

Fungicidal protection of soy crops against root rot

G. Pospelova¹ | N. Kovalenko¹ | N. Nechiporenko¹ | V. Kocherga² | A. Grechkosiy¹ | S. Skliar¹

Article info

Correspondence Author

G. Pospelova

E-mail:

apospelova.pdau@gmail.com¹ Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

² Ustymivka Experimental

Station of Plant Production,

v. Ustymivka, Hlobyne

district, Poltava region,

39074, Ukraine

Citation: Pospelova, G., Kovalenko, N., Nechiporenko, N., Kocherga, V., Grechkosiy, A., & Skliar, S. (2023). Fungicidal protection of soy crops against root rot. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 5–10. doi: 10.31210/spi2023.26.03.01

Soybean crops can suffer significant yield losses from diseases of various etiologies. Pathogens of root rot, which can be stored in the soil or infected seed material, are particularly dangerous. To prevent the spread of root rot, it is recommended to use microbiofungicides of various nature (fungal and bacterial). Treatment of seed and planting material, as well as plants during the growing season, with them provides high-quality protection against a wide range of diseases, including root rot. Among domestic preparations, such products as Trichodermin, Planriz, Fitodoktor, Gaubsin, Cellulad, and others are in demand. We evaluated the effectiveness of fungicidal poisons and biofungicides against fungal and bacterial infection of soybean crops, and studied their effect on field germination and crop productivity. As objects of the study, the following biological fungicides were selected: Trichophyt, p. (spores of *Trichoderma lignorum* fungus, titer 2.0 billion/cm³), usage rate – 2 l/t; Phytozid, r. (*Bacillus subtilis* bacteria cells or 1.0×10¹⁰ CFU/g), usage rate – 1.5 l/t; Gaupsyn, r. (*Pseudomonas aureofaciens* B-111 and B-306 bacteria, titer of viable cells 1×10⁴ / μg of the drug), usage rate – 3 l/t. The fungicide Maxim XL 035 FS was used as a standard, t.k.s. (fludioxonil 25 g/l + metalaxyl M 10 g/l) – the usage rate was 1 l/t. The positive effect of the investigated poisons on the sowing quality of soybean seeds of the Annushka variety relative to the control and the level of adaptability of seedlings in field conditions was noted. A significant prevalence of plants with signs of root rot of mycological (*Fusarium* spp.) and bacterial (*Pseudomonas syringae* pv *glycinea* Yong et al.) etiology was revealed in the experimental plots. A high fungistatic effect of the preparation Maxim XL, t.k.s. against fusarium root rot of soybeans (technical effectiveness level of 73.1 % in the absence of antibacterial activity) was noted. Among the microbiological fungicides, the best complex antimicrobial effect was found in the preparation Trichophyt, p. (technical effectiveness of 71.6 % and 71.7 % against fusarium and bacteriosis, respectively), which provided a yield increase of 6.3 % compared to the control. The complex use of preparations Trichophyt, n. and Phytocid, r. resulted in 11 % increase in grain productivity of soybean plants, with the technical effectiveness level reaching 71.3 % and 75.5 %, respectively, against root rot of fusarium and bacterial etiology.

Keywords: soybean, root rot, biofungicides, technical efficiency, bioagents.

Фунгіцидний захист посівів сої від кореневих гнилей

Г. Д. Поспелова¹ | Н. П. Коваленко¹ | Н. І. Нечипоренко¹ | В. Я. Кочерга² | А. О. Гречкосій¹ | С. С. Скляр¹¹Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна²Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, с. Устимівка, Полтавська область, Україна

