УДК 579.64 DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266417

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕПАРАТУ БІОСИСТЕМ POWER, КС (BIOSISTEM POWER, SC) ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ДЕСТРУКЦІЇ ПІСЛЯЖНИВНИХ РЕШТОК

А.А. Бунас, Є.Д. Ткач, В.В. Дворецький, О.М. Дворецька

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: bio-206316@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4806-7004
e-mail: bio_eco@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0666-1956
e-mail: dvchim@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8427-7813
e-mail: phoenixbio@ukr.net; ORCID: 0000-0002-7301-8792

Одним з актуальних питань сьогодення для агровиробників залишається утилізація післяжнивних решток з агроекоситем. Спалювання соломи та стерні вкрай радикальний та нищівний для біогеоценозу спосіб, оскільки під час горіння між соломою та ґрунтовим шаром за рахунок водного пару створюється умови, що температура горіння перевищує 600°С. В результаті таких дій гинуть мікроорганізми, черви, комахи, дрібні хребетні тварини та знищується родючий шар гумусу. Вирішити питання післяжнивних решток допомагають сучасні біологічні препарати, які містять комплекс живих агрономічно-корисних мікроорганізмів. Прискорюючи деструкцію органічних мас у ґрунті вирівнюється співвідношення С:N, надходять органічні речовини в доступній для рослин формі, пригнічується розвиток фітопатогенів, затримується волога та активно йдуть процеси гумусонакопичення. Проведено польові дослідження з визначення ефективності нового біопрепарату БіоСистем POWER КС (BioSistem POWER, SC), який містить активні бактеріальні штами родів Paenabacillus, Azotobacter, Enterobacter та мікроміцети роду Trichoderma. Відбір ґрунтових зразків проводили через 90 діб після оброблення, лабораторні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих мікробіологічних методик. Встановлено, що застосування біопрепарату БіоСистем POWER КС (BioSistem POWER, SC) порівняно з контролем сприяє підвищенню рівня емісії діоксиду вуглецю ґрунту дослідних варіантів у 2 рази, рівня целюлозолітичної активності на 23–34% залежно від норми використання, антифунгальної активності ґрунту у 2,5–3 рази. Отже, біопрепарат БіоСістем POWER КС (BioSistem POWER, SC) у нормі 0,3 та 5 л/га можна рекомендувати агровиробникам для використання в осінньо-весняний період для прискорення розкладання післяжнивних решток.

Ключові слова: *стерня, післяжнивні рештки, целюлозоруйнівна активність, антифунгальна активність, інтенсивність емісії діоксиду вуглецю.*

ВСТУП

В Україні потужний земельно-ресурсний потенціал. На початок 2021 р. сільськогосподарські угіддя становили 17,6 млн га, в т. ч. рілля — 14,83 млн га. [1]. За період 2020–2021 рр. для вирощування сільськогосподарських культур (пшениця, ячмінь, соя, кукурудза, соняшник, ріпак, буряк та ін. культури) використано понад 2,8 млн т мінеральних добрив та органічних — 11,4 млн т [2]. Відповідно до вище вказаних даних у середньому на 1 га ріллі вносили не більше 0,77 т/ га органічних добрив. Однак для підтримання родючості ґрунтів у різних ґрунтово-кліматичних зонах країни необхідно вносити 8–15 т/га органічних добрив. Отже зрозуміло, що сільськогосподарські землі в Україні відчувають значний дефіцит внесених органічних добрив.

З іншого боку, існує проблема «утилізації» післяжнивних решток, бо агровиробники отримують у середньому з 1 га пшеничного поля 5 т соломи, кукурудзяного — приблизно 7,8 т. Хоча відомо, що

© А.А. Бунас, Є.Д. Ткач, В.В. Дворецький, О.М. Дворецька, 2022

1 т рослинної соломи (післяжнивних решток) еквівалентна 3–3,5 т тваринного гною. Окрім того, більшість наукових досліджень цієї проблеми вказують, що під час розкладання у ґрунті соломи можна отримати до 20% гумусу.

На 2022 р. у переліку пестицидів і агрохімікатів України [3] зареєстровано понад 15 різних препаратів, які володіють різним рівнем активності, але дають змогу прискорити розкладання органічного матеріалу в агроекосистемах. Однак вчені мікробіологи-біотехнологи постійно знаходяться в пошуку активних продуцентів для створення біопрепаратів ще з більшим відсотком ефективності порівняно з вже відомими.

