірка), на 5 добу (для помідора та цибулі ріпчастої), на 7 добу (для перцю солодкого); облік лабораторної схожості проводили на 7 добу

для огірка, на 8 добу для капусти білоголової, на 10 добу для помідора, на 12 добу для цибулі ріпчастої та на 15 добу для перцю солодкого (DSTU 4138: 2002; DSTU 7160: 2010). Облік довжини проростків огірка проводили на 7 добу.

**Результати досліджень.** В наших лабораторних дослідженнях виявлено, що використання для обробки насіння біопрепарату Мікохелп з дозуванням від 20 до 100 мл/кг насіння не викликає негативної дії на

проростки огірка (табл. 1). При цьому енергія проростання коливалася в межах 86–88 %, лабораторна схожість – 87–90 % при значенні даних показників на контролі 89 та 91 % відповідно. За використання 5-кратної від рекомендованої дози препарату Мікохелп (200 мл/кг) зафіксовано істотне зниження енергії проростання та лабораторної схожості насіння огірка відносно контролю.

**Таблиця 1. – Дія різних доз біопрепарату Мікохелп на енергію проростання, лабораторну схожість та довжину проростків насіння огірка (середнє за 2021-2022 рр.)**

Обробка насіння	Параметри насіння		
	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Довжина проростків, см
1. Контроль (обробка водою)	89	91	1,51
2. Обробка насіння Мікохелп з нормою 20 мл/кг	88	90	2,24
3. Обробка насіння Мікохелп з нормою 40 мл/кг (еталон)	89	89	1,85
4. Обробка насіння Мікохелп з нормою 100 мл/кг	86	87	2,19
5. Обробка насіння Мікохелп з нормою 200 мл/кг	69	69	0,73
НІР <sub>0,95</sub>	7,3	7,7	0,29

За параметром довжини проростка нами зазначено, що використання препарату Мікохелп з дозуванням 20–100 мл/кг насіння зумовлює стимулюючу дію. Відмічено істотне зростання довжини проростка з 1,51 см на контролі до рівня 1,85–2,24 см за використання біопрепарату. Висока доза препарату Мікохелп (200 мл/кг) зумовлює суттєве зниження довжини проростка майже на 52 %.

Подібна закономірність відмічається і в досліді з насінням помідора (рис. 1). За використання дозування препарату Мікохелп в межах 20-100 мл/кг насіння енергія проростання та лабораторна схожість істотно не різнилася та коливалися в межах 80–83 % та 84–86 % відповідно. Дозування препарату 200 мл/кг насіння зумовлює зниження енергії проростання до рівня 73 %, лабораторної схожості – до рівня 78 %, що свідчить про фітотоксичність такої дози препарату для насіння помідора.

В досліді з насінням перцю солодкого використання дози Мікохелп 20-40 мл/кг зумовлює зростання показнику енергії

проростання на 9,5–17,6 % відносно контролю (рис. 2). Фітотоксичність відмічається вже за використання дозування препарату Мікохелп 100 мл/кг. За даного дозування зазначається зниження енергії проростання на 29,7 %, але лабораторна схожість зменшувалася не істотно (85 %). Використання дозування препарату 200 мл/кг сильно пригнічує проростання насіння перцю солодкого, зумовлюючи енергію проростання на рівні 6 %, лабораторну схожість – на рівні 63 % (рис. 3).

Стимулююча дія препарату Мікохелп відмічена в досліді з цибулею ріпчастою (рис. 4). Відмічено суттєве зростання енергії проростання насіння культури за обробки препаратом з дозуванням 20-100 мл/кг; збільшення відносно контролю становило 31,7–46,3 %. Лабораторна схожість коливалась в межах контролю (62–68 %). Використання для обробки насіння Мікохелп 200 мл/кг також істотно знижує показники енергії проростання (33 %) та лабораторної схожості (45 %).