Відчутних втрат врожаю сої завдають хвороби різної етіології. Особливо небезпечними є збудники кореневих гнилей, що можуть зберігатися у ґрунті або зараженому насіннево му матеріалі. З метою профілактики поширення кореневих гнилей рекомендовано застосування мікробіофунгіцидів різної природи (грибкові і бактеріальні). Обробки ними насіннево му і садивного матеріалу, а також рослин у період вегетації забезпечують якісний захист від широкого спектру хвороб, в тому числі й від кореневих гнилей. Серед препаратів вітчизняного виробництва користуються попитом такі препарати, як Триходермін, Планріз, Фітодоктор, Гаубсин, Целлолад та ін. Нами проведено оцінку ефективності фунгіцидних протруйників і біофунгіцидів проти грибкової і бактеріальної інфекції сої та вивчено їх вплив на польову схожість і продуктивність культури. В якості об'єктів вивчення обрано біологічні фунгіциди Трихофіт, п. (спори гриба *Trichoderma lignorum*, титр 2,0 млрд/см³), норма використання – 2 л/т; Фітоцид, р. (клітини бактерій *Bacillus subtilis* або 1,0×10¹⁰ КУО/г), норма використання – 1,5 л/т; Гаупсин, р. (бактерії *Pseudomonas aureofaciens* B-111 та B-306, титр життєздатних клітин 1×10⁴ / мкг препарату), норма використання – 3 л/т. В якості еталону був використаний протруйник Максим XL 035 FS, т.к.с. (флудіоксоніл 25 г/л + металаксил М 10 г/л) – норма використання 1 л/т. Відмічено позитивний вплив досліджуваних протруйників на посівні якості насіння сої сорту Аннушка відносно контролю і рівень адаптивності проростків у польових умовах. Виявлено значну поширеність на дослідних ділянках рослин з ознаками кореневої гнилі мікологічної (*Fusarium* spp.) та бактеріальної (*Pseudomonas syringae* pv *glycinea* Yong et al.) етіології. Відзначено високу фунгістатичну дію препарату Максим XL, т.к.с. проти фузаріозної кореневої гнилі сої (технічна ефективність на рівні 73,1 % за відсутності антибактеріальної активності). Серед мікробіологічних фунгіцидів найкращу комплексну антимікробну дію виявлено у препараті Трихофіт, п. (технічна ефективність 71,6 і 71,7 % відповідно проти фузаріозу та бактеріозу), що забезпечило приріст урожайності на 6,3 % відносно контролю. За комплексного використання препаратів Трихофіт, п. і Фітоцид, р. зернова продуктивність рослин сої зросла на 11,0 %, а рівень технічної ефективності досягав 71,3 і 75,5 % відповідно до кореневої гнилі фузаріозної та бактеріальної етіології.

Ключові слова: соя, кореневі гнилі, біофунгіциди, технічна ефективність, біоагенти.**Бібліографічний опис для цитування:** Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Нечипоренко Н. І., Кочерга В. Я., Гречкосій А. О., Скляр С. С. Фунгіцидний захист посівів сої від кореневих гнилей. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 5–10.

Вступ

Провідною зернобобовою культурою в Україні є соя, частка якої становить понад 10 % загальноукраїнського обсягу сільськогосподарських культур. За даними Держстату України площі під вирощуванням культури останні п'ять років перевищують мільйон гектарів. Внаслідок перенасичення сівозмін соєю сформувався специфічний комплекс шкідливих організмів, які негативно впливають на урожайність культури та якість продукції [9, 12, 16].

В умовах Лівобережного Лісостепу України генетичний потенціал продуктивності сучасних сортів сої реалізується на рівні 50 %. Це пов'язано з низкою факторів, що обумовлюють фітосанітарний стан посівів [11, 14, 16].

Відчутних втрат врожаю завдають гриби та бактерії, що викликають хвороби сої. Особливо небезпечними серед них є збудники кореневих гнилей, які можуть зберігатися у ґрунті або зараженому насіннєвому матеріалі [3, 17–20]. Симптоматичні ознаки починають проявлятися від фази проростання насіння і до повної стиглості сої. Варто відмітити, що посилення поширення та інтенсивності розвитку кореневих гнилей пов'язано з накопиченням патогенів у ґрунті та сприятливими для їх розвитку умовами середовища.

Точна діагностика хвороб з визначенням видової приналежності патогенів та джерела інфекції забезпечують розробку ефективних систем захисту культури від кореневих гнилей.

Інтенсивна технологія вирощування сої передбачає використання різних методів захисту культури від шкідливих організмів, в тому числі й застосування пестицидів. Наразі значна увага спрямовується на екологізацію виробництва продукції рослинництва. В Полтавському регіоні вже зареєстровано понад 20 підприємств, де впроваджено систему органічного землеробства. Поряд із відомими технологічними прийомами господарства використовують нові заходи спрямовані на покращення екологічної ситуації, яка сприяє отриманню потенціальної продуктивності культурних рослин та оптимізації фітосанітарного стану посівів без використання пестицидів.

