



УДК 632.92.632.25.633.16

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.20>

## ВПЛИВ БІОФУНГІЦИДІВ НА ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН НАСІННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

**О. А. Васильєв<sup>1</sup>, С. І. Бурикiна<sup>2</sup>, В. А. Руденко<sup>3</sup>, Н. І. Сауляк<sup>4</sup>, Н. В. Пиляк<sup>5</sup>**

*Вивчення ефективності біопрепаратів для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур є актуальним, оскільки, знижуючи інфекційний фон, вони покращують стан рослин вже на початкових етапах росту при відсутності негативного впливу на довкілля. Метою досліджень було встановити ефективність біофунгіцидів за передпосівної обробки насіння ячменю ярого. Дослідження проводили в умовах лабораторного дослідження, використовували насіння середньостиглих сортів Вакула та Еней. Біофунгіциди: Вітастим БТ – основа міцеліального гриба *Trichoderma harzianum* Істокський (Т.н.) та двох штамів бактерій: *Pseudomonas fluorescens**

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, виконуючий обов'язки завідувача відділу фітопатології та ентомології (Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН, м. Одеса)

e-mail: alex.va7713@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2070-565X

<sup>2</sup> кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувачка відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва

(Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса)

e-mail: burykina@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5197-6586

<sup>3</sup> доктор філософії, науковий співробітник відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва

(Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса)

e-mail: slavik.deinos@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8651-7689

<sup>4</sup> молодший науковий співробітник відділу фітопатології та ентомології

(Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН, м. Одеса)

e-mail: nadjasauljak@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5164-1105

<sup>5</sup> завідувачка відділу промислової мікробіології

(Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН України, смт Хлібодарське)

e-mail: nceb2017@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5074-4011

(P.f.2) і *Pseudomonas fluorescens* AP33 (P.f. AP33): Біогібервіт БТ – *Trichoderma viride* M-10 (T.v) та *Trichoderma harzianum* Істокський (T.h); Бакова суміш БТ – бактерії *Pseudomonas aureofaciens* шт. 111, променистий гриб *Streptomyces avermitilis* (S. a.); Вітастим БТ + Бакова суміш БТ у співвідношенні 1:1 та 1:2; Біогібервіт БТ+ Бакова суміш БТ у співвідношенні 1:1 та 1:2; Триходермін БТ – продуцент гриб-антагоніст *Trichoderma viride* (lignorum) та SmartGrow Biodoc – виготовлено на основі 4-х штамів *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride*- 5 маміс, *Trichoderma harzianum*- 2 штами, *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas fluorescens*. Насіння обробляли 3%-ними розчинами препаратів. Визначення посівних якостей здійснювали методом пророщування у вологій камері в ростильнях на фільтрувальному папері за температури 20°C. Енергію проростання та інфікованість насіння визначали на четверту добу, лабораторну схожість – на сьому. Повторність в досліді 4-х кратна. Для визначення видового складу збудників використовували мікроскоп, а ристрегулюючі властивості визначали біометричним методом.

В результаті проведених досліджень встановлено: на початкових етапах розвитку рослин ячменю ярого біофунгіциди виявили стимулюючий ефект: максимальне підвищення висоти проростків у 2,1–2,8 рази спостерігається при використанні 3% розчинів Біогібервіту БТ, Вітастиму БТ та композицій останнього з Баковою сумішшю БТ у співвідношенні 1:1 та 1:2; обробка насіння перед посівом препаратами з біофунгіцидною активністю підвищує лабораторну схожість на 2,2–8,0%; біопрепарати знизили розвиток грибної інфекції на 51,9–78,7% (Вітастим БТ), 68,9–81,3% (SG Biodoc), 74,0–75,4% (Бакова суміш БТ) та 86,9–95,5% (Біогібервіт БТ); при інфікованості насіння сорту Вакула – 30,5%, 52,5% припадало на *Alternaria* spp., 34,4% – *Bipolaris. sorokiniana*, 8,2% – *Fusarium* spp. та 4,9% – *Penicillium* spp.; найвищий захисний ефект дала передпосівна обробка насіння сорту Вакула 3% розчином Бакової суміші БТ, що на 100% припинило розвиток *Bipolaris. sorokiniana*, *Fusarium* spp. та *Penicillium* spp. і на 53,1% – *Alternaria* spp.; в структурі мікоцетної інфекції сорту Еней переважали гриби Мисор (79,3%), проти яких найбільш ефективним виявилось використання біофунгіцидів Біогібервіт БТ, Біогібервіт БТ + Бакова суміш БТ (1:2), Вітастим БТ + Бакова суміш БТ (1:2) та Триходермін БТ.

Отримані результати лабораторних досліджень мають практичну значущість, оскільки показали не тільки важливість передпосівної обробки насіння біопрепаратами фунгіцидної дії з метою підвищення їх посівних якостей, але й виявили найбільш ефективні в боротьбі проти грибної інфекції насіння ячменю ярого, причому в залежності від видового складу їх флори.

