Сільськогосподарська мікробіологія. 2023. Вип. 37. С. 70–80.
ISSN 1997-3004

https://doi.org/10.35868/1997-3004.37.70-80
УДК [631.445.41:631.465]:631.58(477.5)

ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМІВ ТИПОВИХ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

С. В. Рєзнік

Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44; м. Харків, 61000, Україна; e-mail: serhey021@gmail.com

Мета. *Визначити ферментативну активність чорноземів типових за різних систем землеробства для кращого розуміння особливостей процесів ґрунтотворення в агрогенних ґрунтах.* ***Методи.*** *Порівняльно-профільно-генетичний, метод ґрунтових ключів, польовий, мікробіологічні (визначення активності ферментів каталази, інвертази, уреази, дегідрогенази, протеази, целюлази), статистичні.* ***Результати.*** *Під час дослідження чорноземів типових протягом 2018–2020 рр. зафіксовано найнижчу активність ферментів у 0–10-сантиметровому шарі ґрунту гумусового горизонту за інтенсивної системи землеробства. За умов органічного землеробства, як порівняти з інтенсивною системою землеробства, відзначено підвищення показників активності каталази, інвертази, дегідрогенази, протеази й уреази. Використання сидерату (вика яра) сприяло більш істотному підвищенню активності ґрунтових ензимів, як порівняти із результатами, отриманими за внесення компосту. В середньому чорнозем перелогової ділянки характеризується найвищою активністю ґрунтових ензимів: активність каталази коливалася в межах від 4,4 до 5,6 см*^{3} *O_2 на 1 г ґрунту за 1 хв., інвертази — від 9,4 до 35,8 мг глюкози на 1 г ґрунту за добу, уреази — від 10,5 до 14,6 мг NH_3 на 10 г ґрунту за добу, дегідрогенази — від 4,7 до 12,4 мг ТФФ на 10 г ґрунту за добу, протеази — від 2,0 до 22,0 мг гліцину на 1 г ґрунту за добу, целюлази — від 1,9 до 6,4 мкг глюкози на 1 г ґрунту.* ***Висновки.*** *Дисперсійний аналіз свідчить про істотний вплив на активність ґрунтових ензимів системи землеробства й глибини відбору зразків. Агрогенні ґрунти, як порівняти із чорноземом перелогу, характеризуються нижчими показниками активності таких ферментів, як протеаза, інвертаза, целюлаза і дегідрогеназа, проте за органічного землеробства активність уреази і каталази істотно зростає. Органічне землеробство позитивно впливає на ферментативну активність чорноземів типових, як порівняти з традиційною (інтенсивною) системою.*

Ключові слова*: чорнозем типовий, органічне землеробство, переліг, ферментативна активність, ензими.*

Вступ. До ґрунту постійно надходять різноманітні екзо- і ендоферменти, які стабілізуються й тривалий час зберігають свою активність. Тому активність ґрунтових ензимів є інформативним біологічним показником ґрунту, що відображає інтенсивність і спрямованість ґрунтово-біологічних процесів під впливом сільськогосподарського виробництва, змін клімату, забруднення тощо [1–7].

У ґрунті ензими беруть участь у важливих біохімічних процесах: синтезі й розкладанні гумусу [8], гідролізі органічних сполук [9], деструкції рослинних і тваринних решток [10], а також в окисно-відновних процесах [11], іншими словами, в основних ланках ґрунтотворного процесу [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для оцінки здоров’я ґрунту біомоніторинг є більш інформативним, ніж визначення фізичних і хімічних показників, оскільки зміна набору елементарних ґрунтових процесів у агрогенних ґрунтах практично миттєво віддзеркалюється на їхній біологічній активності [13; 14]. Це визначається здатністю живих організмів швидко реагувати на будь-які зміни умов навколишнього середовища. Але в Україні у загальноприйнятій системі моніторингу ґрунтів відсутні показники біологічної активності ґрунту. З огляду на проблеми збалансованого природокористування досі відсутня система біодіагностичних критеріїв біохімічних і мікробіологічних процесів, за якою проводилася б оцінка й моніторинг ґрунтових змін і явищ [15]. У наукових роботах українських вчених застосовуються різні критерії екологічного оцінювання агротехнологій [16–18]. Проте існує низка обмежень, які гальмують впровадження і використання показників біологічної активності ґрунтів. Це і складність вибору здорових ґрунтів для порівняння, відсутність стандартизації аналітичних методів, недостатня кількість даних щодо біологічної активності різних типів ґрунтів та екосистем, відсутність бази геопросторових даних тощо [19].

