УДК 579.64

DOI: 10.33730/2310-4678.4.2024.319386

МІКРОБІОЦЕНОЗ ҐРУНТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ДІЇ БІОДЕСТРУКТОРІВ

І.П. Мовчан
аспірант
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: igor.movchan.agro@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0002-0647-6133

Є.Д. Ткач
доктор біологічних наук, старший дослідник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: bio_eco@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0666-1956

А.А. Бунас
кандидат біологічних наук, старший дослідник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: bio-206316@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4806-7004

В.В. Дворецький
аспірант
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: dvchim@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8427-7813

Ефективність рослинництва значною мірою залежить від сортів і гібридів агрокультур, технологічних прийомів та засобів захисту рослин. Проте базовою складовою будь-якої агроекосистеми, яка визначає не лише кількість і якість урожаю, а й загалом здатність онтогенезу рослин, залишається ґрунт із його властивостями. Систематичне та нераціональне використання ґрунту спричиняє його деградацію та безповоротні втрати органічної речовини. Необмеженим джерелом вуглецю для агроекосистем є солома та органічні післяжнивні рештки агрокультур. Проте цикл конверсії останніх за рахунок аборигенних мікроорганізмів ґрунту є повільним і подекуди неефективним через активізацію патогенної ланки мікробіоценозу з подальшим накопиченням їх у ґрунті. Екологічно доцільним заходом для деструкції соломи та післяжнивних решток є внесення біопрепаратів із целюлозолітичними властивостями. Метою нашого дослідження було виявлення впливу бактеріального та грибного деструкторів і їх комбінації на мікробіоценоз ґрунту агроценозу, де зароблювали органічні рештки кукурудзи. Дослідження проводили загальноприйнятими мікробіологічними методами. В умовах тимчасового досліду встановлено, що застосування біопрепаратів Polymix, MicoCell та їх комбінації позитивно впливає на стан і функціонування мікробіоценозу. Обробка соломи та органічних решток кукурудзи деструкторами з подальшим дискуванням сприяла збільшенню целюлозоруйнівної активності досліджуваних варіантів у 2,1–3,2 раза порівняно з контролем. Крім того, спостерігали підвищення емісії діоксиду вуглецю в досліджуваних зразках ґрунту у 1,6–2,5 раза та зростання вмісту мікробної біомаси у 1,5–3 рази порівняно з контролем і залежно від варіанту дослідження. Застосування біодеструкторів із різними діючими мікроорганізмами є не лише економічно доцільним заходом для конверсії післяжнивних решток в агроекосистемах, а й екологічно безпечним і агроетехнологічно необхідним для ґрунтотворного процесу.

Ключові слова: *органічні рештки, солома, біопрепарати, мікроорганізми, целюлозоруйнівна активність, біомаса, дихання.*

ВСТУП

Гумус — це органічна складова, яка визначає родючість, функціонування та робить ґрунт життєздатним середовищем для живих організмів. Дослідженнями встановлено, що сільськогосподарські екосистеми України щорічно втрачають понад 20 млн т гумусу, що еквівалентно 0,5–0,7 т гумусу з гектара [1; 2]. Основними чинниками, які зумовлюють такі процеси, є інтенсифікація землеробства, порушення сівозміни, надмірне застосування мінеральних добрив, пестицидів, агрохімікатів, радіоактивне забруднення, вивітрювання, засолення, евтрофікація водойм та багато іншого.

Особливістю ґрунту, незалежно від типу чи фізико-хімічного складу, є замкнутість біо-

геохімічних циклів більшості елементів, що створює умови для одночасного перебігу різноспрямованих хімічних і мікробіологічних процесів [3]. Саме мікроорганізми є тим ключовим рушієм у перетворенні всього живого на планеті та колообігу речовин та енергії. В агроекосистемах України щорічно сільське господарство лишає близько 50 млн т соломи, післяжнивних чи органічних решток. З 1 га агроценозу пшениці лишається 5–7 т соломи, кукурудзи — 12,5 т, соняшника — до 6 т; за вмістом органічної речовини 1 т соломи еквівалентна 3,5–4 т гною. За рік ґрунтові мікроорганізми здатні накопичити в ґрунті агроекосистем від 5 до 7 т/га органічної речовини. Зазвичай більше 20–40% соломи в агроекосистемах взагалі не використовується або, найгірше, спалюється, завдаючи незворотних ушкоджень біоті та самому ґрунті.

