

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНІСТЬ ЯСНО-СІРОГО ЛІСОВОГО ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕЄНОГО ҐРУНТУ

Тетяна ПАРТИКА, кандидат біологічних наук,
Юрій ОЛІФІР, Анна ГАБРИЄЛЬ, Олег ГАВРИШКО,
кандидати сільськогосподарських наук,
Надія КОЗАК, старший науковий співробітник,
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна
e-mail: tetyana.partyka@gmail.com

Критична нестача опадів поряд із вищими середніми температурами у період росту і розвитку ячменю ярого і кукурудзи звичайної значно вплинули на біологічну активність ґрунту, зокрема значно сповільнився розклад ляного полотна. Проведені дослідження показали, що найнижчі значення загальної біологічної активності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під ячменем ярим та кукурудзою на зерно отримано на контрольному варіанті без добрив – відповідно $15,65 \pm 1,93$ та $30,47 \pm 8,05$ %. Органо-мінеральні системи удобрення забезпечили найвищі показники розкладу ляних полотен $31,70 \pm 4,58$ % у ґрунті під ячменем і $63,33 \pm 2,43$ % – під кукурудзою. За шкалою оцінки ступеня забезпеченості ґрунту ферментами ясно-сірий лісовий поверхнево-оглеєний ґрунт характеризується як дуже бідний. Найвища активність каталази відзначена при внесенні 15 т/га гною + $0,5 \text{ н NPK}$ + $1,5 \text{ н CaCO}_3$ за Нг – $0,65 \text{ мл}$ $0,1 \text{ н KMnO}_4$ /г ґрунту за 20 хв під ячменем ярим, що пов'язано із сприятливим значенням рН (5,68). Для кукурудзи найвищу активність показав варіант 17 із мінеральною системою удобрення $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ та вапнуванням $1,5 \text{ н CaCO}_3$ за Нг – $0,85 \text{ мл}$.

Ключові слова: ґрунтовий мікробіоценоз, біологічна активність, ферментативна активність, удобрення, родючість.

Вступ

Наявність у ґрунтових екосистемах найрізноманітніших груп мікроорганізмів, які відрізняються за біологічною та біохімічною специфічністю, обумовлює величезне їх значення у процесах, що відбуваються у ґрунті. Кількісний склад і співвідношення окремих представників у мікробному ценозі ґрунту значною мірою залежить від способу обробітку ґрунту, надходження в ґрунт рослинних решток, які в першу чергу трансформуються під впливом неспорівних бактерій і мікроскопічних грибів, а на пізніших стадіях цього процесу – бацит та актиноміцетів.

Мікроорганізми ґрунту забезпечують комплексну трансформацію детриту, беруть участь у процесах розкладу та повторного синтезу органічних речовин у ґрунті. Мікробна біомаса є як джерелом, так і депо поживних елементів (C, N, P і S), що містяться в органічній речовині (Liang et al., 2017; Liang, 2020; Bradford et al., 2016).

За рахунок високої лабільності мікроорганізми чутливо реагують на зміни, що протікають у ґрунті в процесі його сільськогосподарського використання і можуть служити екологічними індикаторами цих змін. Антропогенне навантаження по-різному впливає на перебіг мікробіологічних процесів у ґрунті. Застосування різних агротехнологій призводить до перебудови мікробіоценозу ґрунту, що може спричинити інтенсифікацію мінералізаційних процесів. За безпосередньої участі ферментів ґрунтових мікроорганізмів органічна речовина ґрунту

розкладається на різноманітні проміжні та кінцеві продукти мінералізації. Інтенсифікація розкладу органічної речовини ґрунту, зумовлена різними агротехнологічними заходами, збільшує концентрацію парникових газів, зокрема діоксиду карбону, в атмосфері (Шерстобоева і Дем'янюк, 2015). Тому для оптимального функціонування ґрунтової екосистеми, припинення втрат органічної речовини, підвищення її вмісту важливим є використання науково обґрунтованих технологій, які побудовані на принципах охорони природних ресурсів, посилення процесів саморегуляції та відновлення сталого функціонування агроєкосистем.