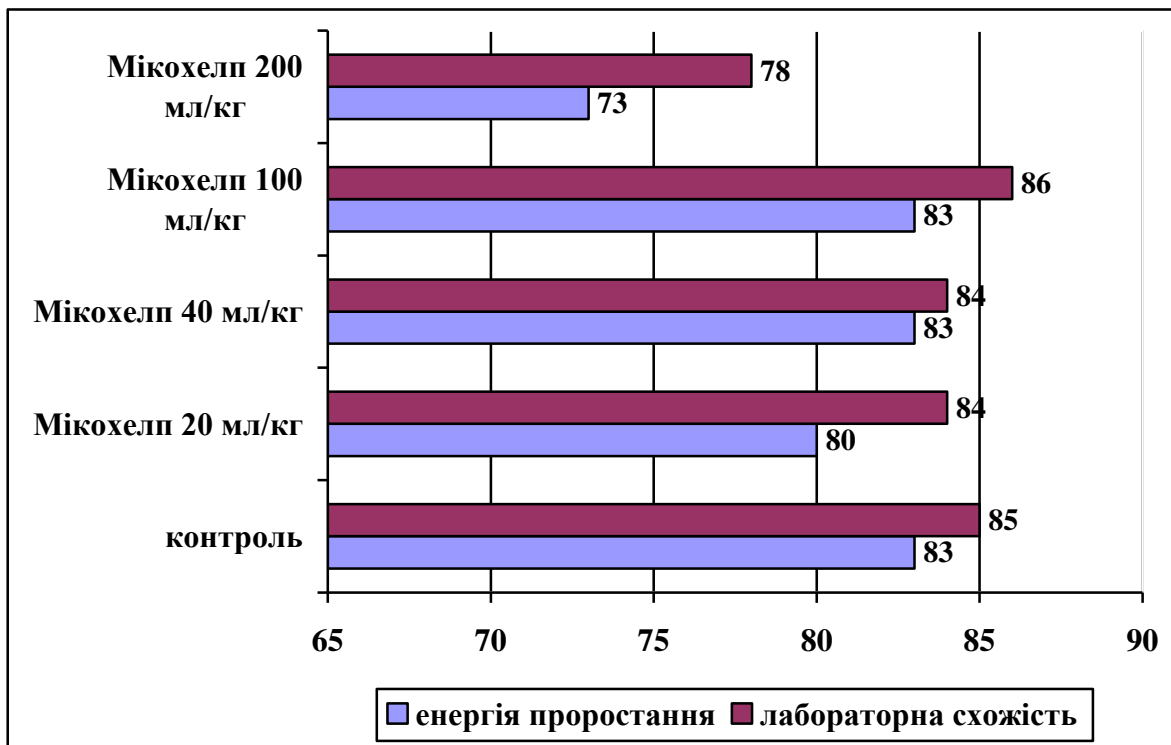


Рис. 1. Дія різних доз біопрепарату Мікохелп на енергію проростання та лабораторну схожість насіння помідора (середнє за 2021-2022 рр.):  $НІР_{0,95} = 7,24$  (енергія проростання),  $НІР_{0,95} = 8,14$  (схожість)

