

УДК 631.51:631.8:633.854.78

Центило Л. В.

канд. с.-г. наук

E-mail: agrokolos@i.ua

кафедра землеробства та гербології

Агробіологічний факультет

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ І УДОБРЕННЯ

Анотація

Всі агротехнічні і агрохімічні заходи, які направлені на підвищення родючості ґрунту, впливають на ферментативну активність. Такі заходи, як обробіток ґрунту, внесення в ґрунт органічних і мінеральних добрив, активізують або пригнічують ферментативні процеси.

Дослідження спирається на інтенсивності і спрямованості біохімічних процесів у ґрунті, що містять серію методів, використання яких дозволило встановити сприятливу ферментативну активність орного шару чорнозему типового. До таких методів відносяться: польовий, лабораторний, аналіз. Польові досліді з вивчення ферментативної активності чорнозему типового проводили протягом 2012-2016 рр. Об'єктом досліджень був ґрунтовий покрив. Встановлено, що активізацію біохімічних процесів у ґрунті забезпечує органо-мінеральна система удобрення – компост 4,5 т + $N_{40}P_{48}K_{54}$ + 3,5 т побічна продукція і сидеральна маса із розрахунку на 1 га сівозмінної площі.

Застосування мінеральної системи удобрення знижує ферментативну активність чорнозему типового глибокого. Найвища активність протеази і каталази проходить в орному шару за полицево-безполицевого обробітку. Більш висока активність фосфатази спостерігалася за диференційованого обробітку ґрунту. Дослідження з цієї проблеми необхідно продовжити з метою встановлення взаємозв'язку показників ферментативної активності ґрунту з структурою мікробного ценозу чорнозему типового за різних систем основного обробітку і удобрення.

Ключові слова: ферментативна активність; обробіток, удобрення, чорнозем

Вступ. Біологічні властивості ґрунтів в значній мірі залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та специфіки функціонування різних еколого-трофічних груп мікробного ценозу педосфери [8]. Діяльність ґрунтових мікроорганізмів визначає родючість ґрунтів, їх екологічний та фітосанітарний стан, але окрім того, ґрунтові мікроорганізми високочутливі індикатори, які миттєво реагують на наявність в екосистемах контамінантів, що віддзеркалюється на показниках біологічної активності та інтенсивності виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту [10, 11, 12, 13, 14].

У функціонуванні ґрунтових екосистем ферменти, що накопичуються у ґрунті в процесі життєдіяльності живих організмів відіграють виключно важливу роль. Завдяки біокліматичним процесам за участю різних ферментів, ґрунти здійснюють свої найважливіші біогеоценологічні функції, такі як гумусово-енергетичні, трофічні, санітарно-відновлювальні, тощо [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунтові ферменти є біологічними каталізаторами перетворень рослинних і тваринних решток. Ферментативна активність, як вказують В.Ф. Купревич, Т.О. Щербакова, є "найбільш суттєвим показником біологічної активності ґрунту» [5].

У зв'язку з тим, що джерелом ферментів в ґрунті є сукупність всіх його живих організмів, то загалом активність ферментів відтворює інтенсивність і спрямованість біохімічних процесів в ґрунті і може бути індикатором стану його біоти [1].

Ґрунтові ферменти, на відміну від ферментів, що входять до складу живих організмів, є найбільш стабільною складовою частиною біологічної активності ґрунту, оскільки після відмирання живих організмів вони можуть адсорбуватися ґрунтовими частинками і протягом тривалого періоду зберігати свою активність. Джерелом ферментів у ґрунті також є рослинні рештки [9].

Під впливом різних ферментів не засвоювані форми органічних і мінеральних речовин ґрунту перетворюються у засвоювані для рослин і мікроорганізмів з'єднань сполук. Тому динаміка ферментативної активності ґрунту характеризує особливості процесів трансформації елементів родючості і специфіку ґрунтоутворення.

Агротехнічні і агрохімічні заходи, які направлені на підвищення родючості ґрунту, впливають на ферментативну активність. Такі заходи, як правильне чергування культур у сівозмінах, внесення в ґрунт органічних, мінеральних добрив і мікроелементів, активізують або пригнічують ферментативні процеси.