В функціонуванні ґрунтових екосистем ферменти, що накопичуються у ґрунті в процесі життєдіяльності живих організмів відіграють виключно важливу роль. Завдяки біокаталітичним процесам за участю різних ферментів, ґрунти здійснюють свої найважливіші біогеоценологічні функції, такі як гумусоенергетичні, трофічні, санітарно-відновлювальні, тощо. Дослідженнями різних авторів було встановлено, що активність ґрунтових ферментів може виступати додатковим діагностичним показником ґрунтової родючості.

Біологічні властивості ґрунтів в значній мірі залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та специфіки функціонування різних еколого-трофічних груп мікробного ценозу педосфери. Діяльність ґрунтових мікроорганізмів визначає родючість ґрунтів, їх екологічний та фітосанітарний стан, але окрім того, ґрунтови

мікроорганізми високочутливі індикатори, які миттєво реагують на наявність в екосистемах контамінантів, що віддзеркалюється на показниках біологічної активності ґрунту, зокрема ферментативній активності та інтенсивності виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту (Bhaduri et al., 2020; Lee et al. 2020; Joniec, 2018).

Оцінюючи характер мікробіологічних процесів у ґрунті, слід приділяти увагу процесу розкладання целюлози, оскільки саме целюлоза виступає основним джерелом карбону і енергії для біоти ґрунту загалом. Активність целюлаз і самого процесу деструкції целюлози в ґрунті агроєкосистем визначається низкою чинників: температурою, рН середовища, структурою ґрунту, хімічним складом органічної речовини та її розподілом за профілем ґрунту, якісним складом органічних добрив тощо. Своєю чергою це дає можливість використовувати целюлозолітичну активність як чутливий тест у оцінюванні стану ґрунту та впливу обробітку ґрунту, застосування хімічних і органічних добрив, забруднення важкими металами тощо (Дем'янюк, 2017).

Одним із важливих ферментів класу оксидоредуктаз є каталаза. Її активність пов'язана із розкладом токсичного для живих організмів перекису водню. Каталаза – фермент, за участю якого здійснюється розклад перекису водню. Джерела його формування в дихальному процесі живих організмів різноманітні. Він може утворюватися при окисненні органічних сполук за участю флавінових ферментів.

Перенесення електрону по ланцюгу супроводжується синтезом АТФ, тому для мікроорганізмів розклад перекису водню – одне із джерел поповнення запасів високо енергетичних матеріалів для здійснення синтетичних процесів. Каталаза є не лише внутрішньоклітинним ферментом, вона активно виділяється мікроорганізмами в навколишнє середовище, володіє високою стійкістю і може накопичуватись та довгий час зберігатись у ґрунті. Тому каталазну активність ґрунту можна розглядати як показник функціональної активності мікрофлори в різних екологічних умовах (Furtak and Gałazka, 2019).

Каталазна активність – доволі стійкий та інформативний показник у діагностиці ґрунтів. Значення активності цього ферменту використовують під час вивчення різних типів ґрунту як для характеристики їх біологічних властивостей, так і оцінювання впливу різних чинників на екологічний стан ґрунтової системи (Ying Tian et al., 2022). Встановлено тісний зв'язок каталазної активності і кислотності ґрунту, виявлено підвищення її активності за зростання енергозапасів ґрунтів, які визначаються вмістом органічної речовини (Дем'янюк, 2017). Встановлено, що каталазна активність у ґрунті різних природних біотопів збігалася з вмістом органічної речовини, реакцією ґрунтового середовища та загальною біогенністю ґрунту (Bueis, 2018).

Матеріали та методи

Науково-дослідна робота виконувалась на трьох полях тривалого стаціонарного досліді закладеного у 1965 р. на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті та занесеному в реєстр довгострокових стаціонарних польових дослідів НААН (атестат реєстрації НААН № 29).

Ґрунт дослідної ділянки – ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний грубопилувато-легкосуглинковий.

Стаціонарний дослід розміщений у просторі на трьох полях, кожне з яких включає 18 варіантів які знаходяться у триразовому повторенні. Розташування варіантів одноярусне, послідовне. Розмір посівної ділянки 168 м², облікової – 100 м². Сівозміна чотирипільна із наступним чергуванням культур: кукурудза на зерно, ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної, конюшина лучна, пшениця озима. Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для зони.