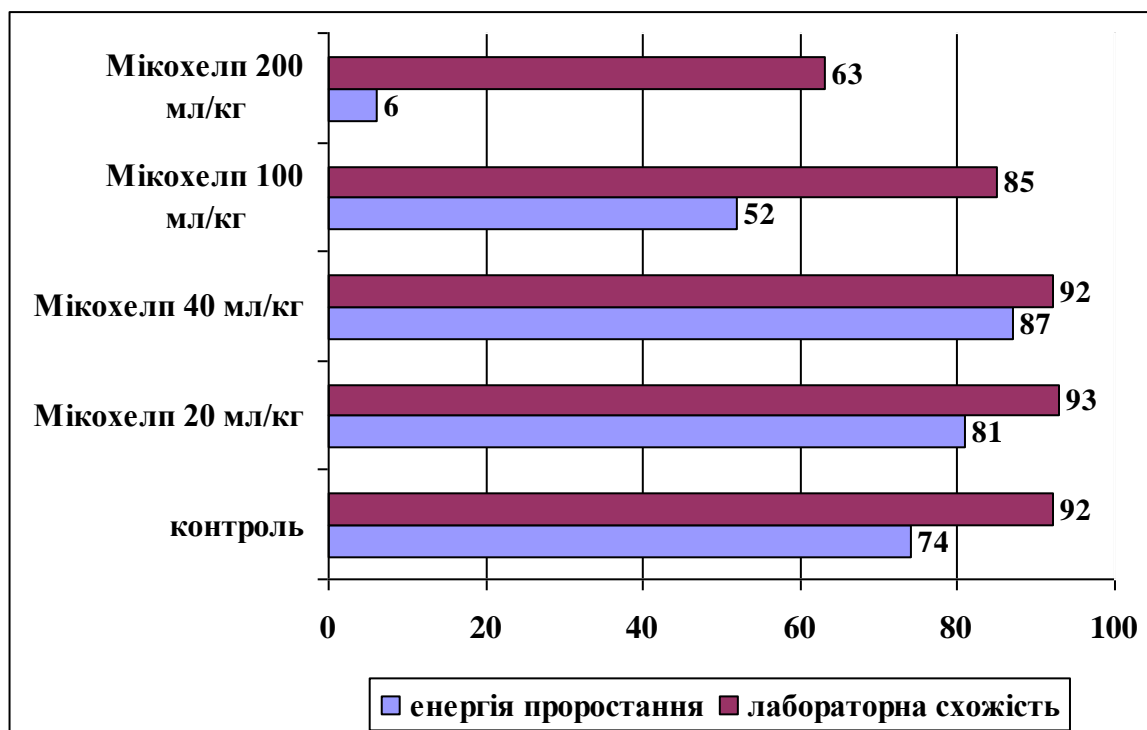


Рис. 2. Дія різних доз біопрепарату Мікохелп на енергію проростання та лабораторну схожість насіння перцю солодкого (середнє за 2021-2022 рр.):  $НІР_{0,95} = 6,25$  (енергія проростання),  $НІР_{0,95} = 8,76$  (схожість)



Рис. 3. Вплив біопрепарату Мікохелп на проростання насіння перцю солодкого

В дослідженнях з насінням капусти білоголової зазначається відсутність фітотоксичної дії на насіння дозування препарату Мікохелп в межах 20-40 мл/кг насіння (рис. 5). Дозування біофунгіциду 100 мл/кг насіння зумовлює зниження показника енергії проростання та лабораторної схожості з 99 % на контролі до рівня

88 %. За використання дози 200 мл/кг насіння взагалі зазначається повне пригнічення проростання насіння, що виражається в значеннях енергії проростання та лабораторної схожості насіння капусти білоголової на рівні 2%.