Вирішити питання конверсії соломи та післяжнивних решток допомагають сучасні біологічні препарати, які містять агрономічно корисні мікроорганізми та продукти їх культивування. У переліку пестицидів і агрохімікатів України на початок 2024 року [4] зареєстровано більше 25 біодеструкторів, які дозволяють прискорити розкладання органічного матеріалу в агроекосистемах і відрізняються за діючим агентом та рівнем активності. Найчастіше із запропонованих біопрепаратів зустрічаються Екостерн, Целюлад Л, Polymix, MicoCell, Вермистим Д, Біонорма Деструктор, Деструктор Стерні (ДЦ), Plantonit Destrutor, БіокомплексБТУ, Біосистемс, Органік Баланс, Лінгогумат, Ризобакт Гуміфікатор та ін.

З огляду на вищевикладене, **метою дослідження** є визначення впливу бактеріального біодеструктора Polymix, грибного MicoCell та їх комбінації на стан мікробіоценозу ґрунту агроценозу, де були внесені післяжнивні рештки кукурудзи.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В українських чорноземах, які становлять 6,7% світових запасів, вміст гумусу на початку XX століття становив від 4 до 6%, а на початку XXI століття цей показник не перевищував 3,2%. Доведено, що заорювання соломи та органічних решток у ґрунт як агротехнічний захід упродовж 7–8 років підвищує вміст гумусу в дерново-підзолистому ґрунті на 0,24%, південному чорноземі — на 0,2% [5–7].

Функції агроекосистеми безпосередньо залежать від біофізичних і біохімічних реакцій на межі поділу "ґрунт — мікроорганізми — рослини". Зміна властивостей одного із цих компонентів викликає порушення рівноваги у всій системі [8]. Беззаперечно, усі процеси перетворення органічних і неорганічних сполук біосфери, родючість, екологічний та фітосанітарний стан ґрунтів залежать від структури та функціонування мікробіоценозу [7; 9].

Водночас ефективним і загальновідомим показником розкладання органічної речовини в ґрунті є біологічна активність ґрунту, яка характеризується емісією діоксиду вуглецю та вмістом мікробної біомаси [7; 9–11]. Власне "дихання" (емісія діоксиду вуглецю) віддзеркалює активність живого компоненту ґрунту та свідчить про швидкість деструкції органічного матеріалу, вміст мікробної біомаси є індикатором екологічного стану ґрунту агроценозу під дією комплексу зовнішніх чинників. Співвідношення мікробного вуглецю до органічного вуглецю у верхньому шарі ґрунту часто коливається від 1% до 3% і залежить від клімату та характеристик ґрунту. Останні дослідження свідчать про те, що мікробна біомаса коливається всередині та між біомами на три порядки величини переважно через наявність вологи та поживних речовин у ґрунті і слабо пов'язана з загальною біомасою рослин. У біомах підвищена доступність органічного С і майже нейтральний pH пов'язані зі збільшенням мікробної біомаси незалежно від кліматичних умов [12]. Мікроорганізми при мінералізації речовини вивільняють азот і вуглець для своїх метаболічних процесів, а саме побудови своєї біомаси. Водночас збільшення чисельності мікроорганізмів та мікробної біомаси в ґрунті сприяє накопиченню біологічно активних речовин і ферментів, які забезпечують перебіг основних ґрунтотворних процесів. Варто зауважити, що співвідношення C:N у пожнивних рештках сільськогосподарських культур різне. Так, у пшениці C:N — 80:1, кукурудзи — 50:1, сої — 30:1. У ґрунті найчастіше співвідношення C:N становить 10–12:1. Встановлено, що солома сільськогосподарських культур найкраще піддається деструкції при співвідношенні C:N 20–25:1 [9; 10].