Дослідження виконуються у варіантах: абсолютного контролю (без внесення добрив, вар. 1); внесення лише органічних добрив (вар. 3); лише мінеральних добрив (вар. 15); органо-мінеральної системи удобрення із внесенням вапна у дозі 1,0 н за Нг (вар. 7), аналогічної системи удобрення та вапнування дозою, розрахованою за рН-буферністю (вар. 8); органо-мінеральної системи удобрення із внесенням вапна у дозі 1,5 н за Нг, половини норми мінеральних та півтори норми органічних добрив (вар. 13), органо-мінеральної системи удобрення із вапнуванням дозою CaCO₃ за рН-буферністю та внесенням N₅₃P₄₁K₅₃ (вар. 14), мінеральної системи удобрення і вапнування 1,5 н CaCO₃ за Нг (вар. 17), мінеральної системи удобрення і вапнування дозою CaCO₃ за рН-буферністю (вар. 18);

В досліді застосовували напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці, аміачну селітру (34,5 %), гранульований суперфосфат (19,5 %), калійну сіль (40 %), нітроамофоску (NPK по 16 %) (при використанні нітроамофоски вміст NPK збалансовували згідно рівнів удобрення простими добривами). Гній (40–60 т/га) вносили під кукурудзу на зерно. Фосфорно-калійні добрива вносили восени, а азотні – під передпосівну культивування. Вапнування згідно схеми досліді проводили перед початком IX ротації сівозміни, у якій також від кореговано дози внесення добрив під культури сівозміни. В якості вапнякових матеріалів використовували вапнякове борошно (93,5 % CaCO₃). Обробіток ґрунту і догляд за посівами загальноприйняті для умов зони.

В зв'язку із початком XI ротації на третьому полі під кукурудзу на зерно ми провели чергове вапнування дозою CaCO₃ розрахованою за кислотно-основною буферністю. Попередні проведені дослідження показали, що внесення 1,0 і 1,5 н вапна (відповідно 6,0 і 9,0 т/га), розрахованих за гідролітичною кислотністю у чотирипільній сівозміні дозволяє отримувати високу продуктивність та підтримувати стабільний рівень



кислотності протягом двох чотирирічних ротацій. За внесення оптимальної дози вапна за рН-буферністю на кінець наступної ротації зростає кислотність ґрунту, що свідчить про необхідність повторного вапнування перед початком кожної з наступних ротацій.

Зразки ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Зразки ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Агрохімічні та фізико-хімічні аналізи ґрунту визначали за такими методиками: вміст легкогідролізного азоту – за Корнфілдом (ДСТУ 7863:2015), вміст загального гумусу за Тюрнімом (ДСТУ 4289:2004), рН сольової витяжки – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001), гідролітичну кислотність – за Каппеном у модифікації ЦІНАО (ДСТУ 7537:2014).

Визначення зміни каталази ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту за різних антропогенних впливів проводили згідно з перманганатометричним методом Джонсона і Темпле, який полягає у вимірюванні кількості розкладеного пероксиду водню шляхом титрування 0,1 н розчином KMnO_4 . Активність виражали в мл 0,1 н KMnO_4 /г ґрунту за 20 хвилин (Антипчук та ін., 2011). Окрім цього каталазну активність визначали газометричним методом за кількістю виділеного O_2 при розкладанні H_2O_2 . Біологічну активність ґрунту визначали за інтенсивністю розкладу льняного полотна методом аплікації (метод Є. Н. Мішустіна, І. П. Вострова, А. Н. Петрової).

Результати та обговорення

У полі ячменю ярого з підсівом конюшини льняні полотна для визначення загальної біологічної активності закладалися 5 травня, а у полі кукурудзи на зерно – 19 травня. У зв'язку із погодними умовами викопування полотен проводили після 2-х місяців аплікації.