Метою дослідження було визначення ефективності застосування нового препарату БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC), що містить активні бактеріальні штами родів *Paenabacillus*, *Azotobacter*, *Enterobacter* і мікроміцети роду *Trichoderma* для прискорення деструкції соломи та післяжнивних решток.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Відомо, що різноманіття та фізіолого-метаболічна активність мікробіоценозу ґрунту визначають показники родючості, впливають на врожайність вирощуваних культур, беруть участь у колообігу вуглецю, азоту, фосфору, сірки, заліза, мікроелементів, ґрунтоутворювальних процесах, першими реагують на зміну погодних та вплив антропогенних чинників.

Біопрепарати створені на основі різних груп мікроорганізмів володіють комплексною і чітко спрямованою дією. Наприклад, азотофіксація та ріст стимуляція; фунгіцидна дія в поєднанні з рістстимуляцією та захистом рослин; підвищення імунного статусу рослин і захист; накопичення поживних речовин, фунгіцидна дія та деструкція речовин; азотофіксація з фосфатмобілізацією [4–8]. Найголовніше, що такі біопрепарати безпечні для людини, тварин, комах. Вченими Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва м. Чернігів [9] доведено, що застосування *Chaetomium globosum* 377 як деструктора пшеничної соломи сприяє зниженню у ризосфері рослин кукурудзи чисельності родів *Fusarium* Link. та *Bipolaris* Shoemaker. Отже, внесення в агроекосистеми *C. globosum* 377 дає можливість підвищити антагоністичний потенціал ризосферного ґрунту кукурудзи та захистити рослини від збудників захворювань. Іншими дослідженнями показано, що застосування мікробіологічних препаратів у поєднанні з системою удобрення NPK+гній+сидерат здатні збільшити баланс гумусу на 0,16 т/га за ротацію сівозміни [10]. В екосистемах Казахстану виділено, унікальний штам прокаріотичної бактерії *Streptomyces* sp. K-541, яка синтезує широкий спектр антибіотичних речовин, а рівень антимікробної активності коливається від 40–50 мм, залежно від фітопатогенного мікроміцету. Вчені вважають, що штам *Streptomyces* sp. K-541 перспективний для створення новітніх комплексних біопрепаратів [11]. Скринінг сірих ґрунтів дав можливість виділити штами *Azotobacter chlorococcum* S1 і *A. vinelandii* S2, які окрім азотофіксації володіють високим рівнем антифунгальної активності до фітопатогенів рослин томату, інколи з 100% рівнем пригнічення розвитку фітопатогену [12]. В періодичних виданнях з'явилась інформація, що за використання комплексних біопрепаратів для деструкції органічних решток спостерігається ефект мікробіологічного вирівнювання ґрунтових умов (МВГУ). Автори [13] дослідження наголошують, що мікробіологічні препарати створюють, а подекуди й індукують нові ефективні мікроорганізмові мережі, які дають можливість зберегти енергетичні ресурси та поживні речовини, розподіливши їх рівномірно в ґрунті.

Отже, з вище викладеного випливає, що деструкція органічного матеріалу за використання комплексних біопрепаратів сприяє накопиченню у ґрунті гумусних та пожнивних речовин, стабілізує колообіг азоту та вуглецю, відновлює енергетичні ланцюги в екосистемах та збільшує їх стій-

кість до впливу екзогенних чинників, покращує продуктивність і якість урожаю.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились на Сквирській дослідній станції органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування НААН, м. Сквира.

Ґрунти на дослідному полі Сквирської станції органічного виробництва — чорноземи глибокі малогумусні, середньосуглинкового складу на карбонових породах та на лесі, pH (сол.) орного шару –6,62.

Схема дослідження передбачала такі варіанти:

1. Контроль (оброблення стерні водопровідною водою);
2. БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC) — 0,3 л/га;
3. БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC) — 5,0 л/га.

Розмір ділянок — 4,2 × 5,8 м із систематичним розміщенням та трьохкратною повторюваністю. Для нанесення біопрепарату застосовували обприскувач Pilmet P2-1018. Робочий розчин біопрепарату з розрахунку 300 л/га готували з додаванням селітри аміачної у кількості 10 кг/га N_2. Обробленя препаратом стерні та органічних решток після збирання врожаю пшениці озимої проводили перед дискуванням. Глибина заробляння решток на глибину не більше 15 см. Відбір ґрунтових зразків для подальших лабораторних досліджень проводили через 90 діб після оброблення стерні та післяжнивних решток пшениці озимої.