**Ключові слова:** біопрепарати, ячмінь, передпосівна обробка, насіння, патогени.

## THE EFFECT OF BIOFUNGICIDES ON THE PHYTOSANITARY CONDITION OF SPRING BARLEY SEEDS

O. A. Vasiliev, S. I. Burykina, V. A. Rudenko, N. I. Sauliak, N. V. Pyliak

The study of the effectiveness of biological preparations for the pre-sowing treatment of seeds of agricultural crops is relevant because, by reducing the infectious background, they improve the condition of plants already at the initial stages of growth in the absence of a negative impact on the environment. The aim of the research was to establish the effectiveness of biofungicides during the pre-sowing treatment of spring barley seeds. The research was carried out in the conditions of a laboratory experiment, using seeds of medium-ripe varieties Vakula and Enei. Biofungicides: Vitastim BT – the base of the mycelial fungus *Trichoderma harzianum* Istokskyi (T.h.) and two strains of bacteria: *Pseudomonas fluorescens* (P.f.2) and *Pseudomonas fluorescens* ARZZ (P.f. AP33); Biogibervit BT – *Trichoderma viride* M-10 (T.v) and *Trichoderma harzianum* Istokskyi (T. h); BT Tank mixture – *Pseudomonas aureofaciens* bacteria pcs. 111, the radiating fungus *Streptomyces avermitilis* (S. a.); Vitastim BT+ Tank mixture of BT in the ratio 1:1 and 1:2; Biohibervit BT+ Tank mixture of BT in the ratio 1:1 and 1:2; Trichodermin BT – a producer of *Trichoderma viride* (lignorum) antagonist fungus and SmartGrow Biodoc – is made on the basis of 4 strains of *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride*-5 mamis, *Trichoderma harzianum* – 2 strains, *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas fluorescens*. The seeds were treated with 3% solutions of drugs. Determination of sowing qualities was carried out by the method of germination in a humid chamber in nurseries on filter paper at a temperature of 20°C. Germination energy and seed infectivity were determined on the fourth day, laboratory germination – on the seventh. The repetition in the experiment is 4 times. A microscope was used to determine the species composition of pathogens, and growth-regulating properties were determined by the biometric method.

As a result of the conducted research, it was established: at the initial stages of the development of spring barley plants, biofungicides showed a stimulating effect: the maximum increase in the height of seedlings by 2.1-2.8 times is observed when using 3% solutions of Biogibervit BT, Vitastim BT and compositions of the latter with BT tank mixture in ratios of 1:1 and 1:2; treatment

of seeds before sowing with drugs with biofungicidal activity increases laboratory similarity by 2.2...8.0%; biological preparations reduced the development of fungal infection by 51.9-78.7% (Vitastim BT), 68.9-81.3% (SG Biodoc), 74.0-75.4% (Bakov's mixture BT) and 86.9-95.5% (Biogibervit BT); with infection of seeds of the Vakula variety, 30.5%, 52.5% were *Alternaria* spp., 34.4% – *Bipolaris sorokiniana*, 8.2% – *Fusarium* spp. and 4.9% – *Penicillium* spp.; the highest protective effect on this variety was given by pre-sowing treatment of seeds with a 3% solution of BT tank mixture, which stopped the development of *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp. by 100% and *Penicillium* spp. and 53.1% – *Alternaria* spp.; in the structure of the mycete infection of the Enei variety, *Mucor fungi* prevailed (79.3%), against which the use of biofungicides Biogibervit BT, Biogibervit BT + Tank mixture BT (1:2), Vitastim BT + Tank mixture BT (1:2) and Trichodermin BT proved to be the most effective.

The obtained results of laboratory studies are of practical significance, as they showed not only the importance of pre-sowing treatment of seeds with fungicidal biological preparations in order to increase their sowing qualities, but also revealed the most effective in the fight against fungal infection of spring barley seeds, depending on the species composition of their flora.

**Key words:** biological preparations, barley, pre-sowing treatment, seeds, pathogens.

### Вступ

Якість посівного матеріалу – перша ланка у забезпеченні здоров'я рослин і тому методам передпосівної обробки приділяється велика увага. Класичним прийомом оздоровлення насіння вважається використання хімічних протруювачів. Головні недоліки якого – негативний вплив на біоценоз ґрунту, забруднення ґрунту рештками хімічних препаратів, формування нових штамів збудників захворювань, які характеризуються більшою стійкістю та вірулентністю до основних діючих речовин фунгіцидів. Ці проблеми знімаються при застосуванні мікробних препаратів, які здатні обмежувати розвиток патогенів та позитивно впливати на стан рослин. Біопрепаратам не притаманні кумулятивні та канцерогенні дії, оскільки їх основою є мікроорганізми, які виділяються з природних об'єктів. Незважаючи на це, обсяги використання в Україні біологічних препаратів, зокрема біофунгіцидів, незначні (Ткаленко та ін., 2020). Актуальним завданням для науковців і практиків сільського господарства є дослідження ефективності біологічних фунгіцидів проти збудників хвороб зернових культур та впровадження їх у виробництво.

У виробництві зернових культур ячмінь займає друге місце і збільшення його валових зборів завжди буде першочерговим завданням аграріїв, особливо для зони Південного Степу України, яка відома як сприятливий регіон для отримання продукції високої якості. Для його вирощування доцільно використовувати ресурсозберігаючі елементи окремих ланок технології. Одним із таких заходів у організації системи захисту рослин є застосування біопрепаратів різного походження.

Біопрепарати використовуються і для передпосівної обробки зерна. Дослідами Радзиковської та інших (Radzikowska et al., 2020) показано, що обробка насіння сприяє зменшенню навантаження патогенами і тим самим покращує стан рослин на самих ранніх стадіях розвитку. Так Батуро (Batur, 2009) показав, що препарати Біошікол 020 ПК і Біосепт 33 SL зменшили зараження зерна ярого ячменю збудниками *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp. та *Drechslera teres*, проте ефективність Біосепт 33 SL була значно вищою. Обробка насіння біопрепаратами впливала на кількісний склад основних еколого-трофічних груп ґрунту в онтогенезі рослин ячменю ярого сортів Себастьян та Геліос: найменшою чисельністю патогенної мікобіоти характеризувався ґрунт, де використовували Вимпел 2 та суміші мультикомплексних препаратів Вимпел 2 + Оракул – тобто ризосферний ґрунт під посівом рослин ячменю ярого здатний утворювати мікробний комплекс, склад якого залежить від препарату (Beznoško et al., 2022).

При мікробному аналізі поверхні зернівок ячменю ярого (Rubin) після застосування біофунгіциду, що містить *Trichoderma harzianum* (Supresivit S2), було встановлено суттєве зменшення кількості мікотоксинів (Vozenfkova & Moudry, 2000)

Йде постійний пошук та вивчення можливостей нових штамів і видів мікроорганізмів. Так, дослідженнями Кириченко (Kyrychenko, 2014) обґрунтовано створення нового класу лектинобактеріальних композицій на основі фітолектинів і діазотрофних мікроорганізмів, а іншими дослідженнями (Burne et al., 2022) показано ефективність шести ізолятів молочнокислих бактерій,

які пригнічували спороношення *Fusarium culmorum* і штами *Fusarium graminearum* та можуть бути використані в системі захисту ярого ячменю.