Останнім часом у аграріїв України зростає попит на мікробіопестициди. За рівнем технічної ефективності вони наближаються до хімічних аналогів, але при цьому не завдають шкоди довкіллю і здоров'ю людини, теплокровних тварин, корисним організмам. Відсутність резистентності до шкідливих організмів дозволяє використовувати їх тривалий час [1, 2, 8, 10, 22, 24].

З метою профілактики поширення кореневих гнилей рекомендовано застосування мікробіофунгіцидів різної природи (грибкові і бактеріальні) [4, 21]. Серед препаратів вітчизняного виробництва користуються попитом такі препарати, як Триходермін, Планріз, Фітодоктор, Гаупсин, Целюлад та ін. [25].

В Україні препарати даної групи рекомендовано застосовувати для обробки насіннєвого і садивного матеріалу та в період вегетації рослин. Це забезпечує якісний захист рослин від широкого спектру хвороб, в тому числі і кореневих гнилей. Більшість таких

препаратів володіють рістстимулюючими властивостями, що підвищує ефективність їх застосування.

Мета дослідження

Мета досліджень: оцінка ефективності фунгіцидних протруйників і біофунгіцидів проти грибкової і бактеріальної інфекції сої та їх впливу на польову схожість і продуктивність культури.

Завдання дослідження: проведення фітопатологічної експертизи та вивчення посівних якостей насіння сої сорту Аннушка (енергія проростання, лабораторна і польова схожість); визначення технічної ефективності передпосівної обробки насіння сої хімічними і біологічними фунгіцидами, з'ясування впливу досліджуваних препаратів на елементи структури урожаю сої.

Матеріали і методи

Лабораторні досліді проводили у 2021–2022 роках на кафедрі захисту рослин Полтавського державного аграрного університету, польові – на базі Ботанічного саду Полтавського Національного педагогічного університету ім. В. Г. Короленка. Досліджувалося насіння сої сорту Аннушка [5].

В якості об'єктів вивчення обрано біологічні фунгіциди Трихофіт, п. (спори гриба *Trichoderma lignorum*, титр 2,0 млрд/см³), норма використання – 2 л/т; Фітоцид, р. (клітини бактерій *Bacillus subtilis* або 1,0×10¹⁰ КУО/г), норма використання – 1,5 л/т; Гаупсин, р. (бактерії *Pseudomonas aureofaciens* В-111 та В-306, титр життєздатних клітин 1×10⁴/мкг препарату), норма використання – 3 л/т. В якості еталону був використаний протруйник Максим XL 035 FS, т.к.с. (флудіоксоніл 25 г/л + металаксил М 10 г/л) – норма використання 1 л/т [1, 15].

Визначення лабораторної схожості та вивчення мікрофлори насіння здійснювали методом пророщування у вологій камері в чашках Петрі на фільтрувальному папері, згідно з ДСТУ 4138-2002 [7]. Насіння інкубували при температурі +20 °С–+25 °С. Облік енергії проростання і лабораторної схожості проводили на 5-й та 10-й день. Зараженість насіння збудниками хвороб визначали біологічним методом, що ґрунтується на стимулюванні росту і розвитку патогенних мікроорганізмів як на протруєному, так і на не протруєному насінні [23].

Облік кореневих гнилей сої та визначення польової схожості проводили за загальноприйнятою методикою [23]. Насіння інокульовано Оптимаїз, РК (мінімум 2,0×10⁻⁷% *Lipochitooligosaccharide*, що містить штам *Bradyrhizobium japonicum*); норма використання – 1,8 л/т.

Схема досліді:

1. Контроль (вода).
2. Максим XL, т.к.с. (1,0 л/т)
3. Фітоцид, р (0,6 л/т)
4. Гаупсин, р. (2,0 л/т)
5. Трихофіт р. (2,0 л/т)
6. Трихофіт р.+ Гаупсин р. (2,0 л/т+2,0 л/т)
7. Трихофіт р.+Фітоцид р. (2,0 л/т+0,6 л/т)

Площа облікової ділянки становила 2 м², облік урожаю проводили з усієї площі ділянки. Аналіз структури урожаю здійснювали у навчально-науковій лабораторії захист рослин Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології ПДАУ.

Результати та їх обговорення

В сучасних агротехнологіях все більше уваги приділяється впровадженню заходів і засобів, що забезпечують повноцінну реалізацію адаптаційного потенціалу сільськогосподарських культур. Залучення таких засобів, з одного боку, сприяє підтриманню високого агрофону, з іншого – стимулює прояв природних захисних реакцій рослин. Серед них чільне місце займають мікробіологічні фунгіциди.