Целюлозолітичну активність ґрунту визначали модифікованим методом Крістенсена за зменшенням маси фільтрувального паперу (целюлози) на ґрунтовій пластинці. Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю з ґрунту визначали абсорбційним методом Штатнова за кількістю вуглекислого газу, який утворився у процесі «дихання» ґрунту і поглинання розчином NaOH [14]. Антифунгальну активність ґрунту визначали вимірюючи зону пригнічення росту тест-культури фітопатогенного гриба *Fusarium* Link., методом паперових дисків [15]. Статистичне оброблення експериментальних даних виконано в програмі Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Ефективність застосування препарату БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC) для прискорення деструкції стерні встановлювали за показниками біологічної активності ґрунту. А саме за інтенсивністю емісії діоксиду вуглецю, целюлозоруйнівною і антифунгальною активностями.

Одним з основних і загальноприйнятих показників біологічної активності ґрунту є «дихання», що зумовлюється комплексом чинників і відображає активність живого компоненту ґрунту. «Дихання» ґрунту або емісія діоксиду вуглецю — важливий біогеоценотичний процес, при якому в ґрунт із атмосфери потрапляє кисень і в результаті складного окислювального розпаду органічних речовин виділяється CO_2, котрий, своєю чергою, є важливим джерелом постачання вуглецю рослинам. Зіставлення кількості розкладеної органічної речовини і виділеної CO_2 свідчить про наявність прямої залежності між цими величинами.

Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю (*рис. 1*) за застосування біологічного препарату БіоСистем POWER у досліджуваних дозах 0,3 та 5 л/га фіксували на рівні 49,8 і 69,6 мг CO_2/кг ґрунту, відповідно. Контрольний варіант характеризувався низьким рівнем «дихання» ґрунту, а саме 37,1 мг CO_2/кг ґрунту. Отже, внесення БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC) на післяжнивні рештки сприяло підвищенню інтенсивності виділення вуглекислоти в 1,3–1,9 раза порівняно з контрольним варіантом.

Оцінити інтенсивність трансформації органічної речовини у ґрунті та виявити продуктивність ґрунтових мікроорганізмів у цьому процесі дає змогу целюлозолітична активність. Виявлено, що для контрольного варіанта целюлозолітичну активність фіксували на рівні 18% (*рис. 2*).

Такий показник свідчить про слабкий рівень інтенсивності розкладання целю-

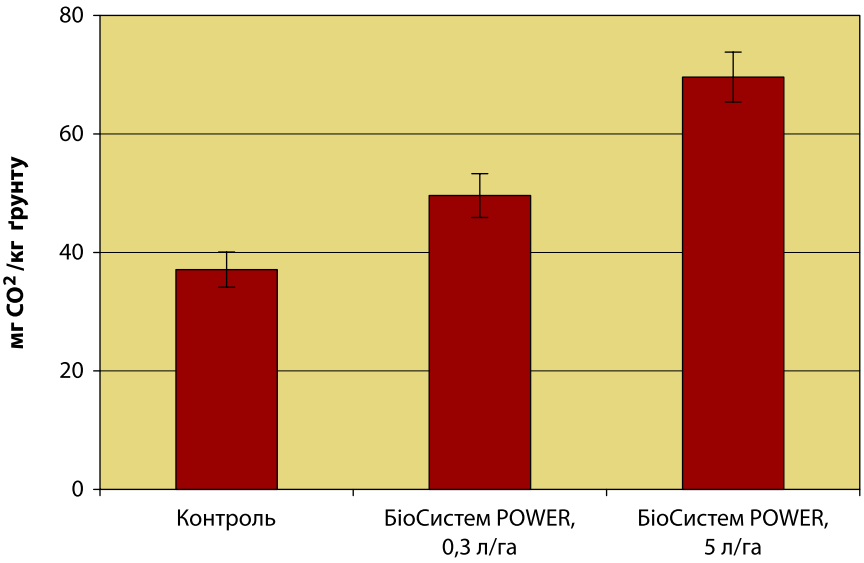

Рис. 1. Емісія діоксиду вуглецю з ґрунту за внесення БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC)