Систематичне внесення добрив у зерно-просапній сівозміні істотно вплинуло на активність пероксидази у шарі ґрунту 0–20 см, поліфенолоксидазна активність змінювалась значно менше. Максимальна активність поліфенолоксидази ґрунту спостерігалась під впливом систематичного внесення органічних, а пероксидази – мінеральних добрив ($N_{135}P_{135}K_{135}$) [2]. Під впливом мінеральних (фосфорно-калійних) і органо-мінеральних добрив активність ферментів підвищувалась у 1,5–2 рази. Проте відомо, що не завжди певні дози добрив активізують ферментативну діяльність ґрунту. Мінеральні добрива, внесені під кукурудзу, підвищували активність інвертази, а активність каталази і пероксидази – пригнічували, що було обумовлено дією кислотних залишків добрив [13].

На думку С.Я. Мухортова [7], у системі агротехнічних впливів, спрямованих на оптимізацію біохімічного потенціалу ґрунту, важливе місце займає система його обробітку.

Мета досліджень – встановити оптимальні системи основного обробітку і удобрення, за яких мінералізаційний процес відбувається достатньо енергійно для вивільнення необхідної кількості елементів живлення із запасів ґрунту за раціональної витрати органічної речовини.

Методологія дослідження. Експериментальну частину роботи виконано на дослідному полі ТОВ "Агрофірма Колос" (2012–2016 рр.) Сквирського району Київської області в стаціонарному досліді, основою якого є 10-пільна польова сівозміна, розгорнута в часі й просторі. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий глибокий крупнопилувато-середньосуглинковий на лесі. Вміст гумусу в оброблювальному шарі 4,6–4,8 % (за Тюриним), легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 14,4 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 15,2 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – 15,2 мг/100 г ґрунту (за Чиріковим). Об'ємна маса ґрунту в рівноважному стані – 1,24 г/см³, гідролітична кислотність – 1,14 мг-екв/100 г ґрунту, рН сольове – 6,4.

Схема чергування культур у польовій сівозміні: люцерна, люцерна, пшениця озима, буряки цукрові, ячмінь, соя, пшениця озима, кукурудза на силос, пшениця озима, соняшник. В даній сівозміні застосовується три рівні удобрення із розрахунку на 1 га сівозмінної площі: за мінеральної системи – компост 4,5 т + $N_{80}P_{96}K_{108}$; органо-мінеральної – компост 4,5 т + $N_{40}P_{48}K_{54}$ + 3,5 т побічна продукція і сидеральна маса та органічної – компост 4,5 т + 3,0 т побічна продукція і сидеральна маса. Тестовою культурою був соняшник. У досліді застосовували такі добрива: компост, аміачна

селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий.

Другий фактор який вивчали були системи основного обробітку ґрунту: 1) диференційований обробіток (контроль), який рекомендований в Лісостепу і передбачає за ротацию сівозміни п'ять оранок, два поверхневі обробітки під пшеницю озиму після сої і кукурудзи на силос і один плоскорізний обробіток під ячмінь; 2) полицево-безполицевий передбачає за ротацию сівозміни дві оранки під буряки цукрові та соняшник під решту культур безполицеві обробітки; 3) мілкий безполицевий обробіток під всі культури сівозміни. Площа ділянок - 240 м², повторність варіантів у досліді чотириразова. ґрунтові зразки відбирали до глибини 25 см.

У відібраних згідно з ДСТУ ISO 10381-1 : 2004 в зразках визначали: ферментативну активність – за методикою Д. Г. Звягінцева [4]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за Доспеховим Б.А. [3].

Результати. Нами встановлено, що максимальна біохімічна активність ґрунту припадає на літні місяці. Восени вона знижується, але мінімальні показники відмічаються у весняний період. Одним із факторів, що лімітують біохімічні процеси в чорноземах типових глибоких, є температура. Знижену активність ґрунтових ферментів у весняні місяці можна пояснити слабким розвитком рослин і мікроорганізмів, які в цей період мало поглинають елементів мінерального живлення, і, як наслідок, мало виділяють ферментів. Також лімітуючим фактором слід вважати вологість ґрунту.

Одержані нами дані (табл. 1) свідчать, що активізацію біохімічних процесів в ґрунті забезпечують лише помірні норми мінеральних добрив. Це добре проявилось за обробітків ґрунту. Підвищені норми мінеральних добрив інгібують ферментативну активність ґрунту.

Таблиця 1. Ферментативна активність чорнозему типового залежно від системи удобрення і обробітку ґрунту в полі соняшнику, (2012–2016 рр.)