Важливим за використання мікробіологічних фунгіцидних протруйників є не лише вивчення анти-

мікробної ефективності препаратів, а й дослідження їх впливу на ріст і розвиток рослин, тобто виявлення можливої фітотоксичної активності. Найбільш показовим, з точки зору негативного впливу протруйників на рослини, вважається погіршення посівних якостей насіння [23].

налізуючи посівні якості насіння сої сорту Аннушка урожаю 2021 і 2022 рр., можна відмітити близькі рівні показників (енергія проростання, лабораторна схожість, інфікованість зерна) в роки досліджень, за незначної переваги для насіння урожаю 2022 року (рис. 1).

Так, показник сили росту (енергія проростання) в умовах 2022 року був на 3 % вищим за попередній рік, а лабораторна схожість перевищила рівень 2021 року на 7 %. Загальний рівень присутності у/на посівному матеріалі патогенних і напівпатогенних мікроорганізмів відрізнявся за роками на 9 %.

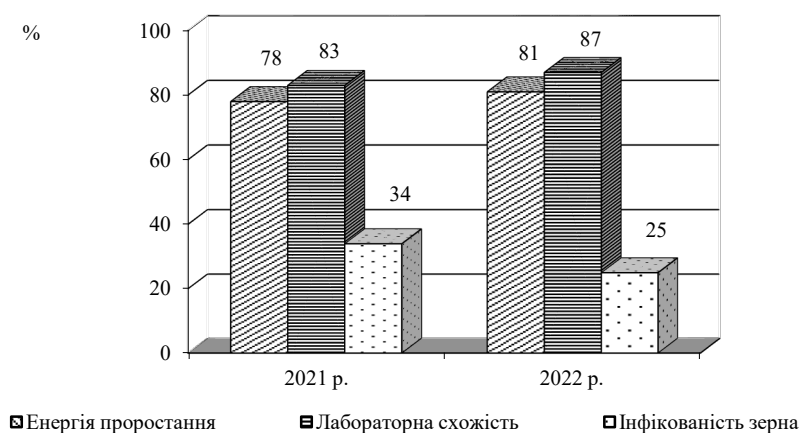


Рис. 1. Посівні якості насіння сої сорту Аннушка (урожаю 2021 і 2022 рр.)

Прослідковується також залежність зазначених показників від рівня контамінації насіннєвого матеріалу мікроміцетами, що змушує проаналізувати цю тенденцію більш детально.

Як видно з даних таблиці 1, подальший аналіз відбувався із залученням протруйників хімічного та біологічного походження, рекомендованих до використання в Україні для передпосівного обробітку насіння сої [13]. В цілому можна відмітити позитивний вплив усіх досліджуваних протруйників на посівні якості насіння відносно контролю. Порівняння показників лабораторної та польової схожості за

використання різних протруйників, на нашу думку, може характеризувати здатність препаратів забезпечити проростку певний рівень стійкості (адаптивності) до несприятливих факторів навколишнього середовища. З цієї точки зору привертає увагу варіант із використанням біологічного препарату Трихофіт, п, в якому відмічено зниження схожості в польових умовах відносно лабораторних на 5 %, за рівня польової схожості вище 90 %, тоді як у контрольному варіанті зниження схожості у польових умовах досягало 3 % і рівень лабораторної схожості перевищував необхідні за вимогами ДСТУ 80 % [6, 7].

Таблиця 1

Схожість насіння сої сорту Аннушка та ураження проростків збудниками коренових гнилей (середнє за 2021–2022 рр.)

Варіант досліджу	Лабораторна схожість, %	Польова схожість, %	Збудники коренової гнилі			
			<i>Fusarium spp.</i>		<i>Pseudomonas syringae pv. glycinea</i> Yong et al.	
			P, %	I, %	P, %	I, %
Контроль (вода)	85,0	82,0	6,7	2,7	5,3	4,2
Максим XL, т.к.с.	94,0	85,0	1,8	1,0	4,9	3,6
Фітоцид, р.	87,5	85,0	3,5	2,2	2,3	1,8
Гаупсин, р.	88,0	84,5	3,7	1,7	2,8	2,1
Трихофіт, п.	97,0	92,0	1,9	0,5	1,5	0,5
Трихофіт, п. + Гаупсин, р.	94,5	90,0	2,1	1,5	2,2	1,4
Трихофіт, п. + Фітоцид, р.	96,5	92,0	1,8	0,5	1,3	0,5