Погодні умови на час проведення досліджень мали свої особливості протягом усього вегетаційного періоду вирощування культур сівозміни, характеризувались перепадами температурного режиму та різкими змінами вологозабезпеченості рослин. Метеорологічні умови весни 2022 року характеризувалися нижчими ніж норма показникам температури повітря в квітні (на $0,9^\circ\text{C}$), дещо вищими – у травні (на 1°C) та значно вищими – у червні (на $3,4^\circ\text{C}$). Кількість атмосферних опадів у квітні була значно вищою середніх багаторічних показників (на 31,0 мм), а у травні – недостатньою порівняно з середніми багаторічними даними (на 50,7 мм). Літні місяці характеризувалися підвищенням температурного режиму та меншою кількістю допустимих норм атмосферних опадів: червні випало 31,3 мм, серпні 85,8 мм проти норми відповідно 93,0 і 82,0 мм. Температура повітря в період вегетації рослин по всіх місяцях була вищою норми в середньому на $2,0\text{--}3,4^\circ\text{C}$. Такі погодні умови виявились некомфортними для дозрівання ярих культур, що

частково призвело до недобору врожаю зерна в поточному році.

Критична нестача опадів поряд із вищими середніми температурами у період росту і розвитку ячменю ярого і кукурудзи звичайної значно вплинули на біологічну активність ґрунту, зокрема розклад льняного полотна.

Дослідженнями встановлено, що найнижчі значення загальної біологічної активності ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту під ячменем ярим були отримані на контрольному варіанті без добрив – $15,65 \pm 1,93\%$ (табл. 1).

Одноразове внесення за ротацію 1,5 н CaCO_3 за Нг, 15 т/га сівозміної площі гною і пів дози мінеральних добрив ($\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$) забезпечили найвищі показники розкладу льняних полотен – $31,70 \pm 4,58\%$ ймовірно як за рахунок більшого надходження органічних решток з гною, так і сприятливішої кислотності для їх розкладу на кінець Х ротації ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,68$).

Одноразове внесення за ротацію CaCO_3 за кислотно-основною буферністю, 10 т/га сівозміної площі гною і щорічно як $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ так і $\text{N}_{53}\text{P}_{41}\text{K}_{53}$ також дозволили отримати високі показники біологічної активності ґрунту – відповідно $30,11 \pm 1,48$ та $30,10 \pm 0,31\%$. На кінець Х ротації показник реакції ґрунтового розчину (pH_{KCl}) орного шару ґрунту в цих варіантах зріс з 4,48 на контролі до 4,80 у вар. 8 та 5,59 у вар. 14.

Проведені дослідження показали, що вапнування 1,0 н CaCO_3 за Нг, внесення 10 т/га сівозміної площі гною і щорічно повної ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) дози мінеральних добрив також забезпечили високі показники розкладу льняного полотна – $29,27 \pm 2,62\%$. Ці агротехнічні заходи на кінець Х ротації змінили реакцію ґрунтового розчину (pH_{KCl}) орного шару ґрунту до 4,91.

У варіанті тривалого застосування лише мінеральної системи удобрення показник біологічної активності становить $25,68 \pm 1,66\%$. В той же час одноразове внесення за ротацію 1,5 н CaCO_3 за Нг і щорічно $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ на кінець Х ротації забезпечило лише $19,88 \pm 0,49\%$ розкладу льняного полотна. Внесення вапна за кислотно-основною буферністю даної системи удобрення знизило показник до $16,74 \pm 1,74\%$. Показники кислотності в цих варіантах досягали 5,42 та 5,40 одиниці відповідно. Низькі значення загальної біологічної активності ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту на неудобреному варіанті характерні і для ґрунту під кукурудзою на зерно ($30,47 \pm 8,05$), однак ще нижчі показники були на 15 варіанті – $30,61 \pm 5,18\%$. Одноразове внесення за ротацію CaCO_3 за кислотно-основною буферністю, 10 т/га сівозміної площі гною і $\text{N}_{53}\text{P}_{41}\text{K}_{53}$ щорічно дозволили отримати найвищі показники розкладу льняних полотен – $63,33 \pm 2,43\%$.

Ймовірно це відбулося за рахунок сприятливішої кислотності для їх розкладу, оскільки під кукурудзою на цьому варіанті було проведено вапнування.

