

О. А. Цюк, В. І. Кирилюк, Л. П. Ющенко

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 13, Київ, 03041, Україна*

БІОХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Мета. Дослідження біологічної активності ґрунту за показниками ферментативної активності, амоніфікаційної та нітрифікаційної здатності чорнозему типового у Лісостепу України. **Методи.** Протеазну, каталазну і фосфатазну активності досліджували за методикою Д. Г. Звягінцева, амоніфікаційну та нітрифікаційну здатності ґрунту визначали за методиками Є. М. Мішустіна. **Результати.** Найбільшу активність ферментативного комплексу ґрунту та процесів трансформації азоту спостерігали на варіантах екологічної системи землеробства. Промислова система землеробства інгібує ферментативну активність, нітрифікаційну та амоніфікаційну здатності ґрунту. **Висновки.** Зростання ферментативної активності та висока інтенсивність біохімічних процесів трансформації азоту сприяють формуванню високого біологічного стану чорнозему типового за екологічної системи землеробства.

Ключові слова: ферментативний комплекс, ґрунт, нітрифікаційна і амоніфікаційна здатності, система землеробства, чорнозем типовий

Ідеальному варіанту зональної системи землеробства властива триєдина сутність: економічно обґрунтована адекватна біокліматичним ресурсам продуктивність ріллі; розширене відтворення родючості ґрунту; екологічний комфорт довкілля та безпека вирощеної продукції [7]. Історичний розвиток систем землеробства відбувався у процесі подолання протиріччя між можливістю розширеного відтворення родючості ґрунту і об'єктивними суспільними потребами зростання продуктивності ріллі та екологічного благополуччя довкілля.

В Україні спробу розв'язати згадане протиріччя зроблено в системах ґрунтозахисного землеробства з контурно-меліоративною організацією території [3], в системі біологічного землеробства [12], а також в дослідженнях з альтернативного і екологічного землеробства [8, 9]. Ці дослідження тривають впродовж останніх 20 років і знайшли свою реалізацію в зональних адаптивних системах землеробства.

Відомо, що на природний потенціал родючості ґрунту суттєво впливає якісний та кількісний склад його мікробіоти, від діяльності якої залежить родючість ґрунту, урожайність рослин, якість сільськогосподарської продукції і стан навколишнього середовища. Деякі вчені-мікробіологи, зокрема Т. Г. Добровольська, Д. Г. Звягінцев, Г. М. Зенова, Л. В. Лисак та інші, вважають склад мікробного ценозу чітким індикатором стану екосистеми [2, 4, 11, 16].

Дослідження в галузі класичної ґрунтової мікробіології показали, що чисельність, біомаса й таксономічна структура мікробного комплексу ґрунту залежать від багатьох чинників. Введення ґрунту в активне земле-

користування призводить до значних змін цих показників. За тривалого використання земель ці зміни накопичуються. Водночас вплив факторів певної системи землеробства на формування й функціонування мікробного комплексу і, в цілому, на якість ґрунту мало вивчений, хоча від цього залежить система заходів, яка забезпечує гомеостаз ґрунтів, а також їх високу продуктивність [1, 6, 11, 14, 15].

Мета роботи полягала у дослідженні біохімічної активності чорнозему типового, зокрема процесів трансформації азоту та його ензимної активності за різних систем землеробства.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися протягом 2004 – 2011 рр. на Агрономічній дослідній станції Національного університету біоресурсів і природокористування, яка розміщена у Фастівському районі Київської області.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий середньосуглинковий із вмістом гумусу в 0 – 20 см шарі – 4,2–4,5 %, рН сольової витяжки – 7,0–7,2. Питома маса ґрунту – 2,6 г/см³, загальна пористість у рівноважному стані становить 50–55%, рівноважна щільність – 2,17–2,25 г/см³, повна вологоємність – 38,4%, польова вологоємність – 28%, вологість стійкого в'янення – 10%. Глибина залягання підґрунтових вод – 5–6 м.