Достатньо високі показники виявлені за поєднання Трихофіту з іншими тестованими біологічними засобами (Фітоцид, р; Гаупсин, р.), які за самостійного використання показали результати близькі до контрольних. Не зовсім зрозумілим залишився ефект зниження польової схожості відносно лабораторної на 9 % у варіанті із застосуванням препарату Максим XL, т.к.с. Подальший аналіз наведених даних свідчить про значну поширеність на дослідних ділянках рослин з ознаками кореневої гнилі мікологічної (*Fusarium spp.*) та бактеріальної (*Pseudomonas syringae pv glicinea* Yong et al.) етіології.

Відомо, що гриби роду *Trichoderma* здатні впливати на розвиток інших мікроорганізмів як шляхом прямого паразитування, так і в процесі конкуренції за субстрат, завдяки продукуванню ферментів, антибіотиків та інших біологічно активних речовин. Зокрема, продуковані ними антибіотики (гліотоксин, віридин, триходермін та ін.) пригнічують розвиток багатьох видів збудників хвороб, виявляючи геностатичну активність. Крім того, гіфи грибів роду *Trichoderma* здатні обплітати вегетативні органи фітопатогенів, порушуючи клітинну будову та обмін речовин останніх [1, 24]. Зазначений різноплановий механізм дії мікробіологічного фунгіциду Трихофіт, п., створеного на основі гриба *Trichoderma lignorum*, в наших дослідках забезпечив зниження поширеності фузаріозної інфекції на кореневій системі рослин сої на 4,8 % відносно контролю при зниженні інтенсивності прояву хвороби на 2,2 %. За кількістю уражених рослин ці показники виявилися близькими до рівня антифугальної активності хімічного протруйника Максим XL, т.к.с. (1,8 %), а за рівнем розвитку інфекції навіть перевищили їх на 1 %. Мікробіологічні препарати Фітоцид, р. і Гаупсин, р. також проявили певний рівень фунгітоксичної активності, знизивши поширеність фузаріозної кореневої гнилі на 3,2 та 3,0 % відповідно за менш одностороннього впливу на розвиток хвороби.

Антибактеріальна активність усіх тестованих препаратів та їх композицій проявилася аналогічним чином і повністю відповідала зазначеним особливостям дії протруйників на насінневу інфекцію сої. Так, використання Трихофіту, п. забезпечило обмеження поширеності бактеріальної інфекції на кореневій системі на 3,8 % за зниження інтенсивності прояву хвороби на 3,7 %. Ступінь антибактеріального впливу препарату Максим XL, т.к.с. виявився незначним, оскільки поширеність та інтенсивність розвитку бактеріозу були близькими до контрольного показника. Обробка насінневого матеріалу препаратами Фітоцид, р. і Гаупсин, р. дозволила знизити розвиток інфекції на проростках вдвічі порівняно з контролем, що забезпечило в подальшому виживання відповідно більшої кількості рослин.

Ефективна протимікробна дія препарату Трихофіт, п. забезпечила також досить вагомий антимікологічний та антибактеріальний ефект за комплексного використання його з біопрепаратами Фітоцид, р. і Гаупсин, п. Кращою була композиція Трихофіт, р. + Фітоцид, р., застосування якої виявило синергічний ефект переважно до бактеріальної інфекції. Так, поширеність фузаріозної кореневої

гнилі в цьому варіанті знизилася на 0,1 %, а бактеріальної – на 0,2 % відповідно до самостійного використання препарату Трихофіт, п., за рівноцінного розвитку хвороби в обох випадках.

Таким чином, отримані нами результати свідчать про певний, а для деяких препаратів та їх композицій досить високий рівень технічної ефективності проти збудників фузаріозної та бактеріальної кореневої гнилі сої (табл. 2).