Таблиця 1. Загальна біологічна активність ґрунту під ячменем ярим з підсівом конюшини та кукурудзою на зерно

№ варіанту	Зміст варіанту	Загальна біологічна активність, % m±SD	
		ячмінь ярий з підсівом конюшини	кукурудза на зерно
1	Без добрив (контроль)	15,65±1,93	30,47±8,05
3	Гній, 10 т	19,37±1,12	56,27±14,38
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ 1,0 н за Нг	29,27±2,62	45,87±5,27
8	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ оптимальна (к.-осн. буф.)	30,11±1,48	41,93±5,45
13	Гній, 15 т/га + N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + CaCO ₃ 1,5 н за Нг	31,70±4,58	45,25±21,98
14	Гній, 10 т/га + N ₅₃ P ₄₁ K ₅₃ + CaCO ₃ оптимальна (к.-осн. буф.)	30,10±0,31	63,33±2,43
15	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	25,68±1,66	30,61±5,18
17	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ 1,5 н за Нг	19,88±0,49	55,71±10,68
18	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ оптимальна (к.-осн. буф.)	16,74±1,74	55,31±11,27

Крім того надходження органічних решток з гноєм також стимулювало загальну біологічну активність ґрунту. Так варіант 3 із внесенням 10 т гною забезпечив досить високі показники розкладу лляного полотна – 56,27±14,38 %.

У варіанті тривалого застосування лише мінеральної системи удобрення показник біологічної активності становить 30,61±5,18 %. В той же час одноразове внесення за ротацію 1,5 н CaCO₃ за Нг і щорічно N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ на кінець X ротації забезпечило 55,71±10,68 % розкладу лляного полотна. Внесення вапна за кислотно-основною буферністю даної системи удобрення показало схожі результати – 55,31±11,27 %.

Загалом найвищі показники загальної біологічної активності в ґрунті під обома культурами зафіксовано на варіанті із одноразовим внесенням за ротацію CaCO₃ за кислотно-основною буферністю, 10 т/га сівозмінної площі гною і N₅₃P₄₁K₅₃ щорічно, а найнижчі – на контролі без добрив.

При визначенні каталази газометричним методом за кількістю виділеного O₂ при розкладанні H₂O₂ не було отримано статистично значущих відмінностей між варіантами удобрення як на полі з ячменем ярим, так і кукурудзи. Активність сягала відповідно 0,5±0,08 та 0,52±0,11 см³ O₂/г ґрунту за 1 хв. За шкалою оцінки ступеня забезпеченості ґрунту ферментами Д. Звягінцева ясно-сірий лісовий поверхнево-оглеєний ґрунт характеризується як дуже бідний, бо значення каталази не перевищують 1 см³ O₂/г ґрунту за 1 хв. Близькі за властивостями дерново-підзолистий та сірий лісовий ґрунти належать до бідних (Дем'янюк, 2017).

При застосуванні перманганату для оцінки каталази в ґрунті було встановлено, що найвища її активність характерна для 13 варіанту з внесенням 15 т/га гною + 0,5 н NPK + 1,5 н CaCO₃ за Нг – 0,65 мл 0,1 н KMnO₄/г ґрунту за 20 хв під ячменем ярим. Такий високий показник пов'язаний як із сприятливим значенням рН (5,68), так і післядією високої норми внесення гною роком раніше під кукурудзу. Для кукурудзи цей показник також був високим (0,78 мл 0,1 н KMnO₄/г ґрунту за 20 хв), однак найвищу активність показав варіант 17 із мінеральною системою удобрення N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ та вапнуванням 1,5 н CaCO₃ за Нг – 0,85 мл (рис. 1) Найнижча активність для обидвох культур притаманна варіанту 8 із органо-мінеральною системою удобрення з внесенням 10 т/га гною + N₆₅P₆₈K₆₈ + CaCO₃ оптим. (к.-осн. буф.) – 0,20 для ячменю та 0,33 мл 0,1 н KMnO₄/г ґрунту за 20 хв для кукурудзи.