Співробітниками відділу промислової мікробіології Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН створено новий препарат фунгіцидно-інсектицидної дії під умовною назвою «Бакова суміш», встановити ефективність якого, поряд з іншими речовинами мікробіологічного походження, проти збудників хвороб ячменю ярого і було основною нашою метою. В представленому матеріалі показані результати першого етапу досліджень, який проходив в лабораторних умовах і мав за мету встановити ефективність біофунгіцидів у стримуванні розвитку інфекцій насіння ячменю ярого. В подальшому планується дослідити ефективність біопрепаратів при різних ступенях штучного зараження насіння ячменю ярого та в умовах польового досліду, де на їх дію і розвиток хвороб на рослинах можуть впливати патогени ґрунту, його поживний режим та погодні умови, що відмічалось науковцями (Korkhova et al., 2022; Skok et al., 2023; Vinyukov & Vyskub, 2024). За висновками He et al. (2021) саме біологічна обробка і є альтернативою стійкості рослин до хвороб, але для забезпечення впровадження цього підходу необхідна комплексна оцінка його переваг з точки зору вимог виробництва, довілля та конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

### Матеріал і методи

Ефективність дії біофунгіцидів вивчали в умовах лабораторного досліду. Використовували насіння двох сортів ячменю ярого: Вакула та Еней (оригіна́тор – ННЦ «Селекційно-генетичний інститут»). *Вакула* – ячмінь звичайний ярий (*Hordeum vulgare* L.), різновидність *pallidum*, відзначається підвищеною адаптивністю до мінливих умов вирощування. Середньостиглий. Колос шестирядний. *Еней* – ячмінь звичайний ярий (*Hordeum vulgare* L.), різновидність *nutans*, посухостійкий, середньостиглий, колос дворядний.

**Біофунгіциди:** *Вітастим БТ* – одержаний в рідкому поживному середовищі при спільному глибинному культивуванні трьох штамів: міцеліального гриба *Trichoderma harzianum* Істокський (Т.н.) та двох штамів бактерій: *Pseudomonas fluorescens* (P.f.2) і *Pseudomonas fluorescens* AP33 (P.f. AP33). Водна суспензія комплексного препарату – це життєздатні мікроорганізми: P.f. 2, P.f. AP33, Т.н., продукти їх метаболізму та

залишки компонентів поживного середовища, не засвоєних продуцентами в процесі біосинтезу Вітастиму.

*БіоГібервіт БТ* – це водна суспензія коричневих відтінків, в якій присутні хламідоспори і вегетуючий міцелій, а також конідії міцеліальних грибів *Trichoderma viride* М-10 (Т.в) та *Trichoderma harzianum* Істокський (Т.н), а також метаболіти вищезазначених мікроорганізмів з залишками компонентів поживного середовища в культуральній рідині.

*Бакова суміш БТ* – комплекс із двох препаратів: препарату бінарної дії (інсекто-фунгіцид), діючим чинником якого є бактерії *Pseudomonas aureofaciens* ум. 111, що продукують біологічно-активні речовини із класу феназин-карбонових кислот та інші токсини з патогенною дією та біоінсектициду з живим діючим чинником – променистим грибом *Streptomyces avermitilis* (S. a.), який відносять до ґрунтових актиноміцетів, що здатний продукувати комплекс природних авермектинів з токсигенною дією.

*Триходермін БТ* – продуцент гриб-антагоніст *Trichoderma viride* (*lignorum*).

*SmartGrow Biodoc* – виготовлено на основі 4-х штамів *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride*-5 маміс, *Trichoderma harzianum*-2 штами, *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas fluorescens*.

Передпосівну обробку насіння проводили обприскуванням 3%-ними розчинами біопрепаратів та їх сумішей. В контрольному варіанті насіння обробляли водою. Повторність в досліді – чотириохкратна.

Варіанти досліду: 1) контроль-на-сіння оброблено водою; 2) Вітастим БТ; 3) БіоГібервіт БТ; 4) Бакова суміш БТ; 5) Вітастим БТ+ Бакова суміш БТ(1:1); 6) Вітастим БТ+ Бакова суміш БТ(1:2); 7) БіоГібервіт БТ+ Бакова суміш БТ(1:1); 8) БіоГібервіт БТ+ Бакова суміш БТ(1:2); 9) Триходермін БТ; 10) SmartGrow Biodoc.

**Методика аналізування схожості насіння.** Якість насіння ячменю ярого досліджували й оцінювали у відповідності до ДСТУ 4138-2002 та ДСТУ 2240-93. Пророщування насіння проводили в ростильнях, де в якості субстрату для «підґрунтя» був зволожений фільтрувальний папір. По 100 насінин вручну розкладали на двох шарах зволоженого паперу. Зверху ростильні накривали скляними пластинами. Ячмінь пророщували в термостаті при температурі 20 °С. Енергія проростання визначалася на четверту добу, схожість – на сьому.

Схожість насіння визначалася кількістю насінин (у відсотках), здатних утворювати нормально розвинуті проростки за оптимальних умов пророщування. У насінні ячменю довжину проростка визначали біометричним методом за тією його частиною, що вийшла за межі квіткової луски. При вимірюванні довжини проростків не враховували аномальні проростки.

**Аналіз зараження насіння хворобами.** Зараженість насіння хворобами – це наявність на поверхні, всередині чи у міжнасінневому просторі життєздатних патогенів, які спричинили або здатні за сприятливих умов викликати ураження насіння, проростків і рослин хворобами з характерними симптомами.

Використовували біологічний метод для виявлення зовнішньої та внутрішньої зараженості насіння ячменю хворобами, який заснований на стимулюванні росту й розвитку патогенних мікроорганізмів під час пророщування насіння у вологій камері. При цьому бактеріальні хвороби виявляли за розм'якшенням і ослизлістю тканин насіння. Грибні хвороби – як плями різної форми і забарвленості, наліт грибниці, пікніди, потворність, деформація, відмирання частин проростків.