Таблиця 2
Ефективність передпосівної обробки насіння сої

Варіант досліджу	Норма використання л/т, кг/т	Технічна ефективність, %	
		<i>Fusarium</i> spp.	<i>Pseudomonas syringae</i> <i>pv glicinea</i> Yong et al.
Контроль (вода)	–	–	–
Максим XL, т.к.с.	1,0	73,1	8,2
Фітоцид, р	1,5	47,8	56,6
Гаупсин, р.	3,0	44,8	47,2
Трихофіт, п	2,0	71,6	71,7
Трихофіт, п. + Гаупсин, р.	2,0+2,0	68,7	58,5
Трихофіт, п. + Фітоцид, р.	2,0+1,5	73,1	75,5

Як свідчать наведені в таблиці 2 дані, фунгіцид Максим XL, т.к.с. виявив високу фунгістатичну дію проти фузаріозної інфекції, забезпечивши рівень технічної ефективності 73,1 %, що було найкращим показником, порівняно з композицією Трихофіт, р. + Фітоцид, р. В той же час антибактеріальна дія цього фунгіциду виявилася нестатково вираженою (технічна ефективність 8,2 %), що було досить очікувано.

Серед бактеріальних фунгіцидів найвища технічна ефективність проти фузаріозної інфекції зафіксована при застосуванні в якості протруйника препарату Трихофіт – 71,6 %. Ефективність Фітоциду, р. і Гаупсину, р. виявилася нижчою відповідно на 23,8 і 26,8 %. Дещо не досягала рівня найкращих показників також технічна ефективність композиції Трихофіт, р. + Гаупсин, р. – 68,7 %.

За рівнем антибактеріальної активності більшість проаналізованих мікробіологічних препаратів та їх композицій виявилися більш цікавими. Так, найкраще пригнічувався розвиток бактеріальної кореневої гнилі за використання композиції Трихофіт, р. + Фітоцид, р., технічна ефективність цього комплексу відносно *Pseudomonas syringae* досягала 75,5 %. Застосування в якості протруйника препарату Трихофіт, п. забезпечило захист від бактеріальної інфекції 71,7 % проростків сої. Біофунгіциди Фітоцид, р., Гаупсин, р. і комбінація Трихофіт, р. + Гаупсин, р. дещо поступалися зазначеним препаратам за рівнем технічної ефективності, що становила відповідно 56,6; 47,2 і 58,5 % відповідно.

Відомо, що запобігання впливу стресових факторів або пом'якшення їхньої дії на початкових етапах розвитку рослин позначається в подальшому на формуванні структурних елементів продуктивності. Негативний вплив патогенів як правило виявляється в процесі формування елементів продуктивності [11].

Аналізуючи дані, представлені в таблиці 3, можна відмітити позитивний вплив застосування протруйників

хімічної та біологічної природи на продуктивність рослин сої. Тільки за використання мікробіологічного препарату Гаупсин, р. спостерігалось зниження

біологічної урожайності відносно контролю на 0,4 %, що пояснюється зниженням як кількості зернівок з однієї рослини, так і зменшенням маси 1000 зернівок.

Таблиця 3

Вплив передпосівної обробки насіння сої сорту Аннушка на елементи структури урожаю (середнє за 2021–2022 рр.)

Варіант досліджу	Кількість, шт./роsl.		Маса, г		Біологічна урожайність, %	
	бобів	зернівок	зернівок з 1 рослини	1000 зернівок	т./га	до контролю
Контроль (вода)	15,1	31,3	3,1	168,2	2,54	100,0
Максим XL, т.к.с.	15,8	32,6	3,2	175,5	2,65	104,3
Фітоцид, р.	15,6	32,2	3,1	172,9	2,61	102,8
Гаупсин, р.	15,1	31,2	3,0	167,5	2,53	99,6
Трихофіт, п	16,1	33,3	3,2	178,8	2,70	106,3
Трихофіт. п + Гаупсин, р.	16,2	33,5	3,3	180,2	2,72	107,1
Трихофіт. п. + Фітоцид, р.	16,8	34,7	3,4	186,8	2,82	111,0

Найкращий результат отримано при комплексному використанні біологічних фунгіцидів Трихофіт, п. і Фітоцид, р. Вони позитивно вплинули на розглянуті показники структури урожаю, завдяки чому отримано приріст біологічної урожайності на 11,0 %, що на 4,7 % перевищує результат самостійного застосування препарату Трихофіт, п. і на 8,2 % краще, ніж у варіанті з використанням препарату Фітоцид, р. Як зазначалося вище, у композиції цих препаратів швидше за все прослідковується синергічний ефект. Комбінування препаратів Трихофіт, п. і Гаупсин, р. забезпечило зростання продуктивності на 7,1 % відносно контролю за відповідного покращення усіх структурних елементів, але цей показник був майже на рівні результатів самостійного застосування Трихофіту, п. (+ 0,9 %).