Загальновідомо, що для біохімічних реакцій за участі ферментів велике значення має реакція середовища (Iiheme, 2017; Breza-Boruta et al., 2016). І хоча в природних екосистемах відзначають залежність каталазної активності ґрунту від рН, однак в ясно-сірому лісовому ґрунті нашого дослідження її не виявлено (коефіцієнт кореляції складає для ячменю та кукурудзи відповідно 0,41 та 0,47). Це ймовірно пов'язано з тим, що освоєному ґрунті одночасно діють декілька факторів, що впливають на ферментативну активність – наявність органічної речовини, внесення меліоранту, форми добрив, фізичні властивості ґрунту тощо (Maphuhla et al., 2020).

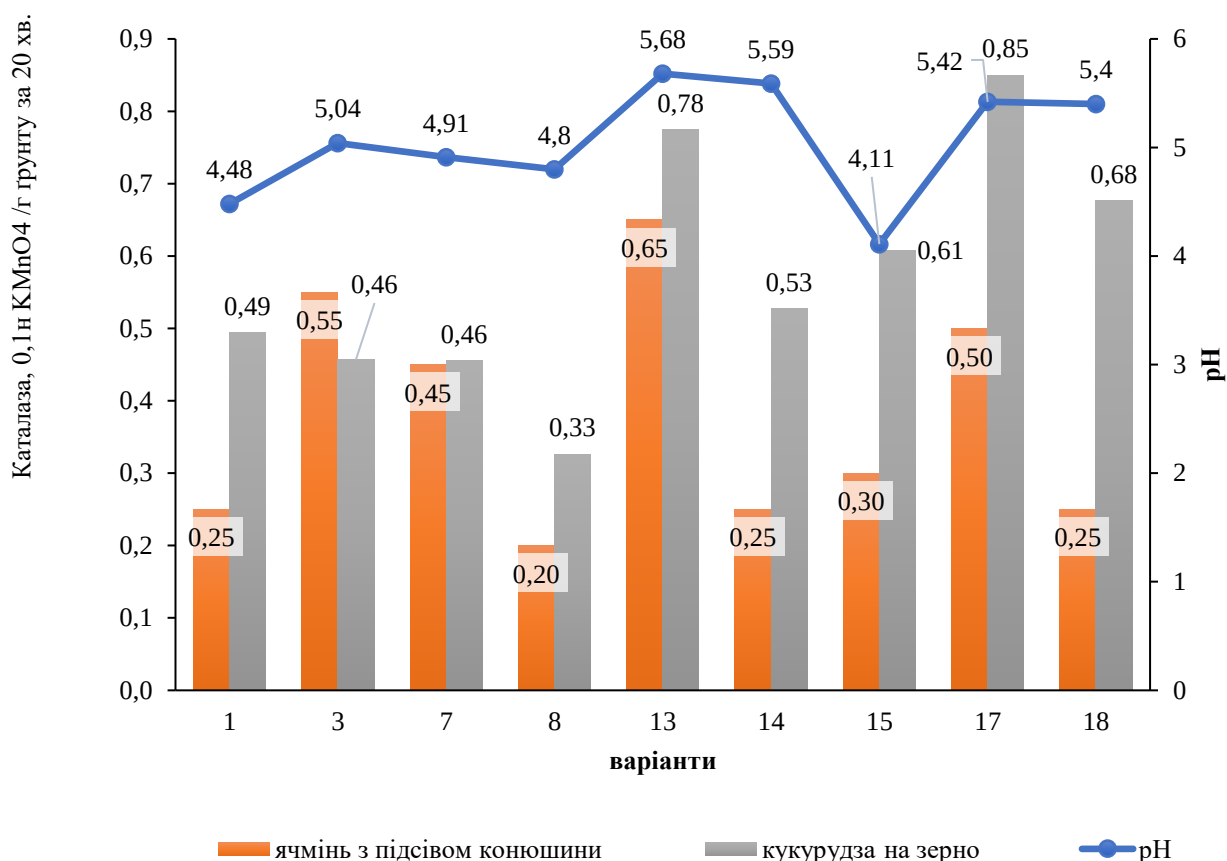


Рисунок 1. Активність каталази в ґрунті під ячменем ярим з підсівом конюшини та кукурудзою на зерно