Сівозміна типова для зони Лісостепу з таким чергуванням культур: конюшина – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на силос – пшениця озима – кукурудза на зерно – горох – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь із підсівом конюшини. Дослідження проводилися в агрофітоценозі буряків цукрових в ланці з багаторічними травами.

Особливістю досліджуваних систем землеробства є варіанти ресурсного забезпечення для відтворення продуктивного потенціалу агроландшафту. За промислової системи землеробства (контроль) на 1 га ріллі в сівозміні вносяться 12 т органічних і 300 кг діючої речовини мінеральних добрив (N₉₂P₁₀₀K₁₀₈) із відповідним хімічним захистом посівів. В екологічній моделі землеробства пріоритетним є застосування органічних добрив у кількості 18 т/га (12 т/га гною, 6 т/га нетоварної частини урожаю сільськогосподарських культур, сидеральної маси післязливних посівів у перерахунку на гній). Баланс елементів живлення компенсується мінеральними добривами N₄₆P₄₉K₃₅. Основою біологічної моделі системи землеробства є внесення 17 т/га ріллі (12 т гною і 5 т побічної продукції та маси сидеральних культур у перерахунку на гній) органічних добрив у сівозміні без застосування промислових агрохімікатів із використанням біологічних засобів захисту посівів.

За екологічного і біологічного землеробства насіння буряків цукрових перед сівбою обробляли комплексним поліфункціональним біологічним препаратом, що містить азотобактерин, фосфоентерин і біополіцид, біо-агентами яких є штами з різною домінуючою функцією: азотфіксація – *Azotobacter vinelandii* 10702, фосфатмобілізація – *Enterobacter nimipressuralis* 32-3, антагонізм до фітопатогенів – *Paenibacillus polymyxa* 11. Як референтний використовували агрофіл, основою якого є штам *Rhizobium radiobacter* 10. Інокуляцію здійснювали водною суспензією культур, або препаратами, з розрахунку 2% від маси насіння, навантаження бактерій на 1 насінину становило: *A. vinelandii* 10702 – 4,8 x 10⁶, *E. nimipressuralis*

32-3 – 41,7 x 10⁶, *R. radiobacter* 10 – 77,1 x 10⁶, *Paenibacillus polymyxa* 11 – 0,4 x 10⁶ КУО.

Мікробні препарати застосовували одночасно для обробки насіння всіх культур сівозміни.

На фоні варіантів ресурсного забезпечення досліджувалися системи диференційованого (контроль), плоскорізного, полицево-безполицевого та поверхневого основного обробітків ґрунту.

Біохімічні властивості ґрунту визначали за показниками ферментативної активності [5]. Амоніфікаційну і нітрифікаційну здатність ґрунту визначали за загально прийнятими методиками ґрунтової мікробіології [10].

Відбір та аналіз ґрунтових зразків проводили у фазі змикання листя у міжряддях буряків цукрових з верхнього (0–20 см) орного кореневмісного шару ґрунту.

Отримані у результаті досліджень дані статистично оброблено за методом дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу у програмі Statistica 6,0.

Результати та обговорення. Біологічна активність ґрунту визначається не лише загальною кількістю ґрунтових мікроорганізмів, але й урахуванням рівня їхньої функціональної активності [4]. Відомо, що провідною функцією ґрунтової мікрофлори є формування ензимного пулу. До того ж рівень ферментативної активності є одним із найбільш чутливих параметрів діагностики мікробіологічних процесів у ґрунтах. Для встановлення інтенсивності і спрямованості метаболічних процесів у мікробному ценозі ми визначали протеазну, каталазну і фосфатазну активності.

Аналіз даних показав, що у чорноземі типовому за екологічної системи землеробства параметри ферментативної активності були істотно вищими у порівнянні з промисловою системою (рис. 1). Так, протеазна активність була вищою на 48%, каталазна – на 19%, фосфатазна – на 25%.