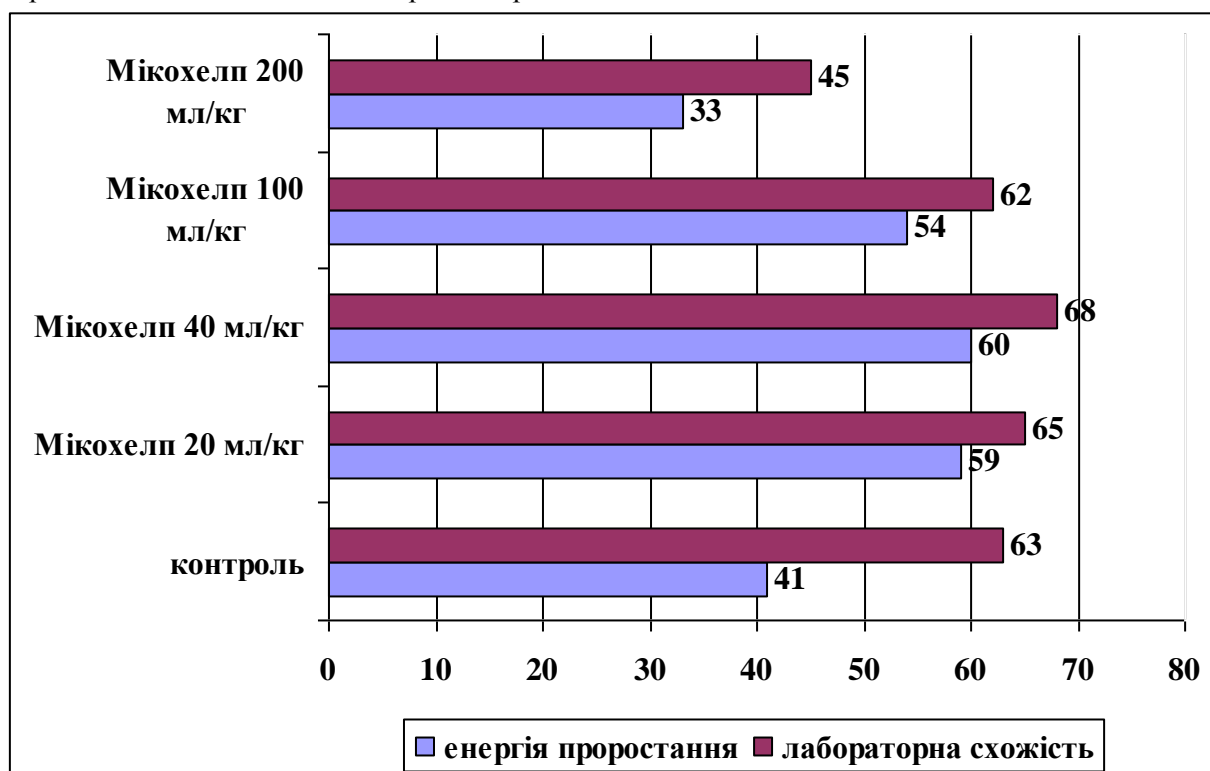


Рис. 4. Дія різних доз біопрепарату Мікохелп на енергію проростання та лабораторну схожість насіння цибулі ріпчастої (середнє за 2021-2022 рр.):  $HP_{0,95} = 3,68$  (енергія проростання),  $HP_{0,95} = 6,56$  (схожість)