Висновки

Метеорологічні умови весни 2022 р. характеризувалися нижчими за норму показниками температури повітря в квітні, дещо вищими – у травні та значно вищими – у червні. Кількість атмосферних опадів у квітні була значно вищою середніх багаторічних показників (на 31,0 мм), а у травні та червні – недостатньою (на 50,7 та 59,6 мм). Літні місяці характеризувалися підвищенням температурного режиму та меншою кількістю допустимих норм атмосферних опадів. Критична нестача опадів поряд із вищими середніми температурами у період росту і розвитку ячменю ярого і кукурудзи звичайної значно вплинули на біологічну активність ґрунту, зокрема розклад льняного полотна.

Найнижчі значення загальної біологічної активності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під ячменем ярим та кукурудзою на зерно були отримані на контрольному варіанті без добрив – відповідно $15,65 \pm 1,93$ та $30,47 \pm 8,05$ %. Одноразове внесення за ротацию 1,5 н СаСО₃ за Нг, 15 т/га сівозмінної площі гною і пів дози мінеральних добрив (N₃₀P₃₄K₃₄) забезпечили найвищі показники розкладу лляних полотен у полі під ячменем ярим – $31,70 \pm 4,58$ %. Вапнування

СаСО₃ за кислотно-основною буферністю, внесення 10 т/га сівозмінної площі гною і щорічно N₆₅P₆₈K₆₈ лише не значно поступалось за цим показником, а в полі під кукурудзою показало значення активності – $63,33 \pm 2,43$ %.

За шкалою оцінки ступеня забезпеченості ґрунту ферментами Д. Звягінцева ясно-сірий лісовий поверхнево-оглеєний ґрунт характеризується як дуже бідний із середніми значеннями $0,5 \pm 0,08$ та $0,52 \pm 0,11$ см³ O₂/г ґрунту за 1 хв. відповідно у полі з ячменем ярим і кукурудзою на зерно.

При застосуванні перманганату для оцінки каталази в ґрунті було встановлено, що найвища її активність характерна для 13 варіанту з внесенням 15 т/га гною + 0,5 н NPK + 1,5 н СаСО₃ за Нг – 0,65 мл 0,1 н КМnO₄ /г ґрунту за 20 хв під ячменем ярим, що пов'язано із сприятливим значенням pH (5,68). Для кукурудзи найвищу активність показав варіант 17 із мінеральною системою удобрення N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ та вапнуванням 1,5 н СаСО₃ за Нг – 0,85 мл. Найнижча активність для обидвох культур притаманна варіанту 8 із органо-мінеральною системою удобрення з внесенням 10 т/га гною + N₆₅P₆₈K₆₈ + СаСО₃ оптим. (к.-осн.буф.) – 0,20 для ячменю та 0,33 мл 0,1 н КМnO₄ /г ґрунту за 20 хв для кукурудзи.