Застосування біопрепаратів на основі мікроорганізмів різних еколого-трофічних і таксономічних груп із целюлозолітичними властивостями є одним із дієвих та ефективних способів деструкції органічного матеріалу в агроекосистемах з подальшим підвищенням врожайності та якості сільськогосподарських культур [5; 13–15]. Дослідженнями низки вчених показано, що застосування деструкторів на основі бактерій, грибів чи комплексу мікроорганізмів сприяє підвищенню целюлозолітичної активності у 1,5–3 рази залежно від діючих мікроорганізмів, погодних умов та вологозабезпеченості агроекосистем. Використання деструкторів дозволяє знизити фітопатогенний фон

агроценозу за рахунок антогоністичних властивостей агентів біопрепарату, зростає загальна біологічна активність ґрунту [5; 11; 13–16].

Аналіз наукових джерел дає підставу вважати застосування деструкторів в агроекосистемах перспективним і сучасним заходом для конверсії соломи та органічних решток, унаслідок якого покращується фізико-хімічний, мікробіологічний та фітосанітарний стан ґрунту (родючість, щільність, водопроникність, знижується фітотоксичність, вміст гумусу, ферментативна активність ґрунту тощо).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах Південного Лісостепу (Вінницька область) закладено тимчасовий дослід, де визначали вплив бактеріального та грибного деструкторів при обробці стерні та органічних залишків кукурудзи на активність мікробіоценозу. Слід зауважити, що на цих дослідних ділянках ніколи не застосовували біопрепарати-деструктори.

Схема досліду передбачала наступні варіанти:

1. Контроль (обробка стерні водою);
2. Внесення КАС 26;
3. Polymix 1 кг/га + КАС 26;
4. MicoCel 1 кг/га + КАС 26;
5. Polymix 0,5 кг/га + MicoCel 0,5 кг/га + КАС 26.

Площа окремої дослідної ділянки — 100 м^2, повторність — 3-разова. Біодеструктори наносили на органічні рештки кукурудзи, норма робочого розчину — 330 л/га, після внесення проводили дискування на глибину 8 см.

Стан мікробіоценозу ґрунту після застосування біодеструкторів визначали за біологічною (емісією діоксиду вуглецю, вмістом мікробної біомаси) та целюлозоруйнівною активностями. Відбір зразків ґрунту проводили через 60 діб після заробляння соломи.

Вміст біомаси мікроорганізмів у ґрунті визначали регідратаційним методом. Целюлозолітичну активність ґрунту визначали модифікованим методом Крістенсена за зменшенням маси фільтрувального паперу (целюлози) на ґрунтовій пластинці. Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю з ґрунту визначали абсорційним методом Штатнова за кількістю вуглекислого газу, що утворився в процесі "дихання" ґрунту та поглинання розчином NaOH [17]. Статистичне оброблення експериментальних даних виконано в програмі Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Стан мікробіоценозу, сукупність та інтенсивність протікання мікробіологічних процесів у ґрунті наземних екосистем, у тому числі агроценозів, де застосовували біодеструктори, найкраще характеризують біологічна (*табл. 1*) і целюлозоруйнівна активності (*рис. 1*). Виявлено, що вміст мікробної біомаси, інтенсивність емісії діоксиду вуглецю та целюлозоруйнівна активність ґрунту варіантів, де застосовували біодеструктори, були значно вищими за контроль. У контролі інтенсивність "дихання" фіксували на рівні 31,3 мг CO_2/г ґрунту, вміст мікробної біомаси — 127,35 мкг С/г ґрунту, целюлозоруйнівна активність становила 11,5%. Передбачувано, внесення у ґрунт мінерального добрива у вигляді КАС сприяло активізації метаболічних процесів у мікробіоценозі та зростанню біологічної активності ґрунту відповідно. Для цього варіанту ґрунту емісія CO_2 збільшилась у 1,4 раза, вміст мікробної біомаси — у 1,25 раза, целюлозоруйнівна активність становила 15% порівняно з контролем. У варіантах, де використовували бактеріальний біодеструктор Polymix, грибний MicoCell та комбінували Polymix з MicoCell, рівень емісії діоксиду вуглецю був вищим порівняно з контролем у 1,7–2,5 раза, а порівняно з варіантом, де вносили мінеральне добриво, — у 1,2–1,8 раза. Монозастосування біодеструктора Polymix порівняно з контролем сприяло зростанню вмісту мікробної біомаси у 1,5 раза, а целюлозоруйнівної активності — у 2,1 раза.