Система удобрення	Активність ферментів				
	протеази	уреази	фосфатази	амілази	каталази
Диференційований (контроль)					
Без добрив	0,12·10 ⁻³	0,55·10 ⁻⁴	0,83·10 ⁻⁴	138	0,19·10 ⁻⁶
Органічна	0,12·10 ⁻³	0,46·10 ⁻⁴	0,74·10 ⁻⁴	144	0,47·10 ⁻⁶
Органо-мінеральна	0,15·10 ⁻³	0,7·10 ⁻⁴	0,92·10 ⁻⁴	149	0,57·10 ⁻⁶
Мінеральна	0,89·10 ⁻⁴	0,46·10 ⁻⁴	0,88·10 ⁻⁴	96	0,41·10 ⁻⁶
Полицево-безполицевий обробіток					
Без добрив	0,15·10 ⁻³	0,64·10 ⁻⁴	0,93·10 ⁻⁴	145	0,25·10 ⁻⁶
Органічна	0,11·10 ⁻³	0,18·10 ⁻⁴	1,19·10 ⁻⁴	126	0,81·10 ⁻⁶
Органо-мінеральна	0,17·10 ⁻³	0,7·10 ⁻⁴	1,22·10 ⁻⁴	124	0,73·10 ⁻⁶
Мінеральна	0,91·10 ⁻⁴	0,46·10 ⁻⁴	1,04·10 ⁻⁴	118	0,51·10 ⁻⁶
НР ₀₅ для удобрення	0,02	0,14	0,06	20,89	0,08
НР ₀₅ для обробітку	0,03	0,09	0,07	9,94	0,05

Активність протеази за органо-мінеральної системи удобрення посилюється на 13–25%, уреази – на 9–27%, фосфатази – на 11–31%, каталази – на 190% порівняно з варіантом без застосування добрив. При застосуванні полицево-безполицевого обробітку ґрунту зростає активність ферментів порівняно із контролем. Застосування мінеральної системи удобрення пригнічує ферментативну активність ґрунту. ґрунтові фосфатази беруть безпосередню участь у процесах розкладу органічних залишків у ґрунті, що призводить до утворення фосфорорганічних сполук типу фосфорних ефірів, вуглеводів, органічних кислот, ліпідів, фітину, специфічних гумусових речовин. Названа група сполук утворює доступну для рослин ортофосфору кислоту.

Що стосується окисно-відновлених ферментів (дегідрогенази, пероксидази, поліфенолоксидази), які забезпечують реакції відщеплення водню від окислюваних субстратів і беруть участь в процесах перетворення органічних сполук ароматичного

ряду в компости гумусу, то їх активність у великій мірі залежала від обробітку ґрунту. Системи удобрення підвищили активність поліфенолоксидази на 10–13 % і дещо знизили активність пероксидази, що є агентом мінералізації гумусових речовин. У результаті змін в структурі ферментного комплексу застосування полицевого обробітку один раз в 4–5 років під просапні культури (буряки цукрові, соняшник) у сівозміні, а під решту культур сівозміни безполицеві обробітки, порівняно з диференційованим обробітком, забезпечив збільшення коефіцієнта накопичення гумусу на 10–12% в усьому оброблюваному шарі.

Дослідження показали, що виявлено неістотний середній зв'язок між активністю уреазі і вмістом амонійного азоту ($r=0,40\pm 0,45$) рівняння регресії ($Y=8,6+0,54X$), активністю протеази і вмістом азоту, що легко гідролізується ($r=0,51\pm 0,35$) рівняння регресії ($Y=54,7+18,5X$). Наявність подібного зв'язку між цими показниками легко пояснити. Амінокислоти, що з'являються у ґрунті в результаті впливу протеолітичних ферментів на білки і поліпептиди, складають поряд з амінами основний фонд сполук, що містять азот. Найбільш висока активність протеази і вмісту азоту, що легко гідролізується, відмічається в тих шарах ґрунту, де міститься найбільша кількість поживних рештків. Відмічено неістотний середній зв'язок між активністю каталази і вмістом обмінного калію ($r=0,47\pm 0,36$) рівняння регресії ($Y=60,05+32,3X$), активністю каталази і ступеня рухомості калію ($r=0,57\pm 0,33$) рівняння регресії ($Y=106,2+56,7X$).

Активність фосфатази перебуває в істотному середньому зв'язку із вмістом рухомого фосфору ($r=0,71\pm 0,24$) рівняння регресії ($Y=38,5+3,95X$), активністю фосфатази і ступеня рухомості фосфатів ($r=0,61\pm 0,32$) рівняння регресії ($Y=19,4+138,2X$).