Список використаної літератури

- Antypchuk A. F., Pilyashenko-Novokhatny A. I., Evdokymenko T. M. (2011). Manual on microbiology: a textbook. Kyiv: Ukraine University. 155 p.
- Bhaduri D., Sihi D., Bhowmik A., Verma B. C., Munda S., Dari B. (2022). A review on effective soil health bio-indicators for ecosystem restoration and sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.938481>
- Bradford M. A., Wieder W. R., Bonan G. B., Fierer N., Raymond P. A., Crowther T. W. (2016). Managing uncertainty in soil carbon feedbacks to climate change. *Nature Climate Change* 6, 751–758. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate3071>
- Breza-Boruta B., Lemanowicz J., Bartkowiak A. (2016). Variation in biological and physicochemical parameters of the soil affected by uncontrolled landfill sites. *Environ Earth Sci*, 75 (75) : 201. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4955-9>
- Bueis T., Turrión M. B., Bravo F. et al. (2018). Factors determining enzyme activities in soils under *Pinus halepensis* and *Pinus sylvestris* plantations in Spain: a basis for establishing sustainable forest management strategies. *Annals of Forest Science*, 75, 34. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0720-z>
- Demyanyuk O. S. (2017). Ecological bases of functioning of microbiocenoses of soil of agroecosystems in conditions of climate change: diss. ... Dr. agr. sciences: 03.00.16. Kyiv, 439 p. [Online] Available at: https://agroeco.org.ua/wp-content/uploads/pdf/dissertation/ecology/demianiyk/dis_demianijuk.pdf [Accessed 30 December 2022].
- Furtak K., Gałazka A. (2019). Enzymatic activity as a popular parameter used to determine the quality of the soil environment. *Polish Journal of Agronomy*. 37, 22–30. DOI: <https://doi.org/10.26114/pja.iung.385.2019.37.04>
- Iheme C., Ukairo D. I., Ibegbulem C. O., Okorom O. O., Chibundu K. (2017). Analysis of Enzymes Activities on Domestic Waste Dump Sites. *J Bioremediat Biodegrad*, 8: 400. DOI: <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000400>
- Joniec J. (2018). Enzymatic activity as an indicator of regeneration processes in degraded soil reclaimed with various types of waste. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 15, 2241–2252. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1602-x>
- Lee S.-H., Kim M.-S., Kim J.-G., Kim S.-O. (2020). Use of Soil Enzymes as Indicators for Contaminated Soil Monitoring and Sustainable Management. *Sustainability*, 12 (19), 8209. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12198209>
- Liang C. (2020). Soil microbial carbon pump: Mechanism and appraisal. *Soil Ecol. Lett.* 2, 241–254. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42832-020-0052-4>
- Liang C., Schimel J. P., Jastrow J. D. (2017). The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature microbiology*, 2, 17105. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2017.105>
- Maphuhla N. G., Lewu F. B., Oyediji O. O. (2020). The Effects of Physicochemical Parameters on Analysed Soil Enzyme Activity from Alice Landfill Site. *Int J Environ Res Public Health*, 18 (1) : 221. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph1801022>
- Sherstoboeva O. V., Demyanyuk O. S. (2015). The role of microbial component of soil in the issue of greenhouse gases. Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Soils Protection and Increasing their Fertility" (Odesa, September 16–17, 2015). pp. 126–127.
- Ying Tian, Zhe Xu, Jun Wang, Zhanjun Wang. (2022). Evaluation of Soil Quality for Different Types of Land Use Based on Minimum Dataset in the Typical Desert Steppe in Ningxia, China. *Journal of Advanced Transportation*, 2022, 7506189. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7506189>

ANTHROPOGENIC INFLUENCE ON ENZYMATIC ACTIVITY OF LIGHT-GREY FORESTAL SURFACE-GLEYED SOIL

Tetiana PARTYKA, candidate of biological sciences,
Yurii OLIFIR, Anna HABRYEL, Oleh HAVRYSHKO, candidates of agricultural sciences,
Nadiia KOZAK, senior researcher,
Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences.

The critical shortage of rainfall along with the higher average temperatures during the growth and development of spring barley and corn has significantly affected the soil biological activity, in particular, the decomposition of linen was significantly slowed. Studies have shown that the lowest values of the general biological activity of light-grey forestal surface-gleyed soil under spring barley and corn on grain were obtained on the control version without fertilizers – 15.65 ± 1.93 and 30.47 ± 8.05 % respectively. Organo-mineral fertilizers provided the highest decomposition of linen cloths – 31.70 ± 4.58 % in soil under barley and 63.33 ± 2.43 % under corn. Light-grey forestal surface-gleyed soil is characterized as very poor on the scale of soil supply by enzymes. The highest catalase activity is marked with the introduction of 15 t/ha of manure + 0.5 n NPK+ 1.5 n CaCO_3 by Nh – 0.65 ml of 0.1 n KMnO_4 /g of soil for 20 min under spring barley, that is associated with a favourable pH value (5.68). The highest activity for corn was shown in version 17 with mineral fertilizer $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ and liming 1.5 n CaCO_3 by Nh – 0.85 ml.

Keywords: soil microbiocenosis, biological activity, enzymatic activity, fertilizers, fertility.

Отримано: 3.11.2022