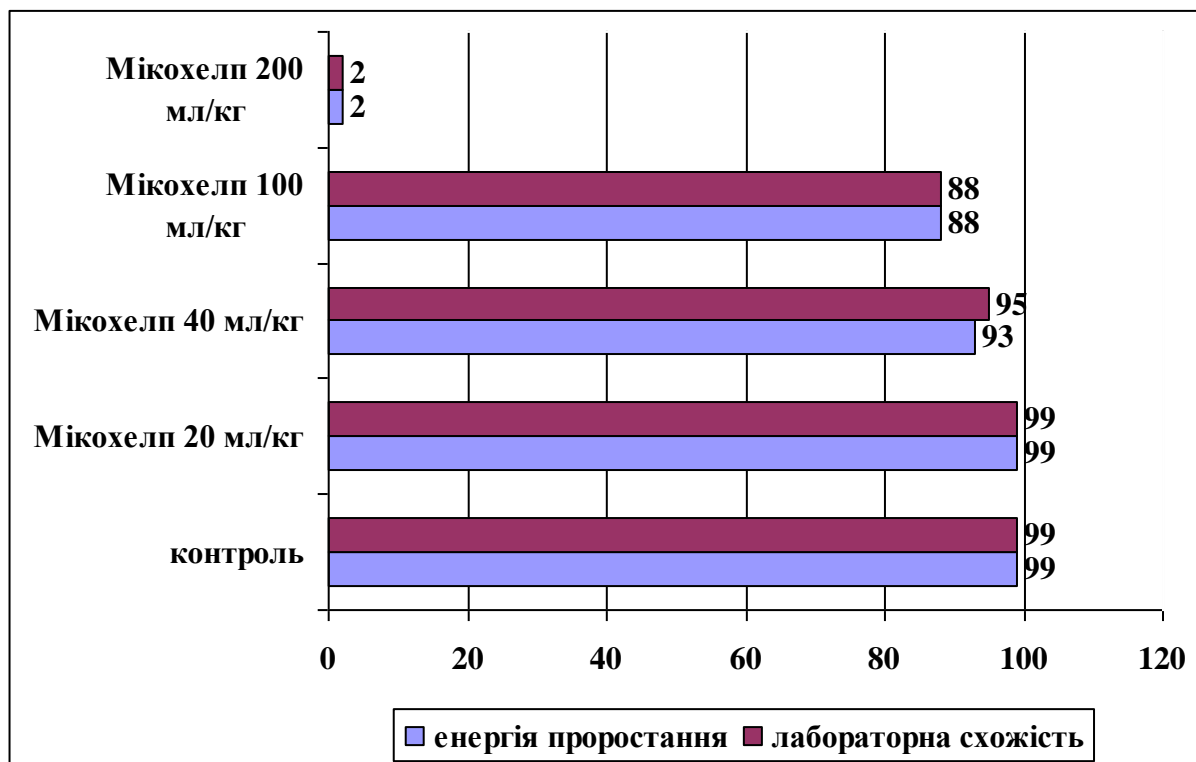


Рис. 5. Дія різних доз біопрепарату Мікохелп на енергію проростання та лабораторну схожість насіння капусти білоголової (середнє за 2021-2022 рр.): НІР<sub>0,95</sub> = 6,35 (енергія проростання), НІР<sub>0,95</sub> = 7,66 (схожість)

**Висновки.** Використання біофунгіциду Мікохелп для обробки насіння огірка, помідора та цибулі ріпчастої можна проводити з дозуванням від 20 до 100 мл/кг насіння, для перцю солодкого та капусти білоголової – з дозуванням 20-40 мл/кг насіння, що не зумовлює негативного впливу на енергію проростання та лабораторну схожість насіння зазначених овочевих культур.

Істотне підвищення енергії проростання насіння цибулі ріпчастої забезпечує обробка Мікохелп з дозуванням 20-100 мл/кг (на 31,7–46,3 %) відносно абсолютних значень на контрольному варіанті).

Використання для обробки насіння дозування препарату Мікохелп 200 мл/кг, а для перцю солодкого та капусти білоголової – 100 мл/кг зумовлює істотне зниження показників енергії проростання та лабораторної схожості на 8,2–98,0 % відносно контролю.

## Reference

Alfiky, A., Weisskopf, L. (2021). Deciphering Trichoderma–Plant–Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications. *J.*

*Fungi.* 7(1). P. 61. <https://doi.org/10.3390/jof7010061> [in English].

Alvarez-García S., Manga-Robles, A., Encina, A., Gutiérrez, S., Casquero, P. (2022). Novel culture chamber to evaluate in vitro plant-microbe volatile interactions: Effects of *Trichoderma harzianum* volatiles on wheat plantlets. *Plant Science.* Volume 320. Article number 111286. doi 10.1016/j.plantsci.2022.111286 [in English].

Atreya, K., Sitaula, B.K., Bajracharya, R.M. (2012). Pesticide use in agriculture: The philosophy, complexities and opportunities. *Sci. Res. Essays.* 7. P. 2168–2173. [in English].

Contreras-Cornejo, H.A.; Macías-Rodríguez, L.; Cortés-Penagos, C.; López-Bucio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 149. P. 1579–1592. [in English].

Doni, F.; Isahak, A.; Zain, C.R.C.M.; Ariffin, S.M.; Mohamad, W.N.W.; Yusoff, W.M.W. (2014). Formulation of *Trichoderma sp.* SL2 inoculants using different carriers for soil treatment in rice seedling growth. Springerplus. 3. P. 532. [in English].

*Dospekhov, B. A.* (1985). Metodika polevoho opyta. [Method of research work]. Moscow: Ahropromyzzdat. [in Russian].

DSTU 4138: 2002. Seeds of agricultural crops. Methods of quality determination. yiv: Kyiv Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 173 p.

DSTU 7160: 2010. Seeds of vegetable, melon, fodder and spicy-aromatic crops. Varietal and sowing qualities. Specifications. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2010. 27 p.