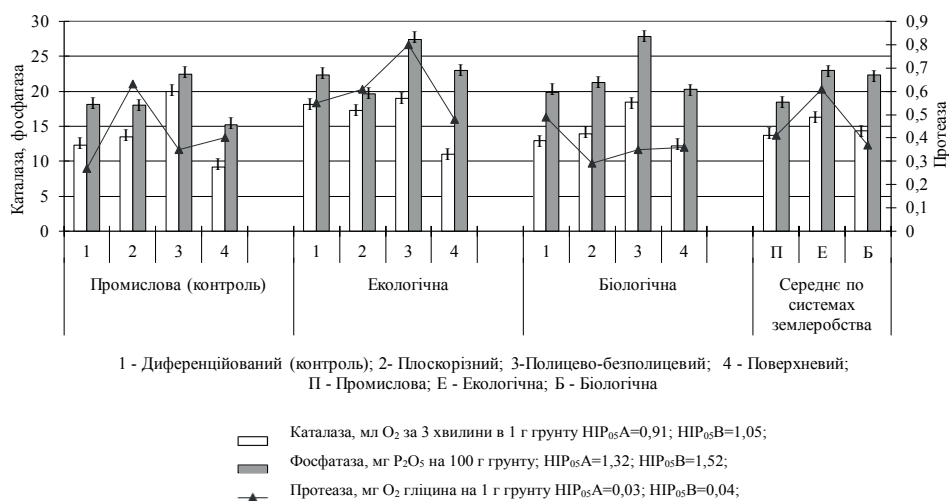


Рис. 1. Ферментативна активність чорнозему типового залежно від систем землеробства

Каталазна активність за біологічної системи землеробства на 24% нижча у порівнянні з екологічною системою землеробства. Застосування по-

лицево-безполицевого основного обробітку ґрунту сприяє підвищенню каталазної активності на 31,7% у порівнянні з диференційованим обробітком.

Із зменшенням інтенсивності обробітку протеазна активність орного шару знижується. За тривалого поверхневого обробітку дисковою бороною в екологічній системі цей показник був на 12,7%, а за біологічної – на 26% нижчим, ніж у контролі.

Серед гідролітичних ферментів, діяльність яких пов'язана з утворенням у ґрунті доступних форм елементів живлення для рослин, значна роль належить фосфатазній активності ґрунту, що сприяє утворенню розчинних фосфорних сполук.

Фосфатазна активність за біологічної системи землеробства була практично на одному рівні за постійного диференційованого і тривалих безполицевих обробітків ґрунту. Застосування полицево-безполицевого обробітку ґрунту на фоні біологічної системи сприяло підвищенню фосфатазної активності на 28% у порівнянні з контролем.

Шустерук Т. З. [13] показав, що у результаті систематичного застосування органічних і мінеральних добрив відмічається підвищення ферментативної активності ґрунту. Особливо було помітно зростання протеазної, уреазної і каталазної активності. Протеолітична активність ґрунту є показником швидкості гідролізу органічних сполук білкової природи. Вільні амінокислоти, що з'являються у ґрунті у результаті діяльності протеаз під час розкладу білків, піддаються амоніфікації й наступній нітрифікації та обумовлюють нагромадження у ґрунті рухомих форм азоту. Разом з цим деяка частина амінокислот бере участь у процесі гумусоутворення, конденсуючись з окисленими формами ряду ароматичних сполук ґрунту.

Доцільність переходу на екологічне землеробство вимагає теоретичного і експериментального обґрунтування з урахуванням всіх змін, які відбуваються у ґрунті під впливом цього переходу.

Дослідження зв'язку між показниками біологічної активності ґрунту та іншими, більш широко використовуваними показниками його ефективної родючості, представляють значний інтерес з точки зору порівняльної оцінки індикатора цієї родючості. Хоча у ґрунтово-біологічних дослідженнях рідко розглядаються чітко виражені функціональні залежності, проте ймовірні зв'язки, серед яких найчастіше доводиться мати справу з лінійною кореляцією, є дійсною реальністю, а тому виявлення і вивчення їх сприяє підвищенню об'єктивності, повноти і точності висновків.