З середньої проби ячменю виділяли 4 повторення по 100 насінин. Для пророщування насіння у вологій камері використовували стерильні ростильні, накріті скляною накри-

вкою, на дно яких покладено два шари зволоженого фільтрувального паперу. Насіння розкладали на папері пінцетом на відстані 1–2 см одне від одного. Насіння аналізували на четверту добу від закладання у вологу камеру.

Заражене насіння розглядали під мікроскопом, підраховуючи у кожній пробі загальну кількість зараженого певними хворобами насіння, у тому числі і бактеріальними. За наявності на насінні та проростках одночасно двох і більше хвороб, зараженість кожної насінини обліковували за перевагою з ознак хвороб. Величину зараження насіння хворобою визначали як відношення кількості зараженого насіння до облікової, виражену у відсотках.

**Статистична обробка.** Експериментальні дані обробляли за допомогою прикладних програм математичної статистики Excel 2007 та Statistica 6 методами дисперсійного, кореляційного, регресійного та графічного аналізів.

#### Результати та їх обговорення

Результатом проведення першого етапу лабораторних досліджень стало визначення посівних якостей насіння ячменю ярого урожаю 2023 року. В середньому за сортами енергія проростання суттєво перевищувала контроль при використанні Біогібервіту БТ, сумішей препаратів та SG Biodoc, а схожість – за всіма варіантами передпосівної обробки (табл. 1).

Таблиця 1

Показники якості насіння за сортами ячменю ярого та варіантами передпосівної обробки

Варіант обробки насіння (фактор Б)	Енергія проростання	Схожість	ІІІ	Енергія проростання	Схожість	ІІІ	Енергія проростання	Схожість	ІІІ
	Вакула			Еней			Середнє за фактором Б		
	контроль	88,0	94,5	0,45	82,0	89,0	0,20	85,0	91,8
Вітастим БТ	84,5	99,0	0,97	87,0	97,0	0,56	85,8	98,0	0,77
Біогібервіт БТ	88,0	99,0	0,92	86,0	97,0	0,47	87,0	98,0	0,70
Бакова суміш БТ	89,0	99,5	0,85	82,0	98,0	0,61	85,5	98,8	0,73
В+БС 1:1	88,0	99,0	0,99	88,0	99,3	0,89	88,0	99,1	0,94
В+БС 1:2	88,0	99,0	0,89	86,0	95,0	0,53	87,0	97,0	0,71
БГ+БС 1:1	92,0	99,0	0,55	89,0	97,0	0,41	90,5	98,0	0,48
БГ+БС 1:2	88,0	95,0	0,59	88,0	95,0	0,40	88,0	95,0	0,49
Триходермін	83,0	97,0	0,63	85,5	94,5	0,43	84,3	95,8	0,53
SG Biodoc	91,5	94,5	0,59	87,0	93,0	0,48	89,3	93,8	0,54
НСР0,95	1,0	1,0	-	1,0	1,0	-	2,0	1,6	-

Примітка: ІІІ – індекс проростання; В+БС 1:1 – Вітастим БТ+ Бакова суміш БТ(1:1); В+БС 1:2 – Вітастим БТ+ Бакова суміш БТ(1:2); БГ+БС 1:1 – Біогібервіт БТ+ Бакова суміш БТ(1:1); БГ+БС 1:2 – Біогібервіт БТ+ Бакова суміш БТ(1:2); SG Biodoc – SmartGrow Biodoc.

У розрізі сортів, більш інформативним є показник індексу проростання, який на контролі був на рівні 0,45 (Вакула) та 0,20 (Еней), а за дослідними варіантами коливався в інтервалі 0,55–0,97 для сорту Вакула та 0,40–0,89 для сорту Еней.

Схожі результати з впливу біофунгіцидів на посівні якості насіння отримані й іншими авторами. У разі обробки насіння ячменю ярого біопрепаратами Екстрасол та Флавобактерин енергія проростання і схожість перевищували контрольний варіант на 2,4–3,9% та 3,7–8,2% (Тоуметов & Maryina-Chermnykh, 2020).

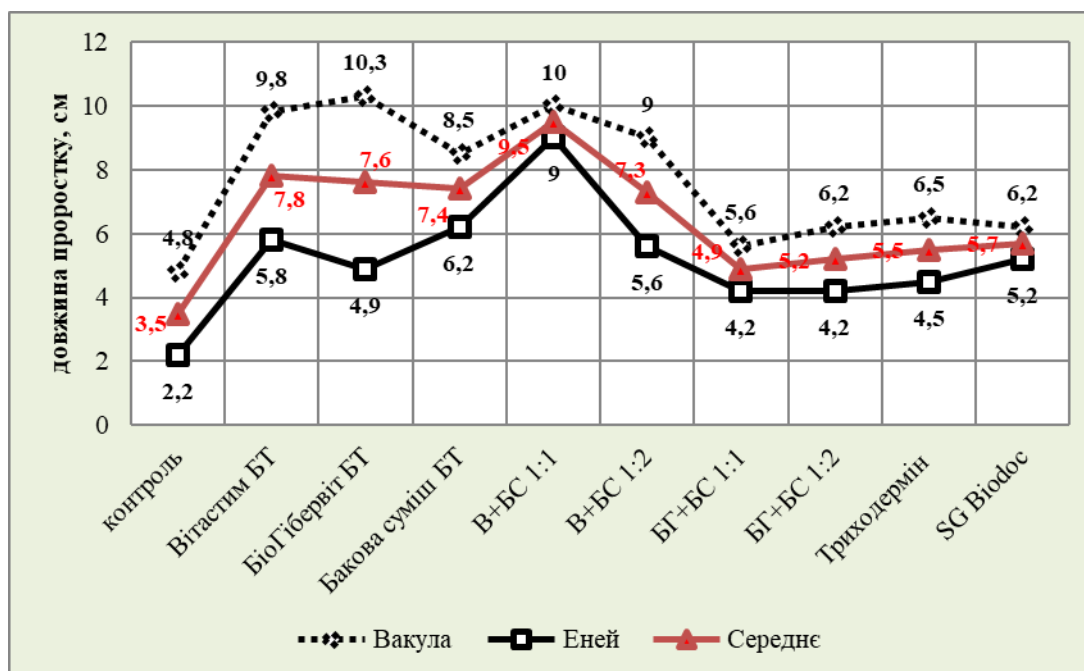
Результати біометричних вимірювань свідчать про наявність і ріст регулюючих властивостей біофунгіцидів. Так, максимальну висоту проростків сорту Вакула спостерігали при на двох варіантах: Біогібервіт БТ (10,3 см) та Вітастим + Бакова суміш 1:1 (10,0 см); на сорті Еней – Вітастим + Бакова суміш 1:1 (9,0 см) (рис. 1).