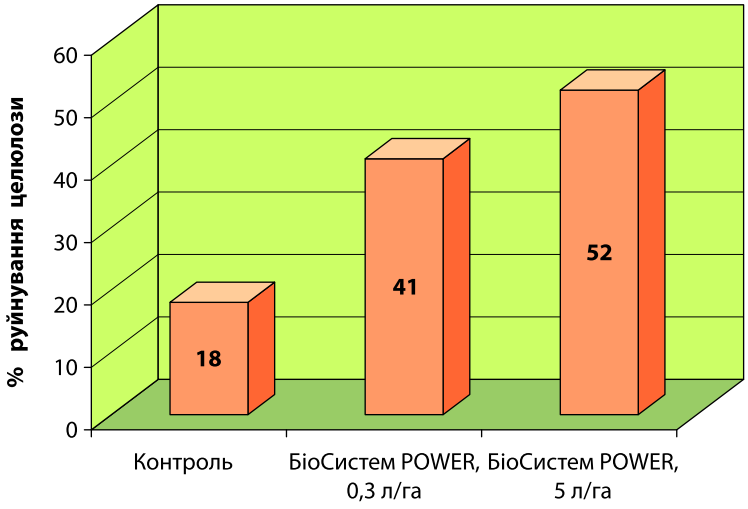

Рис. 2. Целюлозоруйнівна активність ґрунту за внесення БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC)

лози згідно зі шкалою Звягинцева. Тобто у контрольному варіанті досліду склалися несприятливі умови для протікання процесів розкладання органічних решток. Процес деструкції органічного матеріалу в екосистемах здійснюється численною кількістю мікроорганізмів. Провідна роль належить у цьому процесі міксоміцетам, у т. ч. і фіто-

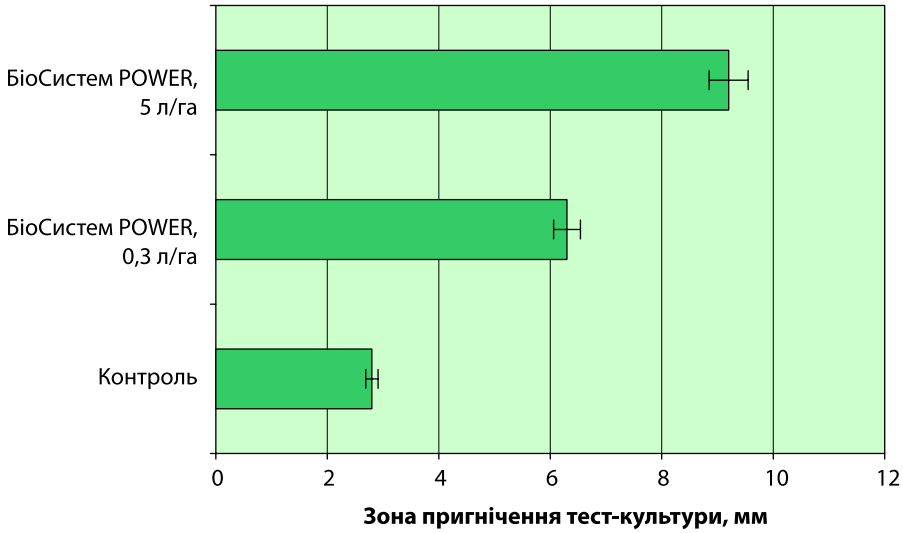

Рис. 3. Антифунгальна активність ґрунту за застосування препарату БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC)

патогенним, які володіють ферментативними системами, що дають можливість розщеплювати целюлозні полімери. Останні накопичуються у рослинному матеріалі, який потрапляє у ґрунтовий покрив після вегетації культурних рослин. У результаті створюються оптимальні умови для існування, розмноження, перезимівлі та збереженню фітопатогенів до настання позитивних температур і початку нового вегетаційного періоду. Більшість препаратів, що в своїй основі містять мікроорганізми, володіють антагоністичними властивостями. Таким чином ріст біоагентів, дає змогу в агроценозах знизити ріст і розвиток фітопатогенів за рахунок підвищення фунгістатичного статусу ґрунту. Рівень фунгістатичного статусу ґрунту найкраще характеризує антифунгальна активність ґрунту. Застосування препарату БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC) сприяло збільшенню антифунгальної активності ґрунту відносно контрольного варіанта у 2,3 раза за використання норми 0,3 л/га та в 3,3 раза за використання норми 5,0 л/га (*рис. 3*). Зона пригнічення розвитку тест-культури для досліджуваних варіантів коливалася в межах 6,3–9,2 мм. Рівень антифунгальної активності контрольного варіанта не перевищував 2,8±0,1мм.