Таблиця 1

Біологічна активність ґрунту агроценозу після застосування біодеструкторів

Варіант дослідження	Емісія діоксиду вуглецю, мг CO_2/г ґрунту	Вміст мікробної біомаси, мкг С/г ґрунту
Контроль	31,3±2,5	147,35±7,64
КАС 26	44,8±3,1	183,46±13,88
Polymix 1 кг/га + КАС 26	52,4±3	223,29±13,4
MicoCell 1 кг/га +КАС 26	72,8±5,2	261,78±26,18
Polymix 0,5 кг/га + MicoCel 0,5 кг/га + КАС 26	62,6±4,1	269,14±21,53

Джерело: складено на основі власних досліджень.

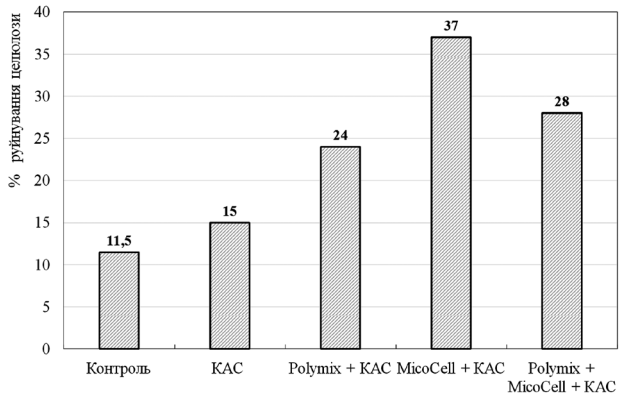

Рис. 1. Целюлозоруйнівна активність ґрунту агроценозу після застосування деструкторів

Джерело: розроблено на основі власних досліджень.

При використанні деструктора MicoCell, де діючим агентом є комплекс мікроміцетів, відмічали найвищий рівень целюлозоруйнівної активності — 37%, що у 3,2 раза вище, ніж на контролі, та у 1,5 раза, ніж при використанні бактеріального деструктору.

Дані целюлозоруйнівної активності варіанту з застосуванням біопрепарату MicoCell корелюють із вмістом мікробної біомаси (261,8 мкг С/г ґрунту), що порівняно з контролем вище у 1,8 раза. Таке збільшення вмісту мікробної біомаси та високий рівень інтенсивності емісії діоксиду вуглецю (у 2,5 раза порівняно з контролем) свідчать про заселення, сприятливі умови існування агентів біодеструкторів і активний процес деструкції органічної речовини, зароблені в ґрунт досліджуваного агроценозу.

При комбінуванні бактеріального (Polymix) та грибного (MicoCell) деструкторів целюлозоруйнівна активність ґрунту становила 28%, що у 2,4 раза більше, ніж на контролі, та у 1,7 раза вище, ніж там, де використовували КАС. Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю зросла у 2 рази, вміст мікробної біомаси збільшився у 1,8 раза. Якщо порівнювати цей варіант комбінування біопрепаратів із моновнесенням КАС, то виявлено, що біологічна активність ґрунту була значно вище: "дихання" — у 1,4 раза (62,6 мг CO_2/г ґрунту), вміст мікробної біомаси — у 1,5 раза (269,14 мкг С/г ґрунту).

Отже, високий рівень біологічної активності ґрунту свідчить про сприятливі умови для існування внесених мікроорганізмів обох біопрепаратів в агроценоз, де попередньо зароблювалися післяжнивні рештки. Окрім того, отримані результати застосування біопрепаратів окремо і в комплексі доводять, що розкладання органічної речовини, внесеної в ґрунт, протікає на високому рівні, оскільки розвиток мікроорганізмів напряму залежить від процесів деструкції та вільного вуглецю в агроекосистемах.

ВИСНОВКИ

Під час проведеного тимчасового досліду доведено, що внесення біодеструкторів, незалежно від діючого біологічного агенту чи їхньої комбінації, сприяє покращенню стану та функціонування мікробіоценозу, а також активізації процесів деструкції органічного матеріалу, внесеного в агроекосистему. Показано, що целюлозоруйнівна активність зростає у 2,1–3,2 раза, інтенсивність емісії діоксиду вуглецю — у 1,6–2,5 раза, вміст мікробної біомаси — у 1,5–3 рази порівняно з контролем та залежно від варіанту дослідження.