На інших варіантах обробки висота проростків була суттєво більша за контроль на 0,8–4,2 см (Вакула) та 2,0–4,0 см (Еней) при  $HCP_{AB} = 0,5$  см, а в середньому за сортами – достовірний приріст висоти проростків забезпечили препарати Вітастим БТ (+ 4,3 см), Біогібервіт БТ (+4,1 см), Бакова суміш БТ (+3,9 см) та Вітастим + Бакова суміш (+ 6,0см і + 3,8см) при  $HCP_B = 2,1$  см.

У середньому за сортами на варіантах використання Вітастиму БТ та Біогібервіту БТ висота проростків перевищувала контроль у 2,2 рази, а Вітастим БТ у композиції з Баковою сумішшю сприяв збільшенню висоти проростків у 2,1–2,8 рази, що залежало від об'ємної частки другого компонента. Отже, на початкових етапах розвитку рослин ячменю ярого біофунгіциди виявили стимулюючий ефект.

Спостереження в умовах лабораторного дослідження показали, що насіння ячменю обох сортів були носієм комплексу збудників грибної етіології, які могли проявитися на рослинах при оптимальних умовах для росту патогенів. Сумарна інфікованість насіння сорту Вакула складала 30,5%, з яких 52,5% – *Alternaria spp.*, 34,4% – *Bipolaris. sorokiniana*, 8,2% – *Fusarium spp.* та 4,9% – *Penicillium spp.* Передпосівна обробка насіння цього сорту 3% розчином Бакової суміші БТ повністю припинило розвиток *Bipolaris.sorokiniana*, *Fusarium spp.* та *Penicillium spp.* і на 53,1% – *Alternaria spp.* (табл. 2).

Практично аналогічним чином подіяла і композиція цього препарату з Біогібервітом БТ (1:1), а використання Біогібервіту БТ однокомпонентно зняло інфікованість *Bipolaris.sorokiniana* на 100%, *Fusarium spp.* та *Alternaria spp.* на 80%, а *Penicillium spp.* – на 66,7%. Загальна фун-



$HCP_{AB} = 0,5$  см;  $HCP_B = 2,1$  см

Рис. 1. Висота проростків за варіантами передпосівної обробки насіння

Таблиця 2

Фітосанітарний стан насіння ячменю ярого за варіантами біофунгіцидів

Варіант	Mucor	Bipolaris. sorokiniana	Fusarium spp.	Alternaria spp.	Penicillium spp.	Σ зараженість	Bipolaris. sorokiniana	Fusarium spp.	Alternaria spp.	Penicillium spp.
	Фактична наявність патогену, %						Зміни інфекційності (мінус % до контролю)			
<b>Вакула</b>										
контроль	0	10,5	2,5	16,0	1,5	30,5	-	-	-	-
Вітастим БТ	0	3,5	0,5	2,0	0,5	6,5	66,7	80,0	87,5	66,7
Біогібервіт БТ	0	0	0,5	3,0	0,5	4,0	100,0	80,0	81,2	66,7
Бакова суміш БТ	0	0	0	7,5	0	7,5	100,0	100,0	53,1	100,0
В+БС 1:1	0	4,0	1,0	10,0	0,8	15,8	61,9	60,0	37,5	46,7
В+БС 1:2	0	4,0	1,0	10,0	0,8	15,8	61,9	60,0	37,5	46,7
БГ+БС 1:1	0	0	0	10,0	0	10,0	100,0	100,0	37,5	100,0
БГ+БС 1:2	0	4,5	0,5	7,0	0	12,0	57,1	80,0	56,2	100,0
Триходермін БТ	0	6,0	1,5	14,0	0	21,5	42,9	40,0	12,5	100,0
SG Biodoc	0	0	0,5	4,5	0,7	5,7	100,0	80,0	71,9	53,4
<b>Еней</b>										
контроль	70	4,5	2,5	9,3	2,0	88,3	-	-	-	-
Вітастим БТ	40	0,5	0,5	0	1,5	42,5	88,9	80,0	100	25,0
Біогібервіт БТ	0	0	0	3,5	0,5	4,0	100,0	100,0	62,4	75,0
Бакова суміш БТ	20	0	0,5	2,5	0	23,0	100,0	80,0	73,1	100
В+БС 1:1	20	2,0	0,8	5,0	1,2	29,0	55,6	68,0	46,2	40,0
В+БС 1:2	0	1,0	0	0	1,2	2,2	77,8	100,0	100	40,0
БГ+БС 1:1	20	0	0	0,5	0	20,5	100,0	100,0	94,6	100
БГ+БС 1:2	0	2,1	0	1,0	0,2	3,3	53,4	100,0	89,2	90,0
Триходермін БТ	0	3,0	0,5	6,0	0,5	10,0	33,3	80,0	35,5	75,0
SG Biodoc	25	0	0	2,0	0,5	27,5	100,0	100,0	78,5	75,0
НСР <sub>AB</sub>	2,6	0,6	0,6	1,0	0,5	-	-	-	-	-

гіцидна активність біопрепаратів Вітастим БТ, Біогібервіт БТ, Бакова суміш БТ та SG Biodoc коливалася в діапазоні 75,4–86,9%. Найменший захисний ефект відзначили на варіанті Триходермін БТ (29,5%); композиції біофунгіцидів стримували розвиток патогенів в інтервалі 48,2–67,2 (рис. 2). Але при цьому Триходермін БТ і об'єднана дія Біогібервіту з Баковою сумішшю на 100% інгібувала розвиток *Penicillium spp.* (див. табл. 2).