ВИСНОВКИ

Застосування препарату БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC) для оброблення стерні та післяжнивних решток пшениці озимої сприяло зростанню загальної біологічної активності ґрунту. Виявлено, що рівень целюлозолітичної активності зростав від 23 до 34%, антифунгальна активність ґрунту збільшилася в 2,5–3 рази, порівняно з контролем. Встановлено, що рівень емісії діоксиду вуглецю ґрунту дослідних варіантів порівняно з контролем зростав в 2 рази, що вказує на достатньо високий рівень перебігу фізіолого-метаболічних процесів у мікробіоценозі.

Отже, новий препарат БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC), який містить комплекс агрономічно-корисних мікроорганізмів ефективний у якості деструктора післяжнивних решток. Отримані результати досліджень вказують на його перспективність для агровиробників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державний геокадастр України. URL: https://land.gov.ua/index.php/monitorynh-zemelnykh-vidnosyn/
2. Національна доповідь України 2020 р. URL: https://mepr.gov.ua/files/docs/Zvit/2022.pdf
3. Перелік пестицидів і агрохімікатів України. URL: https://mepr.gov.ua/content.html
4. Sidorova S.G. The antifungal activity of ray fungum against the fusarium wilt causal agent of tomato. *Journal of the Belarusian State University. Biology*. 2019. № 3. P. 21–32. DOI: https://doi.org/10.33581/2521-1722-2019-3-21-32.
5. Smirnova I.E. and Sadanov A.K. Cellulolytic bacteria and association of effective microorganisms for biocontrol of root rot infections in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Agricultural Biology*. 2019. Vol. 54. № 5. P. 1041–1051. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.1041eng
6. Пищик В.Н., Бойцова Л.В., Воробьев Н.И. Влияние гуминовых веществ на растения и ризосферные микроорганизмы в растительно-микробных системах. *Агрохимия*. 2019. № 3. С. 85–95. DOI: 10.1134/S0002188119030116
7. Демидов О.А., Дем'янюк О.С., Шерстобоєва О.В. Біологічна активність чорнозему типового залежно від виду органічного субстрату органомінеральної системи удобрення. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 2 (56). С. 17–25.
8. Jaybhaye M.M. and Bhalerao S.A. Role of bioinoculants in the biodegradation of lingo-cellulosic waste (bagasse). *Asian Journal of Science and Technology*. 2016. № 4. P. 2830–2833.
9. Копилов Є.П., Скуловатов А.В. Мікоценоз кореневої зони рослин кукурудзи за використання *Chaetomium globosum* як деструктора соломи. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2017. Вип. 25. С. 31–35.
10. Потапенко Л.В., Скачок Л.М., Горбаченко Н.І. Вплив тривалого застосування добрив та мікробних препаратів на баланс гумусу в дерново-підзолистому ґрунті. *Актуальні питання сільськогосподарської мікробіології*. 2019. С. 151–154.
11. Треножникова Л.П., Балгимбаева А.С., Ултанбеклова Г.Д., Галимбаева Р.Ш. Антифунгальная активность против патогенов зерновых культур и изучение антибиотика штамма *Streptomyces* sp. K-541, выделенного из экспериментальных экосистем Казахстана. *Сельскохозяйственная микробиология*. 2018. Т. 53. № 1. С. 96–102. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.96rus
12. Zakiryaeva S. Antifungal activity of the genus azotobacter against phytopathogenic fungi. *Universum: Химия и биология*. 2021. № 1 (79). С. 11–13.
13. Свиридова О.В., Воробьев Н.А., Проворов Н.А., Орлова О.В. Выравнивание почвенных условий для развития растений при деструкции растительных остатков микробными препаратами. *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 5. С. 664–672. DOI:10.15389/agrobiology.2016.5.664rus
14. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: моногр. / за ред. В.В. Волкогон. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
15. Шерстобоєва О.В., Чайковська В.В., Чабанюк Я.В., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф. Спосіб визначення антимікробної активності ґрунту: Патент 26942 Україна; від 10.10.2007.