*El-Katatny, M.H.; Idres, M.M.* (2014). Effects of single and combined inoculations with *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* on seedling growth or yield parameters of wheat (*Triticum vulgare* L., Giza 168) and corn (*Zea mays* L., hybrid 310). *J. Plant Nutr.* 37. P. 1913–1936. [in English].

*Halifu, S.; Deng, X.; Song, X.; Song, R.* (2019). Effects of Two *Trichoderma* Strains on Plant Growth, Rhizosphere Soil Nutrients, and Fungal Community of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* Annual Seedlings. *Forests.* 10. P. 758. [in English].

*Haqae, M.M.; Ilias, G.N.M.; Molla, A.H.* (2012). Impact of *Trichoderma*-enriched biofertilizer on the growth and yield of mustard (*Brassica rapa* L.) and tomato (*Solanum lycopersicon* Mill.). *Agriculturists.* 10. P. 109–119. [in English].

*Hermosa, R.; Viterbo, A.; Chet, I.; Monte, E.* (2012). Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology.* 158. P. 17–25. [in English].

*Idowu, O.O.; Olawole, O.I.; Idumu, O.O.; Salami, A.O.* (2016). Bio-control effect of *Trichoderma asperellum* (Samuels) Lieckf. and *Glomus intraradices* Schenk on okra seedlings infected with *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp and *Erwinia carotovora* (Jones). *J. Exp. Agric. Int.* P. 1–12. [in English].

*Kumar, S.* (2013). *Trichoderma*: A biological weapon for managing plant diseases and promoting sustainability. *Int. J. Agric. Sci. Med. Vet.* 1. P. 106–121. [in English].

*Köhl, J.; Kolnaar, R.; Ravensberg, W.J.* (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. *Front. Plant Sci.* 10. 845 p. [in English].

*Lace, B.; Genre, A.; Woo, S.; Faccio, A.; Lorito, M.; Bonfante, P.* (2015). Gate crashing arbuscular mycorrhizas: In vivo imaging shows the extensive colonization of both symbionts by *Trichoderma atroviride*. *Environ. Microbiol. Rep.* 7. P. 64–77. [in English].

*Li, R.-X.; Cai, F.; Pang, G.; Shen, Q.-R.; Li, R.; Chen, W.* (2015). Solubilisation of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. *PLoS ONE.* 10. e0130081. [in English].

*López-Bucio, J.; Pelagio-Flores, R.; Herrera-Estrella, A.* (2015). *Trichoderma* as biostimulant: Exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Sci. Hortic.* 196. P. 109–123. [in English].

*Lorito, M.; Woo, S.L.; Harman, G.E.; Monte, E.* (2010). Translational research on *Trichoderma*: From 'omics to the field. *Ann. Rev. Phytopathol.* 48. P. 395–417. [in English].

*Matson, M.E.H., Small, I.M., Fry, W.E., Judelson, H.S.* (2015). Metalaxyl resistance in *Phytophthora infestans*: Assessing role of RPA190 gene and diversity within clonal lineages. *Phytopathology.* 105. P. 1594–1600. [in English].

*Meszka, B.; Broniarek-Niemiec, A.; Bielenin, A.* (2008). The status of dodine resistance of *Venturia inaequalis* populations in Poland. *Phytopathol. Pol.* 47. P. 57–61. [in English].

*Naznin, A.; Hossain, M.M.; Ara, K.A.; Hoque, A.; Islam, M.* (2015). Influence of organic amendments and bio-control agent on yield and quality of tuberose. *J. Hort.* 2. P. 1–8. [in English].

*Omomowo, O.I.; Babalola, O.O.* (2019). Bacterial and Fungal Endophytes: Tiny Giants with Immense Beneficial Potential for Plant Growth and Sustainable Agricultural Productivity. *Microorganisms.* 7. P. 481. [in English].

*Panth, M.; Hassler, S.C.; Baysal-Gurel, F.* (2020). Methods for Management of Soilborne Diseases in Crop Production. *Agriculture.* 10. P. 16. [in English].