Інфікованість насіння ячменю ярого сорту Еней складала 88,3%, з яких 79,3% припадало на гриби *Mucor*, 10,5% – *Alternaria spp.*, 5,1% – *Bipolaris. sorokiniana*, 2,8% – *Fusarium spp.* та 2,3% – *Penicillium spp.* Біопрепарати в різній мірі стримували мікоцетну інфекцію, яку спричиняв *Mucor*,

від 42,9% (Вітастим БТ), 64,3% SG Biodoc та інші – на 71,5–100,0% (рис. 3).

Максимальний захисний ефект (95,5–97,5%) отримано при обробці насіння сорту Еней препаратом Біогібервіт БТ і при спільному використанні Біогібервіту БТ та Вітастиму БТ з Баковою сумішшю у співвідношенні 1:2. Однокомпонентні обробки препаратами Вітастиму БТ, Біогібервіт БТ, Бакова суміш БТ та SG Biodoc проявили високу ефективність на рівні 80–100% щодо *Bipolaris. sorokiniana* та *Fusarium spp.* Інфікованість насіння сорту Еней *Alternaria spp.* на 90–100% стримували Вітастим БТ, Вітастим + Бакова суміш (1:1) та Біогібервіт + Бакова суміш (1:1, 1:2), а розвиток *Penicillium spp.* – Бакова суміш та його композиція з Біогібервітом (див. табл. 2).



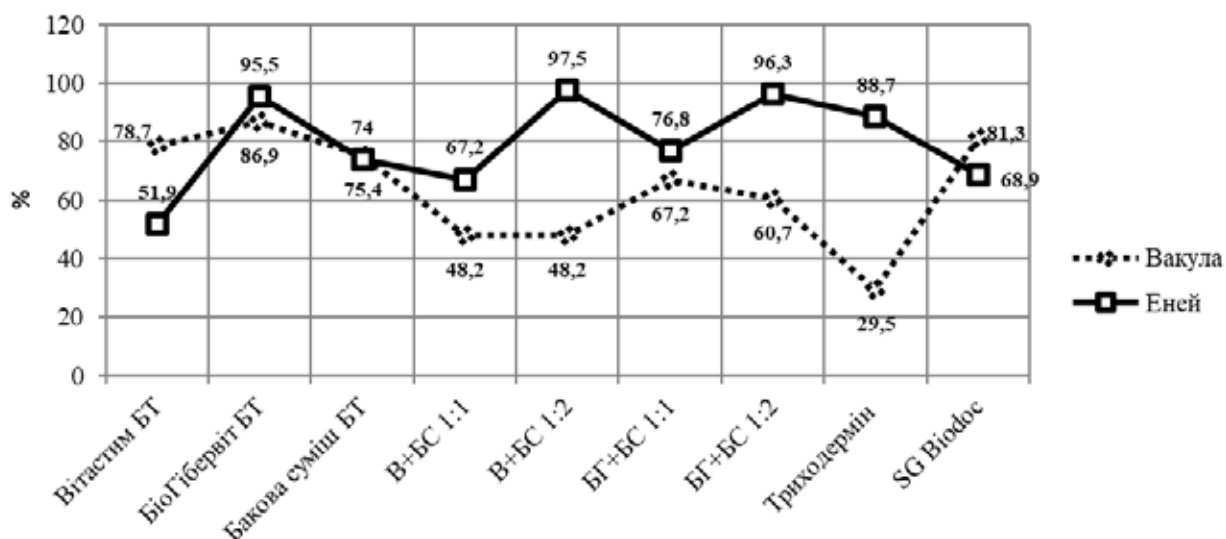


Рис. 2. Загальна фунгіцидна активність біопрепаратів

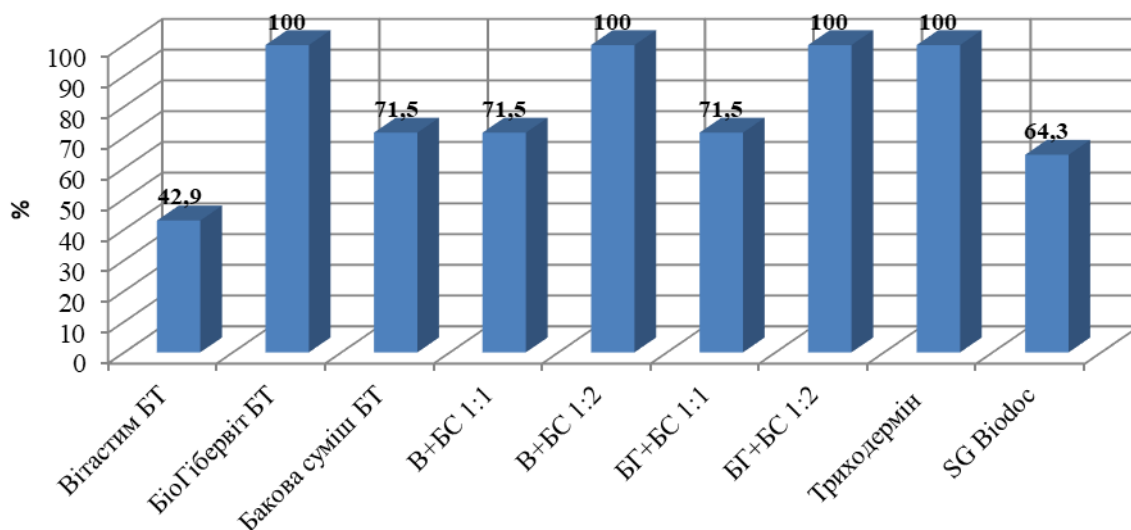


Рис. 3. Ефективність біофунгіцидів відносно інфекції, що спричинена *Mucor*

Результати представлених лабораторних досліджень співпадають з висновками інших авторів щодо видового складу збудників захворювань ячменю ярого. Так Д.Т. Гентош та Р.Б. Степанишина, проводячи мікологічний аналіз уражених рослин ячменю в різні фази розвитку, встановили, що серед патогенів переважну кількість складають представники родів *Fusarium spp.* (51,7%), *Bipolaris. Sorokiniana* (21,2%), *Alternaria spp.* (3,2%) (Гентош і Степанишина, 2022).