Отже, дослідження впливу біодеструкторів на активність мікробіоценозу ґрунту агроценозу, де зароблювалися післяукісні рештки кукурудзи, доводять перспективність застосування як бактеріального (Polymix), так і грибного (MicoCell) деструкторів та їх комбінації для вирішення питання конверсії післяжнивних решток в агроекосистемах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Софійченко В., Дацько Л. Гумус і родючість ґрунтів. *Аграрний тиждень. Україна*. 2024. URL: https://a7d.com.ua/plants/6789-gumus-rodyuchst-runtv.html (дата звернення: 20.11.2024).
2. Писаренко В.М. Органічні добрива: монографія. Полтава, 2022. 156 с.
3. Patyka N., Kaminsky V. Agrobiology of Rhizosphere. *Agricultural Science and Practice*. 2014. V. 1 (3). P. 69–75. DOI: https://doi.org/10.15407/agrisp1.03.069
4. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/ (дата звернення: 20.11.2024).
5. Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Ефективність застосування мікробних препаратів деструкторів на рослинних рештках у процесі їх мінералізації після збирання. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 24–33. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.4
6. Токмакова Л., Трепач А. Мікробіологічна деструкція органічної речовини в агроценозах. *Вісник аграної науки*. 2022. Т. 100. № 2. С. 19–26. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-03
7. Mason-Jones K., Robinson S.L., Veen G.F.C, Manzoni S., van der Putten W.H. Microbial storage and its implications for soil ecology. *ISME J*. 2022. V. 16 (3). P. 617–629. DOI: 10.1038/s41396-021-01110-w.
8. Aqeel M., Ran J., Hu W., Kashif Irshad M., Dong L., Akram M.A., Eldesoky G.E., Aljuwayid A.M., Chuah L.F., Deng J. Plant-soil-microbe interactions in maintaining ecosystem stability and coordinated turnover under changing

environmental conditions. *Chemosphere*. 2023. V. 318. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137924.
9. Корсун С.Г., Болоховська В.А., Болоховський В.В., Хоменко Т.О., Борко Ю.П., Дем'янюк О.С., Костина Т.П. Агроекологічне обґрунтування меліоративних чинників для відновлення ґрунтів, порушених воєнними діями. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 100–112. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663
10. Wu H., Cui H., Fu Ch., Li R., Qi F., Liu Z., Yang G., Xiao K., Qiao M., Unveiling the crucial role of soil microorganisms in carbon cycling: A review. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 909. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168627.
11. Moore J.A.M., Jiang J., Patterson C.M., Mayes M.A., Wang G., Classen A.T. Interactions among roots, mycorrhizas and free-living microbial communities differentially impact soil carbon processes. *Journal of Ecology*. 2015. V. 103. Is. 6. P. 1442–1453. DOI: https://doi.org/10.1111/1365-2745.12484
12. Mora Gomez J., Lin Q., Leroy F., Gogo S., Laggoun F. Role of microorganisms in the carbon cycling of peatlands. *LE STUDIUM Multidisciplinary Journal*. 2020. No. 4. P. 40–49. DOI: https://doi.org/10.34846/le-studium.193.03.fr.09-2020
13. Центило Л.В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику та обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 117–122. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.16
14. Коваленко А.М., Новохижній М.В., Тимошенко Г.З., Сергєєва Ю.О. Особливості застосування деструкторів стерні в умовах степової зони. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 2 (803). С. 44–51. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-07
15. Бунас А.А., Ткач Є.Д., Дворецький В.В., Дворецька О.М. Ефективність застосування препарату Біосистем Power, КС (Biosistem Power, SC) для прискорення деструкції післяжнивних решток. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 3. С. 119–125. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266417
16. Demyanyuk O.S., Sherstoboeva O.V., Bunas A.A., Dmitrenko O.V. Effects of different fertilizer systems and hydrothermal factors on microbial activity in the chernozem in Ukraine. *Biosystems diversity*. 2018. Vol. 26 (4). P. 309–315. DOI: https://doi.org/10.15421/011846
17. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія; В.В. Волкогон та ін. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.