Нами виявлено середній позитивний зв'язок між каталазною активністю і вмістом обмінного калію ($r = 0,61 \pm 0,27$), фосфатазною активністю і вмістом рухомого фосфору ($r = 0,52 \pm 0,18$), а також протеазною активністю і вмістом азоту, що легко гідролізується ($r = 0,59 \pm 0,23$).

Основною причиною істотної кореляції між активністю гідролітичних ферментів і вмістом рухомих елементів живлення, на нашу думку, слід вважати однотиповість диференціації орного і підорного шарів ґрунту за різними елементами родючості, в тому числі й за цими показниками. Тип диференціації визначається характером технології вирощування відповідних культур.

Протеазна активність перебуває в середньому позитивному кореляційному зв'язку із вмістом у ґрунті азоту, що легко гідролізується ($r = 0,59 \pm$

$\pm 0,23$). Найявність подібного зв'язку між цими показниками легко пояснити. Амінокислоти, що з'являються у ґрунті в результаті впливу протеклітичних ферментів на білки і поліпептиди, складають поряд з амінами основний фонд сполук, що містять азот. Найбільш висока протеазна активність і вміст азоту, що легко гідролізується, відмічаються у тих шарах ґрунту, де міститься найбільша кількість поживних решток.

Значну роль у визначенні спрямованості процесів трансформації сполук азоту у ґрунті відіграє його здатність до амоніфікації і нітрифікації. Існує думка, що амоніфікаційна активність ґрунту дає уявлення про можливість мобілізації азотного фонду та про умови для розвитку аеробних мікроорганізмів [2], які беруть участь у мобілізації азоту ґрунту.

Здобуті дані дають нам підстави вважати, що застосування мінеральних добрив у нормі 300 кг ($N_{92}P_{100}K_{108}$) на 1 га сівозмінної площі за промислової системи землеробства викликає зменшення активності амоніфікаційної здатності чорнозему типового у порівнянні з екологічною системою землеробства. Ці зміни у функціональній активності мікроорганізмів вказують на особливість перебігу мінералізаційних процесів, що, на нашу думку, не сприяє не тільки підвищенню, але й збереженню ґрунтової родючості (рис. 2).



Рис. 2. Нітрифікаційна та амоніфікаційна здатність чорнозему типового за різних систем землеробства, мг/100 г ґрунту

Наступним етапом трансформації азоту у ґрунті є нітрифікація, у результаті якої утворюються нітрити та нітрати, що асимілюються рослинами. Інтенсивність нітрифікації є однією з ознак окультуреності ґрунту [2].

Відомо, що максимальна інтенсивність процесу нітрифікації ґрунту необхідна рослинам у період вегетації. У нашому досліді нітрифікація проходить більш інтенсивно у варіанті з екологічною системою і перевищує її на 17,0% у порівнянні з промисловою.

Отже, з усього вище зазначеного можна зробити висновок, що оптимальний режим активного функціонування ензимного ґрунтового комплексу і, особливо, зростання ферментативної активності та висока інтенсивність біохімічних процесів трансформації азоту, зокрема амоніфікації і нітрифікації, сприяють формуванню високого біологічного стану чорнозему типового саме за екологічної системи землеробства.

А. А. Цюк, В. І. Кирилюк, Л. П. Ющенко

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ул. Героев Обороны, 13, Киев, 03041, Украина*

БИОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Резюме

Цель. Изучение биологической активности почвы по показателям ферментативной активности, аммонификационной и нитрификационной способности чернозема типичного в Лесостепи Украины. **Методы.** Протеазную, каталазную и фосфатазную активности почвы исследовали методом Д. Г. Звягинцева, аммонификационную и нитрификационную способности почвы определяли по методике Е. Н. Мишустина. **Результаты.** Наибольшую активность ферментативного комплекса почвы и процессов трансформации азота наблюдали на вариантах экологической системы земледелия. Промышленная система земледелия подавляет ферментативную активность, нитрификационную и аммонификационную способности почвы. **Выводы.** Возрастание ферментативной активности и процессов трансформации азота способствует формированию высокой биологической активности чернозема типичного при экологической системе земледелия.