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

Серед показників біологічної активності ґрунту, що істотно корелюють з урожайністю вирощування культур, слід виділити активність гідролітичних ферментів протеази, фосфатази, уреазі, а також нітрифікаційну здатність ґрунту. Особливо високими коефіцієнтами кореляції і низькими їх стандартними помилками характеризується зв'язок між активністю гідролітичних ферментів і урожайністю пшениці озимої, що дає підстави вважати дані показники цілком задовільними індикаторами ефективної родючості ґрунту.

Неістотний кореляційний зв'язок відмічено між активністю протеази і урожайністю буряків цукрових ($r=0,68\pm 0,33$) рівняння регресії ($Y=0,32+4,3X$), активністю фосфатази і урожайністю буряків цукрових ($r=0,59\pm 0,37$) рівняння регресії ($Y=9,37+19,0X$), активністю каталази і урожайністю буряків цукрових ($r=0,52\pm 0,27$) рівняння регресії ($Y=37,4+3,4X$).

Показники, що характеризують напруженість окислювально-відновних процесів, що протікають в ґрунті, крім істотної кореляції між собою, в ряді випадків виявляють досить тісний лінійний зв'язок з показниками чисельності мікроорганізмів у різних шарах орного і підорного горизонтів. У більшості випадків ці показники не корелюють з активністю гідролітичних ферментів, вмістом у ґрунті рухомих форм елементів живлення, масою корневих систем і врожайністю культур. Проте слід зазначити, що інтенсивність проектування ґрунтом вуглекислоти, активність дегідрогенази і поліфенолоксидази мають таку ж пошарову диференціацію, як і інші досліджувані показники біологічної активності ґрунту.

Висновки та перспективи. 1. Найвища активність протеази і каталази орного шару за полицево-безполицевого обробітку. Більш висока активність фосфатази

спостерігалася за диференційованого обробітку ґрунту.

2. Застосування мінеральної системи удобрення знижує ферментативну активність чорнозему типового глибокого.

Дослідження з цієї проблеми необхідно продовжити з метою встановлення взаємозв'язку показників ферментативної активності ґрунту з структурою мікробного ценозу чорнозему типового за різних систем основного обробітку і удобрення.

Список використаних джерел

1. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван : Атастан, 1974. 174 с.
2. Голоха В.В. Пероксидазна та поліфенолоксидазна активність ґрунту при систематичному внесенні добрив у сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1977. № 33. С. 60–63.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1985. 351 с.
4. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. Москва : Из-во Моск. Ун-та., 1987. 256 с.
5. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. Минск : Наука и техника, 1966. 276 с.
6. Кутова А.М. Активність ферментів у ризосфері озимої пшениці і кукурудзи на силос залежно від умов вирощування. *Вісник ХНАУ*. 2009. 31. С. 150–152.
7. Мухортов С.Я. Плодородие различных частей пахотного слоя выщелоченного чернозема. *Интенсивное земледелие и пути повышения плодородия почв в ЦЧЗ*. Каменная степь, 1982. С. 13–18.
8. Сымочко Л.Ю., Домбай И.В. Почвенные микроорганизмы как тест объекты при мониторинговых исследованиях наземных экосистем. *Тезисы докладов международной научной конференции "Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем"*. Ростов-на Дону, 2007. С. 290.
9. Хазиев Ф.Х. Роль ферментативной активности в осуществлении почвой экологических функций. *Тезисы докладов международной научной конференции "Экология и биология почв"*. Ростов-на Дону, 2005. С. 514-515.
10. Gray T.R., Williams S.T. Soil microorganisms. London, 1987. 550 p.
11. Harwood C. S., Greenberg E. P. Mega roles of microorganisms. *Science*. 1999. 286, № 5442. P. 1096.
12. Kennedy A.C., Gewin V.L. Soil microbial diversity: Present and future considerations. *Soil Sci*. 1997. 162, № 9. P. 607-617.
13. Piterson A., Gremann D. Biological activity of soil. *International Symposium "Structure and Function of Soil Microbiota"*. 2005. P. 235-236.
14. Symochko L., Roshko V. Influence of electromagnetic field on the functioning of microbial soil cenosis. *Book of abstracts the young scientists and students international scientific conference "Modern problems of microbiology and biotechnology"*. 28-31 May, Odesa 2007. P. 27.

Дата надходження статті до редакції: 21.02.2012
Рецензування 21.03.2019 Прийняття в друк: 27.06.2019

Tsentylo L.V.

E-mail: agrokolos@i.ua

National University of Biology and Natural Resources of Ukraine

Kyiv, Ukraine

ENZYMATIC ACTIVITY OF TYPICAL BLACK SOIL DEPENDING ON THE MAIN CULTIVATION OF SOIL AND FERTILIZER

Abstract

All agrotechnical and agrochemical measures aimed at increasing soil fertility have an effect on enzyme activity. Measures such as soil cultivation, the introduction of organic and mineral fertilizers into the soil,

activate or suppress the enzymatic processes.