MICROBIOCENOSIS OF CROP SOIL UNDER THE INFLUENCE OF BIODESTRUCTORS

Movchan I.
Postgraduate student
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: igor.movchan.agro@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0002-0647-6133

Tkach Ye.
Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: bio_eco@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0666-1956

Bunas A.
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: bio-206316@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4806-7004

Dvoretskyi V.
Postgraduate student
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: dvchim@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8427-7813

The efficiency of crop production depends heavily on crop varieties and hybrids, technological methods, and plant protection products. However, the basic component of any agro-ecosystem that determines not only the quantity and quality of the crop, but also the ability of plant ontogeny in general, is the soil and its properties. The systematic and irrational use of soil causes its degradation and irreversible loss of organic matter. Straw and organic crop residues are an infinite carbon store for agroecosystems. However, the cycle of conversion of the latter by native soil microorganisms is slow and sometimes ineffective due to the activation of the pathogenic link of the microbiocenosis with their subsequent accumulation in the soil. An ecologically appropriate measure for the destruction of straw and post-harvest residues is the introduction of biological products with cellulosolytic properties. The aim of our study was to determine the effect of bacterial and fungal destructors and their combination on the soil microbiocenosis of the agrocenosis where organic corn residues were produced. The study was conducted using conventional microbiological methods. In a temporary experiment, it was found that the use of biological products Polymix, MicoCell and their combination has a positive effect on the state and functioning of the microbiocenosis. The treatment of straw and organic corn residues with destructors followed by disking contributed to an increase in the cellulosic activity of the studied variants by 2.1–3.2 times compared

to the control. In addition, an increase in carbon dioxide emissions in the soil samples studied by 1.6–2.5 times and an increase in the content of microbial biomass by 1.5–3 times compared to the control and depending on the study variantwere recorded. The use of biodestructors with different active microorganisms is not only an economically feasible measure in solving the issue of the conversion of post-harvest residues in agroecosystems, but also environmentally safe, necessary, and agro-technological for the soil formation process.

Keywords: *organic residues, straw, biological products, microorganisms, cellulose degradation activity, soil, biomass, respiration.*