Ключевые слова: ферментативный комплекс, почва, нитрификационная и аммонификационная способности, система земледелия, чернозем типичный.

О. А. Tsyuk, V. I. Kyrylyuk, L. P. Yushchenko

*National University of life and environmental sciences of Ukraine,
st. Heroyiv Obrony, 13, Kyiv, D03041, Ukraine.*

BIOCHEMICAL ACTIVITY OF TYPICAL CHERNOZEM IN DIFFERENT FARMING SYSTEMS

Summary

Goal. The study of the soil biological activity in terms of enzyme activity, processes of amonification and nitrification in typical black soil of Lesostepes of Ukraine. **Methods.** The protease, catalase and phosphatase activities were determined by D.G. Zvyagintsev, the amonification and nitrification soil ability were determined by E. N. Mishustn's methods. **Results.** The most activity of soil enzymatic complex and nitrogen transformation processes was observed in ecological farming systems. Industrial farming system inhibits enzymatic activity and nitrification and amonification ability of the soil. **Conclusions.** The increasing of enzyme activity and high activity of biochemical processes of nitrogen transformation promotes to formation of high biological activity of typical black earth under ecological agricultural systems.

Keywords: enzyme complex, soil nitrification ability, amonification ability, farming system, the typical black earth.

1. Hrynyk I.V, Patyka VP, Shykula Yu.M. [Microbiological basis of improving yield and quality of crops]. 2011; 4: 7-10. Ukrainian.
2. Dobrovolskaya T.G, Lysak L.V, Zenova G.M, Zvyagintsev G.M. [Bacterial diversity of soil: assessment methods, opportunities, prospects]. Microbiology. 2001; 70 (2): 149-167. Russian.
3. Tarariko A.G. [The effectiveness of contour farming and drainage system]. Agriculture. 1990; 7: 51-54. Russian.
4. Zvyagintseva A.G, Babeva I.P, Zenova G.M. [Soil biology]. 3th ed. Moscow .: Publ. Moscow State University, 2005. Russian.
5. Zvyagintsev D.G. [Methods of Soil Microbiology and Biochemistry]. Moscow .: Publ. Moscow State University, 1991. Russian.
6. Iutynska H.O, Yamborko N.Ya. [The stability of soil microbial communities to toxic and mutagenic pesticides in various agricultural technologies of growing crops]. Scientific herald NAU. 2005; 81: 21–25. Ukrainian.
7. Kysil V.I. [Agrochemical aspects of greening agriculture]. Kharkov, 2005. Ukrainian.
8. Kysil V.I. [Biological agriculture in Ukraine: Problems and Prospects]. Kharkov: Shtrykh, 2000. Ukrainian.
9. Kysil V.I. [Biological agriculture and trends in the world and the position of Ukraine]. Journal of Agricultural Science. 1997; 10: 9-13. Ukrainian.
10. Mishustin Ye N, Petrova A.N. [Determination of the biological activity of the soil]. Microbiology. 1963; 3: 479-483. Russian.
11. Patyka N.V, Kruglov Yu.V., Shein Ye.V. [Prokaryotic soil organisms: structure and functional diversity]. Abstracts of the XIII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine. Winogradsky; Yalta, 2013. Ukrainian
12. Shykula M.K. [Soil biological system of agriculture in Ukraine]. Kyiv: «Oranta», 2000. Ukrainian.
13. Shusteruk T.Z., Polovyi V.M. [The impact of fertilizers on biological activity dark gray podzolic soil]. Proceedings of the Institute of Agriculture UAAS. 2005; 4: 17-23. Ukrainian.
14. Nannipieri P, Ascher J, Ceccherini M.T, et al. Microbial diversity and soil functions. European Journal of Soil Science. 2003; 54: 655–670.
15. Giri B, Huong Giang P, Kumari R, et al. Microbial Diversity in Soils. Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. 2005; 19–49.
16. Tsyhichko H.O, Makliuk O.I. [The dynamics of chemical activity of typical chernozem organic and conventional farming systems]. Agrochemicals & Soil. 2015; 82: 91-97. Ukrainian.

Отримано 30.09.2016