Перевагу грибних патогенів відзначали при дослідженні структури зараженості насіння інших сільськогосподарських культур. Прикладом, Г.Д. Поспелова із співавторами при вивченні впливу біопрепаратів на

фітосанітарний стан насіння сої показали, що відсоток насіння ураженого грибами складав 85,8% (від загальної кількості ураженого), серед яких визначено *Alternaria spp.* 17,1%, *Fusarium spp.* 2,2%, *Mucor sp.* 5,5% (Поспелова та ін., 2018). В їх же дослідках Триходермін зменшив прояв інфекції грибної етіології на 56,6%, а в модельно-вегетативному досліді А.В. Гетьман (Гетьман, 2024) – знизив поширення патогенів у 1,7–2,6 рази, у представлених результатах – на 29,5% (с. Вакула) та 88,7% (с. Еней).

#### Висновки

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

– на початкових етапах розвитку рослин ячменю ярого біофунгіциди виявили



стимулюючий ефект: максимальне підвищення висоти проростків у 2,1–2,8 рази спостерігали при використанні 3% розчинів Біогібервіту БТ, Вітастиму БТ та композицій останнього з Баковою сумішшю БТ у співвідношенні 1:1 та 1:2;

– обробка насіння перед посівом препаратами з біофунгіцидною активністю позитивно впливає на його якість: лабораторна схожість підвищується на 2,2...8,0%;

– біопрепарати сприяли підвищенню стійкості насіння до ураження фітопатогенних мікроорганізмів, знижуючи розвиток грибної інфекції на 51,9–78,7% (Вітастим БТ), 68,9–81,3% (SG Biodoc), 74,0–75,4% (Бакова суміш БТ) та 86,9–95,5% (Біогібервіт БТ);

– за інфікованості насіння сорту Вакула 30,5%, 52,5% припадало на *Alternaria spp.*, 34,4% – *Bipolaris. sorokiniana*, 8,2% – *Fusarium spp.* та 4,9% – *Penicillium spp.*; найвищий захисний ефект на цьому сорті дала передпосівна обробка насіння 3% розчином Бакової суміші БТ, що на 100% припинило

розвиток *Bipolaris.sorokiniana*, *Fusarium spp.* та *Penicillium spp.* і на 53,1% – *Alternaria spp.*;

– в структурі мікоцетної інфекції сорту Еней переважали гриби *Mucor* (79.3%), проти яких найбільш ефективним виявилось використання біофунгіцидів Біогібервіт БТ, Біогібервіт БТ + Бакова суміш БТ (1:2), Вітастим БТ + Бакова суміш БТ (1:2) та Триходермін БТ.

Отримані результати лабораторних досліджень мають практичну значимість, оскільки показали не тільки важливість передпосівного обробітку насіння біопрепаратами фунгіцидної дії з метою підвищення їх посівних якостей, але й виявили найбільш ефективні в боротьбі проти грибної інфекції насіння ячменю ярого, причому в залежності від видового складу їх флори.

Перспективи подальших досліджень: дослідити ефективність біопрепаратів в умовах польового досліду та модельних при різних ступенях штучного зараження насіння ячменю ярого.

### Список використаної літератури

Гентош Г.Д., Степанишина Р.Б. Видовий склад збудників кореневих гнилей ячменю ярого. Збірник тез Міжнародної науково-практичної онлайн конференції, присвяченої 60-річчю спеціальності «Захист і карантин рослин» «Інноваційні технології в захисті рослин за умов глобалізації». Київ, 2022. С. 47–48.

Гетьман Я.В. Вплив хімічних і біологічних протруйників на поширення кореневих гнилей і урожайності ячменю ярого. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія» і «Біологія»*. 2024. Випуск 1 (55). С. 56–62. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.8>.

Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови: ДСТУ 2240-93 [Чинний від 1994-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1994. 73 с.

Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002 [Чинний від 2004-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

Поспелова Г.Д., Бараболя О.В., Морозова О.О. Вплив біологічних препаратів на фітосанітарний стан насіння сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 37–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.05>.

Ткаленко Г.М., Борзих О.І., Ігнат В.В. Сучасний стан застосування засобів захисту рослин в агроценозах України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 12 (813). С. 18–25. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-03>.

Baturo A. Effect of biopreparations on the health of grain of spring barley (*Hordeum Vulgare*) in organic system. *Phytopathologia*. The Polish Phytopathological Society, Poznań, 2009. № 53. 19–30.

Beznosko I., Gorgan T., Mosiychuk I. The number of microorganisms of individual ecological and trophic groups in the rhizosphere soil of spring barley plants, depending on the introduction of biological preparations. *Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences*. 2022. <https://doi.org/10.36074/logos-09.12.2022.18>.

Byrne M.B., Thapa G., Doohan F.M., Burke J.I. Lactic Acid Bacteria as Potential Biocontrol Agents for Fusarium Head Blight Disease of Spring Barley. *Frontiers in Microbiology*. 2022. № 13. 912632. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.912632>.

He D.-C., He M.-H., Amalin D.M., Liu W., Alvindia D.G., Zhan J. Biological control of plants diseases: An Evolutionary and Eco-Economic Consideration. *Pathogens*. 2021. 10. 1311. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101311>.

Korkhova M., Markova N.V., Panfilova A.V. The influence of moistening conditions and seed treatment with biological preparations on the growth and yield of winter wheat variet-

ies. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Ò. Vol. 18. № 3. 201–208. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269001>.

Kyrychenko E.V. Phytolectins and diazotrophs are the polyfunctional components of the complex biological compositions. *Biotechnologia Acta*. 2014. Vol. 7. № 1. P. 40–53. <https://doi.org/10.15407/biotech7.01.040>.

Radzikowska D., Grzanka M., Kowalczewski P.I., Glowicka-Woloszyn R., Blecharczyk A., Nowicki M., Sawinska Z. Influence of SDHI seed treatment on the physiological conditions of spring barley seedlings under drought stress. *Agronomy*. 2020. № 10. 731. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050731>.

Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24 (7). P. 135–144. <https://doi.org/10.12911/22998993/163494>.

Toymetov M.E., Maryina-Chermnykh O.G. Influence of biological drugs on phytosanitary condition of seeds of spring barley. *IOP Conference series Earth and Environmental science*. January 2020. № 421 (2). 022063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/2/022063>.

Vinyukov O., Vyskub R. Application of ecologically safe protection of grain ear crops when growing them in the conditions of the eastern part of the Northern Steppe of Ukraine. In book: *Traditional and innovative Scientific research: domestic and foreign experiment*. 2024. P. 117–144. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-436-8-6>.

Vozenfkova B., Moudry J. Microbial analysis of naked oats and spring barley caryopses. *Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in Ceske Budejovice Series for Crop Sciences*. 2000. № 17 (1). P. 25–29.

## References

Gentosh, G.D., & Stepanyshina, R.B. (2022). Vydovyy sklad zbudnykiv korenykh hnyley yachmenyu yaroho [Species composition of causative agents of spring barley root rot]. Zbirnyk tez Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi onlayn konferentsiyi, prysvyachenoyi 60-richchyu spetsial'nosti "Zakhyst i karantyn roslyn" "Innovatsiyi tekhnolohiyi v zakhysti roslyn za umov hlobalizatsiyi" [Collection of theses of the International scientific and practical online conference dedicated to the 60th anniversary of the specialty "Protection and Quarantine of Plants" "Innovative Technologies in Plant Protection under Globalization"]. Kyiv, 47–48 [in Ukrainian].

Hetman, Ya.V. (2024). Vplyv khimichnykh i biolohichnykh protruynykiv na poshyrennya korenykh hnyley i urozhaynist' yachmenyu yaroho [The effect of chemical and biological protectants on the spread of rots causes and the yield of spring barley]. *Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahronomiya» i «Biolohiya» [Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Agronomy" and "Biology" series]*, 1 (55), 56–62. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.8> [in Ukrainian].

Nasinnya sil'skohospodars'kykh kul'tur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy (1994). [Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities. Technical conditions:]. DSTU 2240-93 [Chynnyy vid 1994-07-01]. Kyiv : Derzhstandart Ukrayiny, 73 p. [in Ukrainian].

Nasinnya sil'skohospodars'kykh kul'tur. Metody vyznachennya yakosti (2003). [Seeds of agricultural crops. Quality determination methods]. DSTU 4138-2002 [Chynnyy vid 2004-01-01]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 173 p. [in Ukrainian].

Pospelova, G.D., Barabolia, O.V., & Morozova, O.O. (2018). Vplyv biolohichnykh preparativ na fitosanitarnyy stan nasinnya soyi [Influence of biological preparations on the phytosanitary state of soybean seeds]. *Visnyk Poltav'skoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]*, 4, 37–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.05> [in Ukrainian].

Tkalenko, H., Borzykh, O., & Ihnat, V. (2020). Suchasnyy stan zastosuvannya zasobiv zakhystu roslyn v ahrotsenozakh Ukrayiny [The current state of application of biological plant protection agents in agrocenosis of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoyi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*, 12 (813), 18–25. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-03> [in Ukrainian].

Baturo, A. (2009). Effect of biopreparations on the health of grain of spring barley (*Hordeum Vulgare*) in organic system. *Phytopathologia*. The Polish Phytopathological Society, Poznań. 53, 19–30 [in English].

Beznosko, I., Gorgan, T., & Mosiychuk, I. (2022). The number of microorganisms of individual ecological and trophic groups in the rhizosphere soil of spring barley plants, depending on the intro-

duction of biological preparations. *Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences-2022*. <https://doi.org/10.36074/logos-09.12.2022.18> [in English].

Byrne, M.B., Thapa, G., Doohan F.M., & Burke, J.I. (2022). Lactic Acid Bacteria as Potential Biocontrol Agents for Fusarium Head Blight Disease of Spring Barley. *Frontiers in Microbiology*, 13, 912632. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.912632> [in English].

He, D.-C., He, M.-H., Amalin, D.M., Liu, W., Alvindia, D.G., & Zhan, J. (2021). Biological control of plants diseases: An Evolutionary and Eco-Economic Consideration. *Pathogens*. 10, 1311. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101311> [in English].

Korkhova, M., Markova, N.V., & Panfilova, A.V. (2022). The influence of moistening conditions and seed treatment with biological preparations on the growth and yield of winter wheat varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*, Vol. 18, 3, 201–208. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269001> [in English].

Kyrychenko, E.V. (2014). Phytolectins and diazotrophs are the polyfunctional components of the complex biological compositions. *Biotechnologia Acta*, 7 (1), 40–53. <https://doi.org/10.15407/biotech7.01.040> [in English].

Radzikowska, D., Grzanka, M., Kowalczewski, P.I., Glowicka-Woloszyn, R., Blecharczyk, A., Nowicki, M., & Sawinska, Z. (2020). Influence of SDHI seed treatment on the physiological conditions of spring barley seedlings under drought stress. *Agronomy*, 10, 731. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050731> [in English].

Skok, S., Breus, D., & Almashova, V. (2023). Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 24 (7), 135–144. <https://doi.org/10.12911/22998993/163494> [in English].

Toymetov, M.E., & Maryina-Chermnykh, O.G. (2020). Influence of biological drugs on phytosanitary condition of seeds of spring barley. *IOP Conference series Earth and Environmental science*. January 2020. 421 (2), 022063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/2/022063> [in English].

Vinyukov, O., & Vyskub, R. (2024). Application of ecologically safe protection of grain ear crops when growing them in the conditions of the eastern part of the Northern Steppe of Ukraine. In book: *Traditional and innovative Scientific research: domestic and foreign experiment*, 117–144. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-436-8-6> [in English].

Vozenflkova, B., & Moudry, J. (2000). Microbial analysis of naked oats and spring barley caryopses. *Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in Ceske Budejovice Series for Crop Sciences*, 17 (1), 25–29 [in English].

Отримано: 25.07.2024

Прийнято: 31.07.2024