The research relies on the intensity and direction of biochemical processes in the soil, containing a series of methods, the use of which has enabled the establishment of a favorable enzymatic active layer of arable chernozem typical. Such methods include: field, laboratory, analysis. The level of differentiation of protease, urease, phosphatase, amylase, catalase, depending on the cultivation of soil and fertilizer, was revealed in the process of comparative analysis of enzymic activity of typical black soil in sunflower agroecosystem.

Field experiments on the study of fermentative activity of typical black soil were conducted during 2012-2016. The object of research was soil cover. It was established that the activation of biochemical processes in the soil is ensured by the organo-mineral fertilizer system - compost 4.5 t + N40P48K54 + 3.5 t by-products and seed weight per hectare of crop rotational area.

Application of the mineral fertilizer system reduces the enzymatic activity of typical black soil. The highest activity of the protease and catalase passes in the arable layer for powered-unpowered cultivation. Higher phosphatase activity was observed for differentiated soil cultivation. Research on this problem should be continued in order to establish a relationship between the parameters of enzymatic activity of soil with the structure of microbial cenosis of typical black soil of different systems of basic cultivation and fertilization.

Keywords: enzymatic activity; cultivation, fertilization, black soil.

References

1. Halstian, A.Sh. (1974). *Fermentativnaia aktivnost pochv Armenyyi*. Erevan : Atastan. [in Russ.]
2. Holokha, V.V. (1977). Peroksydazna ta polifenoloksydazna aktivnist gruntu pry systematychnomu vnesenni dobryu v sivozmini. *Ahrokhimii i gruntoznavstvo*, 33, 60–63. [in Ukr.]
3. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodyka polevoho opyta*. Moscow : Kolos [in Russ].
4. Zvjagincev D.G. (1987). *Pochva i mikroorganizmy*. Moscow : Yz-vo Mosk. Un-ta. [in Russ].
5. Kuprevich V.F., & Shherbakova, T.A. (1966). *Pochvennaja jenzimologija*. Minsk : Nauka i tehnika [in Russ].
6. Kutova, A.M. (2009). Aktivnist fermentiv u ryzosferi ozymoi pshenytsi i kukurudzy na sylos zalezno vid umov vyroshchuvannia. *Visnyk KhNAU*, 31, 150–152. [in Russ].
7. Mukhortov, S.Ia. (1982). Plodorodie razlichnykh chastej pahotnogo sloja vyshhelochennogo chernozema. *Yntesnyvnoe zemledelye y puty povysheniya plodorodyia pochv v TsChZ*. Kamennaia step, 13–18. [in Russ].
8. Symochko L.Ju., & Dombaj I.V. (2007). Pochvennye mikroorganizmy kak test ob#ekty pri monitoringovykh issledovaniyakh nazemnykh jekosistem. *Tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsyy "Estestvennye y ynvazyinye protsessy formirovaniya byoranoobrazzia vodnykh y nazemnykh ekosistem"* [Papers presented at the international conference]. Rostov-na-Donu, p. 290. [in Russ].
9. Khazyev, F.Kh. (2005). Rol fermentativnoi aktivnosti v osushchestvlenii pochvoi ekolohicheskikh funktsiy. *Tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsyy "Ekolohiya y byolohiya pochv"* [Papers presented at the international conference, Rostov-na Donu]. Rostov-na-Donu, 2005. p. 514-515. [in Russ].
10. Gray, T.R., & Williams, S.T. (1987). *Soil microorganisms*. London.
11. Harwood, C. S., & Greenberg, E. P. (1999). Mega roles of microorganisms. *Science*, 286, № 5442. p. 1096.
12. Kennedy, A.C., & Gewin, V.L. (1997). Soil microbial diversity: Present and future considerations. *Soil Science*, v. 162, № 9. p. 607-617.
13. Piterson A., & Gremam D. (2005). Biological activity of soil. *International Symposium "Structure and Function of Soil Microbiota"*, p. 235-236.
14. Symochko, L., & Roshko, V. (28-31 May, 2007). Influence of electromagnetic field on the functioning of microbial soil cenosis. *Book of abstracts the young scientists and students international scientific conference "Modern problems of microbiology and biotechnology"*. 28-31 May, Odesa 2007. P.27.

Received 02/21/2019

Revision 03/21/2019 Accepted 06/27/2019