REFERENCES

1. Derzhavnyj geokadastr Ukrayiny [State Geocadastre of Ukraine]. (nd.). URL: https://land.gov.ua/index.php/monitorynh-zemelnykh-vidnosyn/ [in Ukrainian].
2. Nacionalna dopovid Ukrayiny 2020 r. [National report of Ukraine 2020]. (2022). URL: https://mepr.gov.ua/files/docs/Zvit/2022.pdf [in Ukrainian].
3. Perelik pestycydiv i agroximikativ Ukrayiny [List of pesticides and agrochemicals of Ukraine]. (nd.). URL: https://mepr.gov.ua/content.html [in Ukrainian].
4. Sidorova, S.G. (2019). The antifungal activity of ray fungum against the fusarium wilt causal agent of tomato. *Journal of the Belarusian State University. Biology, 3*, 21–32. DOI: https://doi.org/10.33581/2521-1722-2019-3-21-32 [in English].
5. Smirnova, I.E. & Sadanov, A.K. (2019). Cellulolytic bacteria and association of effective microorganisms for biocontrol of root rot infections in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Selskokhozyaistvennaya biologiya — Agricultural Biology, 54, 5*, 1041–1051. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.1041eng [in English].
6. Pishhik, V.N., Bojcova, L.V. & Vorobev, N.I. (2019). Vlijanie guminovyh veshhestv na rastenija i rizosfernye mikroorganizmy v rastitelno-mikrobnyh sistemah [Influence of humic substances on plants and rhizospheric microorganisms in plant-microbial systems]. *Agrochemistry, 3*, 85–95. DOI: 10.1134/S0002188119030116 [in Russian].
7. Demydov, O.A., Demyanyuk, O.S. & Sherstoboyeva, O.V. (2016). Biologichna aktyvnist chornozemu typovogo zalezhno vid vydu organichnogo substratu organo-mineralnoyi systemy udobrennya [Biological activity of typical chernozem depending on the type of organic substrate of the organo-mineral fertilizer system]. *Visnyk Zhytomyrskogo nacionalnogo agroekologichnogo universytetu — Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University, 2 (56)*, 17–25 [in Ukrainian].
8. Jaybhaye, M.M. & Bhalerao, S.A. (2016). Role of bioinoculants in the biodegradation of lingo-cellulosic waste (bagasse). *Asian Journal of Science and Technology, 4*, 2830–2833 [in English].
9. Kopylov, Ye.P. & Skulovatov, A.V. (2017). Mikocenoz korenevoyi zony roslyn kukurudzy za vyko-

rystannya Chaetomium globosum yak destruktora solomy [Mycocenosis of the root zone of corn plants using Chaetomium globosum as a straw destroyer]. *Silskogospodarska mikrobiologiya — Agricultural Biology, 25*, 31–35 [in Ukrainian].
10. Potapenko, L.V., Skachok, L.M. & Gorbachenko, N.I. (2019). Vplyv tryvalogo zastosuvannya dobryv ta mikrobnyx preparativ na balans gumusu v dernovo-pidzolystomu grunti [The effect of long-term use of fertilizers and microbial preparations on the balance of humus in sod-podzolic soil]. *Aktual'ni pytannya sil's'kohospodars'koyi mikrobiolohiyi — Actual issues of agricultural microbiology*. P. 151–154 [in Ukrainian].
11. Trenozhnikova, L.P., Balgimbaeva, A.S., Ultanbeklova, G.D. & Galimbaeva, R.Sh. (2018). Antifungalnaja aktivnost protiv patogenov zernovyh kultur i izuchenie antibiotika shtamma *Streptomyces* sp. K-541, vydelennogo iz jeksperimentalnyh jekosistem Kazakstana [Antifungal activity against pathogens of grain crops and the study of antibiotic strain *Streptomyces* sp. K-541 isolated from the experimental ecosystems of Kazakhstan]. *Selskohozjajstvennjaaja mikrobiologija — Agricultural Biology, 53 (1)*, 96–102. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.96rus [in Russian].
12. Zakiryaeva, S. (2021). Antifungal activity of the genus azotobacter against phytopathogenic fungi. *Universum: Chemical and Biology, 1 (79)*, 11–13 [in English].
13. Sviridova, O.V., Vorobev, N.A., Provorov, N.A. & Orlova, O.V. (2016). Vyravnivanie pochvennyh uslovij dlja razvitija rastenij pri destrukcii rastitelnyh ostatkov mikrobnymi preparatami [Alignment of soil conditions for the development of plants during the destruction of plant residues by microbial preparations]. *Selskohozjajstvennaja biologija — Agricultural Biology, 51 (5)*, 664–672. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.664rus [in Russian].
14. Volkogon, V.V. (Ed.) (2010). *Eksperymental'na gruntova mikrobiolohiya: monohrafiya [Experimental soil microbiology: monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
15. Sherstoboyeva, O.V., Chajkovska, V.V., Chabanyuk, Ya.V., Iutynska, G.O. & Antypchuk, A.F. (2007). Sposib vyznachennya antymikrobnoyi aktyvnosti gruntu: Patent 26942 Ukrayina [The method of determining the antimicrobial activity of the soil: Patent 26942 Ukraine]. *vid 10.10.2007* [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 30.07.2022