Використання протруйника Максим XL, т.к.с., який є продуктом органічного синтезу, забезпечило покращення усіх структурних показників і зростання урожайності на 4,3 % відносно контролю. Відставання цього результату від показників мікробіологічних протруйників, на нашу думку, пояснюється низькою антибактеріальною активністю.

В цілому, значний позитивний вплив незараження насіння зазначеними вище препаратами можна пояснити збереженням функціонування провідної системи і повноцінного транспорту асимілятів в процесі формування та розвитку генеративних органів. У випадку бобових культур цей вплив проявляється особливо виразно внаслідок відсутності компенсаторних механізмів, які у інших культур забезпечують заміщення одного елементу врожайності іншим [11].

Висновки

Відмічено позитивний вплив досліджуваних протруйників на посівні якості насіння сої сорту Аннушка відносно контролю і рівень адаптивності проростків у польових умовах. Виявлено значну поширеність на дослідних ділянках рослин з ознаками кореневої гнилі мікологічної (*Fusarium* spp.) та бактеріальної (*Pseudomonas syringae pv glicinea* Yong et al.) етіології. Відзначено високу фунгістатичну дію препарату Максим XL, т.к.с. проти фузаріозної кореневої гнилі сої (технічна ефективність на рівні 73,1 % за відсутності антибактеріальної активності).

Серед мікробіологічних фунгіцидів найкращу комплексну антимікробну дію виявлено у препараті Трихофіт, п. (технічна ефективність 71,6 і 71,7 % відповідно проти фузаріозу та бактеріозу), що забезпечило приріст урожайності на 6,3 % відносно контролю. За комплексного використання препаратів Трихофіт, п. і Фітоцид, р. зернова продуктивність рослин сої зросла на 11,0 %, а рівень технічної ефективності досягав 71,3 і 75,5 % відповідно до кореневої гнилі фузаріозної та бактеріальної етіології.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні біоагентів перспективних для застосування в біологічному захисті від фітопатогенних організмів.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Antykryzovi rishennia dlia suchasnoho roslynystva. (2020). Vinnytsia: TO «TD «Enzym-Ahro» [in Ukrainian]
2. Borona, V. P., Derevianskyi, V. P., & Karasevych, V. V. (2010). Vplyv biopreparativ na shkidlyvi orhanizmy ta produktyvnist zernobobovykh ta zernovykh kultur. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 73, 173–179. [in Ukrainian]
3. Broders, K. D., Lipps, P. E., Paul, P. A., & Dorrance, A. E. (2007). Evaluation of Fusarium graminearum Associated with Corn and Soybean Seed and Seedling Disease in Ohio. *Plant Disease*, 91 (9), 1155–1160. <https://doi.org/10.1094/pdis-91-9-1155>
4. Daryaci, A., Jones, E. E., Ghazalibiglar, H., Glare, T. R., & Falloon, R. E. (2016). Culturing conditions affect biological control activity of *Trichoderma atroviride* against *Rhizoctonia solani* in ryegrass. *Journal of Applied Microbiology*, 121 (2), 461–472. <https://doi.org/10.1111/jam.13163>
5. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2019 rik. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn/> [in Ukrainian]
6. DSTU 2240-93. (1994) Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Chynnyi vid 1994-07-01. (1994). Kyiv [in Ukrainian]
7. DSTU 4138-2002 Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti. Chynnyi vid 2003-01-01. (2004). Kyiv [in Ukrainian]
8. He, H., Zhai, Q., Tang, Y., Gu, X., Pan, H., & Zhang, H. (2023). Effective biocontrol of soybean root rot by a novel bacterial strain *Bacillus siamensis* HT1. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 125, 101984. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2023.101984>