*Pidoplichko, N. M.* (1953) Hrybna flora hrubykh kormiv [Mushroom flora of roughage]. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. 488 p. [in Ukrainian].

*Rabeendran, N.; Moot, D.J.; Jones, E.E.; Stewart, A.* (2000). Inconsistent growth promotion of cabbage and lettuce from *Trichoderma* isolates. *New Zeal. Plant Prot.* 53. P. 143–146. [in English].

*Raju, N.S.; Niranjana, S.R.; Shetty, H.S.* (2003). Effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum* on head moulds and seed qualities of Sorghum. *Crop Improv.* (India). 30. P. 6–12. [in English].

*Rozenfeld, V.V., Vashchenko L.M.* (2005). Fitopatohenni vlastyvosti shtamiv, vydilenykh iz nasinnya sosny. Zhytomyr: Polissya [Phytopathogenic properties of strains isolated from



pine seeds. Zhytomyr: Polissya] Collection of articles of the participants of the International scientific conference "Phytopathogenic bacteria. Phytoncide. Allelopathy" (Kyiv, October 4-6, 2005). - Zhytomyr: "State Agroecological University, 2005. - P. 122-125. [in Ukrainian].

Sajeesh, P.K. *Cu-Chi-Tri: A Triple Combination for the Management of Late Blight Disease of Potato (*Solanum tuberosum* L.)*. Ph.D. Thesis, GB Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar, India, 2015. [in English].

Slabaugh, W.R., Grove, M.D. (1982). Postharvest diseases of bananas and their control. *Plant Dis.* 66. P. 746–750. [in English].

Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The «Secrets» of a Multitalented Biocontrol Agent. *Plants.* 9. P. 762. doi:10.3390/plants9060762 [in English].

Spalding, D.H. (1982). Resistance of mango pathogens to fungicides used to control postharvest diseases. *Plant Dis.* 66. P. 1185–1186. [in English].

Tucci, M.; Ruocco, M.; de Masi, L.; de Palma, M.; Lorito, M. (2011). The beneficial effect of *Trichoderma* spp. On tomato is modulated by the plant genotype. *Mol. Plant Pathol.* 12. P. 341–354. [in English].

Van Wees, S.C.M., der Ent, S., Pieterse, C.M.J. (2008). Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 11. P. 443–448. [in English].

Vinale, F.; Sivasithamparam, K.; Ghisalberti, E.L.; Marra, R.; Woo, S.L.; Lorito, M. (2008). *Trichoderma* – plant – pathogen interactions. *Soil Biol. Biochem.* 40. P. 1–10. [in English].

Wilson, P.S.; Ketola, E.O.; Ahvenniemi, P.M.; Lehtonen, M.J.; Valkonen, J.P.T. (2008). Dynamics of soilborne *Rhizoctonia solani* in the presence of *Trichoderma harzianum*: Effects on stem canker, black scurf, and progeny tubers of potato. *Plant Pathol.* 57. P. 152–161. [in English].

Yakovenko, K. I. (Eds). (2001). *Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of experimental work in vegetable and melon growing]. Kharkiv: Osnova. 369 p. [in Ukrainian].

Yedidia, I.; Srivastva, A.K.; Kapulnik, Y.; Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil.* 235. P. 235–242. [in English].

Zhang, J.; Chen, G.-Y.; Li, X.-Z.; Hu, M.; Wang, B.-Y.; Ruan, B.-H.; Zhou, H.; Zhao, L.-X.; Zhou, J.; Ding, Z.-T. et al. (2017). Phytotoxic, antibacterial, and antioxidant activities of mycotoxins and other metabolites from *Trichoderma* sp. *Nat. Prod. Res.* 31. P. 2745–2752. [in English].

Zhao, K.; Penttinen, P.; Zhang, X.; Ao, X.; Liu, M.; Yu, X.; Chen, Q. (2014). Maize rhizosphere in Sichuan, China, hosts plant growth promoting *Burkholderia cepacia* with phosphate solubilizing and antifungal abilities. *Microbiol. Res.* 169. P. 76–82. [in English].