REFERENCES

1. Sofiichenko, V., & Datsko, L. (2024). Humus i rodiuchist gruntiv [Humus and soil fertility]. *Ahrarnyi tyzhden. Ukraina — Agrarian Weekly. Ukraine*. URL: https://a7d.com.ua/plants/6789-gumus-rodyuchst-runtv.html [in Ukrainian].
2. Pysarenko, V.M. (2022). *Orhanichni dobryva: monohrafiia [Organic fertilizers: monograph].* Poltava [in Ukrainian].
3. Patyka, N., & Kaminsky, V. (2014) Agrobiology of Rhizosphere. *Agricultural Science and Practice, 1 (3)*, 69–75 [in English]. DOI: https://doi.org/10.15407/agrisp1.03.069 [in English].
4. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini 2024 r. [The State Register of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in Ukraine 2024 year]. (n.d.). Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. URL: https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/ [in Ukrainian].
5. Hadzalo, Ya.M., Vozhehova, R.A., & Likar, Ya.O. (2023). Efektyvnist zastosuvannia mikrobnykh preparativ destruktoriv na roslynnykh reshtkakh u protsesi yikh mineralizatsii pislia zbyrannia [Efficiency of application of microbial preparations of destructors on plant residues in the process of their mineralisation after harvesting]. *Ahrarni innovatsii — Agrarian innovations, 19*, 24–33. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.4 [in Ukrainian].
6. Tokmakova, L., & Trepach, A. (2022). Mikrobiolohichna destruktsiia orhanichnoi rechovyny v ahrotsenozakh [Microbiological destruction of organic matter in agrocenoses]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agricultural Science, 100 (2)*, 19–26. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-03 [in Ukrainian].
7. Mason-Jones, K, Robinson, S.L., Veen, G.F.C., & Manzoni, S. (2022). Microbial storage and its implications for soil ecology. *ISME J., 16 (3)*, 617–629. DOI: 10.1038/s41396-021-01110-w. [in English].
8. Aqeel, M., Ran, J., Hu, W. et al. (2023). Plant-soil-microbe interactions in maintaining ecosystem stability and coordinated turnover under changing environmental conditions. *Chemosphere, 318*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137924 [in English].
9. Korsun, S.H., Bolokhovska, V.A., Bolokhovskyi, V.V., & Khomenko, T.O. (2024). Ahroekolohichne obgruntuvannia melioratyvnykh chynnykiv dlia vidnovlennia gruntiv, porushenykh voiennymy diiamy [Agroecological substantiation of reclamation factors for the restoration of soils damaged by military operations]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal, 2*, 100–112. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663 [in Ukrainian].
10. Wu, H., Cui, H., Fu, Ch., & Li, R. (2024). Unveiling the crucial role of soil microorganisms in carbon cycling: A review. *Science of The Total Environment. 909*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168627 [in English].
11. Moore, J.A.M., Jiang, J., Patterson, C.M., & Mayes, M.A. (2015). Interactions among roots, mycorrhizas and free-living microbial communities differentially impact soil carbon processes. *Journal of Ecology, 103 (6)*, 1442–1453. [in English]. DOI: https://doi.org/10.1111/1365-2745.12484 [in English].
12. Mora, Gomez, J., Lin, Q., Leroy, F., & Gogo, S. (2020). Role of microorganisms in the carbon cycling of peatlands. *LE STUDIUM Multidisciplinary Journal, 4*, 40–49. DOI: https://doi.org/10.34846/le-studium.193.03.fr.09-2020 [in English].
13. Tsentylo, L.V. (2019). Biolohichna aktyvnist gruntu za riznykh system udobrennia soniashnyku ta obrobitku gruntu [Biological activity of soil under different systems of sunflower fertilisation and soil tillage]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk — Tavrian Scientific Bulletin, 108*, 117–122. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.16 [in Ukrainian].
14. Kovalenko, A.M., Novokhyzhnii, M.V., Tymoshenko, H.Z., & Serhieieva, Yu.O. (2022). Osoblyvosti zastosuvannia destruktoriv sterni v umovakh stepovoi zony. [Features of the use of stubble destructors in the steppe zone]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agrarian Science, 2 (803)*, 44–51. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-07 [in Ukrainian].
15. Bunas, A.A., Tkach, Ye.D., Dvoretskyi, V.V., & Dvoretska, O.M. (2022). Efektyvnist zastosuvannia preparatu Biosystem Power, KS (Biosistem Power, SC) dlia pryskorennia destruktsii pisliazhnyvnykh reshtok [Efficiency of the use of Biosistem Power, SC to accelerate the destruction of post-harvest residues]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological Journal, 3*, 119–125. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266417 [in Ukrainian].
16. Demyanyuk, O.S., Sherstoboeva, O.V., Bunas, A.A., & Dmitrenko, O.V. (2018). Effects of different fertilizer systems and hydrothermal factors on microbial activity in the chernozem in Ukraine. *Biosystems diversity, 26 (4)*, 309–315. DOI: https://doi.org/10.15421/011846 [in English].
17. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., & Tokmakova, L.V. (Eds). (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia [Experimental soil microbiology].* Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

МОВЧАН Ігор Петрович, аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: igor.movchan.agro@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0002-0647-6133).

ТКАЧ Євгенія Дмитрівна, доктор біологічних наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: bio_eco@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0666-1956).

БУНАС Альона Анатоліївна, кандидат біологічних наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: bio-206316@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4806-7004).

ДВОРЕЦЬКИЙ Володимир Володимирович, аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: dvchim@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8427-7813).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

За два роки повномасштабної війни Росія завдала клімату збитків на 32 мільярди доларів. Такі дані оновленої оцінки Ініціативи з обліку викидів парникових газів від війни, представленої на Міжнародній конференції з питань відновлення України в Берліні. Згідно з дослідженнями, за перший рік війни викиди вуглецю склали 120 мільйонів тонн, а за два роки цей показник збільшився до 175 мільйонів тонн. Це перевищує річні викиди такої високоіндустріальної країни, як Нідерланди, еквівалентно викидам від 90 мільйонів бензинових автомобілів або будівництві 260 вугільних електростанцій потужністю 200 МВт кожного. "*Поки світ прагне скоротити вікиди для запобігання кліматичній кризі, російська агресія спричиняє значне зростання вікив. Понад третина цих забруднень відбувається за межами України, що підтверджує глобальний екологічний вплив війни*", — останній провідний автор звіту **Леннард де Клерк**.