9. Holiachuk, Yu., & Kosylovych, H. (2019). Fungal diseases of soybean in conditions of Educational-Research Center of Lviv National Agrarian University. *Visnik L'viv's'kogo Nacional'nogo Agrarnogo Universitetu. Agronomiâ*, 23, 170–172. <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.170>
10. Krutiakova, V., Gulych, O., & Pylypenko, L. (2018). Biological technique of protection of crops: prospects for Ukraine. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 96 (11), 159–168. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-20>
11. Kyrychenko, V. V. (red.). (2013). *Optyimizatsiia osnovnykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia soi: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv [in Ukrainian]
12. Lych, S. V., Kyryk, M. M., Pikovskyi, M. Y., & Taranukho, Yu. M. (2014). Khvoroby soi: diahnozyka, osoblyvosti rozvytku ta zakhody zakhystu. *Propozytsiia*, 1, 96–98. [in Ukrainian]
13. Melnychuk, F. S., Marchenko, O. A., & Retman, M. S. (2015). Tsytotoksychna diia funhitsydneykh protruinykiv na parostky soi. *Naukovi Dopovidi Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 5 (54). Retrieved from: https://nd.nubip.edu.ua/2015_5/23.pdf [in Ukrainian]
14. Milenko, O. H., Sidash, A. A., Nevkrytyi, M. M., Plishko, O. V., & Kostenko, R. V. (2023). Vplyv preparativ na efektyvnist inokulatsii posivnoho materialu soi. *Ahrarni Innovatsii*, 16, 49–53. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.8> [in Ukrainian]
15. Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini (2020). *Spetsialnyi Vypusk Zhurnalu «Propozytsiia»*. Retrieved from: https://www.cherk-consumer.gov.ua/attachments/article/3139/Perel_2020_Final.pdf [in Ukrainian]
16. Petrychenko, V. F., Patyka, V. P., Pasichnyk, L. A., & Pyda, S. V. (2016). *Khvoroby soi: monitorynh, diahnozyka, zakhyst: monohrafiia*. Vinnytsia: «Vindruk» [in Ukrainian]
17. Pospelova, H. D. (2015). Species composition of plant pathogenic flora of soybean seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1-2), 44–48. <https://doi.org/10.31210/visnyk2015.1-2.08>
18. Pospelova, H. D., Barabolia, O. V., & Morozova, O. O. (2018). Influence of biological preparations on the phytosanitary state of soybean seeds. *S Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 37–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.05>
19. Pospelova, H. D., Chaika, T. O., & Stepanenko, R. O. (2020). Doslidzhennia patohennoi mikroflory nasinnia soi. In: T. O. Chaika, I. O. Yasnolob, & O. O. Horb (red). *Enerhoefektyvnist i enerhonzalezhnist silskykh terytorii: peredumovy formuvannia ta funktsionuvannia: kolektyvna monohrafiia*. (pp. 176–182). Poltava: Vydavnytstvo PP «Astraia» [in Ukrainian]
20. Raichuk, T. M. (2010). Vplyv protruinykiv na mikrofloru ta skhozhist nasinnia soi. *Naukovi Dopovidi Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 2010. 1 (17). Retrieved from: <https://nd.nubip.edu.ua/2010-1/10rtness.pdf> [in Ukrainian]
21. Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Shetiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., & Sharma, A. (2020). Trichoderma: the “secrets” of a multitiered biocontrol agent. *Plants*, 9 (6), 762. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>
22. Tao, C., Wang, Z., Liu, S., Lv, N., Deng, X., Xiong, W., Shen, Z., Zhang, N., Geisen, S., Li, R., Shen, Q., & Kowalchuk, G. A. (2023). Additive fungal interactions drive biocontrol of Fusarium wilt disease. *New Phytologist*, 238 (3), 1198–1214. <https://doi.org/10.1111/nph.18793>
23. Trybel, S. O. (red.). (2001). *Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. Kyiv [in Ukrainian]
24. van Zijll de Jong, E., Kandula, J., Rostás, M., Kandula, D., Hampton, J., & Mendoza-Mendoza, A. (2023). Fungistatic Activity mediated by volatile organic compounds is isolate-dependent in *Trichoderma* sp. “Atroviride B.” *Journal of Fungi*, 9 (2), 238. <https://doi.org/10.3390/jof9020238>
25. Zadorzhnyi, V. S., Karasevych, V. V., Svytko, S. M., Labunets, A. V., & Kniazuk, O. V. (2019). Efektyvnist biolohichnykh preparativ na posivakh soi. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 87, 70–78. [in Ukrainian]

ORCID

- G. Pospelova  <https://orcid.org/0000-0002-8030-1166>
 N. Kovalenko  <https://orcid.org/0000-0001-5998-1745>
 N. Nechiporenko  <https://orcid.org/0000-0003-2572-9095>
 V. Kocherga  <https://orcid.org/0000-0002-0596-0567>



2023 Pospelova G. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.