Мета досліджень. Визначити у динаміці активність оксидоредуктаз (каталази, дегідрогенази) і гідролаз (інвертази, целюлази, протеази, уреази) чорноземів типових за різних систем землеробства.

Об'єкти та методи досліджень. Для досліджень було обрано чорноземи типові глибокі середньогумусні середньосуглинкові пилувато-піщані на лесах, розміщені на території Зіньківського р-ну Полтавської обл. За агроґрунтовим районуванням ґрунти розташовані у Шишацько-Решетилівському агроґрунтовому підрайоні Полтавського агроґрунтового району північно-західної підпровінції Лісостепу Лівобережного високого, Середньоруської височини, на плато вододілу між річками Псел та Ворскла. Територія широко хвиляста рівнинна, густо пронизана яружно-балковими системами. Досліджували чорноземи в господарствах ПП «Агроекологія» Шишацького р-ну Полтавської обл. та ТОВ «Бурат-Агро» Зіньківського р-ну Полтавської обл. Для досліджень обрано такі варіанти (табл. 1, 2): чорнозем за органічної системи землеробства із застосуванням сидерату в сівозміні (вики ярої з нормою висіву 130 кг/га); органічна система землеробства за умов внесення компосту з гною ВРХ, інтенсивна система землеробства, де застосовують систему різноглибинного обробітку ґрунту і мінеральні добрива. Дані порівнювали із показниками, отриманими на переліжній ділянці, що не оброблялася понад 30 років [20].

Відбір індивідуальних зразків ґрунту здійснювали в перших декадах травня, серпня і листопада протягом 2018–2020 рр. Відбір проводили з глибин 0–10, 10–20, 20–30, 30–40 см, підготовку та зберігання зразків ґрунту для дослідження в лабораторних умовах проводили згідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001 [21].

Активність каталази визначали газометричним методом за А. Ш. Галстяном. Активність інвертази досліджували модифікованим колориметричним методом Ф. Х. Хазієва. Уреазну активність визначали колориметричним методом Т. А. Щербакової шляхом визначення кількості виділеного амонію за допомогою реактива Несслера. Дегідрогеназну активність досліджували за А. Ш. Галстяном шляхом фотоколориметричного визначення кількості утвореного трифенілформазану. Протеазну активність визначали за методикою Галстяна-Арутю-

Таблиця 1. ***Ланка сівозміни й система удобрення на період проведення досліджень***

Варіанти/роки	2018	2019	2020
Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	кукурудза на зерно ($N_{130}P_{30}K_{30}$)	соняшник ($N_{35}P_{15}K_{30}$)	кукурудза ($N_{130}P_{30}K_{30}$)
Органічна система землеробства (компост)	кукурудза на зерно (20 т/га компосту із гною ВРХ)	овес	соя — пересів соя
Органічна система землеробства (сидерат)	вика яра на сидерат	озима пшениця (сидерат, 15 т/га зеленої маси)	зимуючий горох — пересів кукурудза на силос
Переліг	різнотрав'я		

нян за використання нінгідріну. Целюлазну активність встановлювали шляхом визначення кількості виділеної глюкози, після розщеплення ензимом карбоксиметилцелюлози (КМЦ-Na), за кількістю відновленої міді йодометричним титруванням [22; 23].

Масу рослинних решток, яка надходить до ґрунту за різних систем землеробства, визначали за урожайністю основної продукції сільськогосподарських культур за методикою Г. Я. Чесняка [24].

Математико-статистичний аналіз даних здійснено за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel і Statgraphics 18.1 trial.

Результати та їх обговорення. Аналізуючи отримані дані за 2018 рік (табл. 2) відзначимо, що за інтенсивної системи землеробства у 0–10-сантиметровому шарі ґрунту активність каталази, інвертази й протеази зменшилася у 2–3 рази, а активність уреази, дегідрогенази і целюлази — майже у півтора

Таблиця 2. ***Активність ензимів у чорноземах типових за різних систем землеробства***

Варіанти	Глибина, см	Активність каталази, $см^3$ O_2 на 1 г ґрунту за 1 хв.	Активність інвертази, мг глюкози на 1 г ґрунту за добу	Активність уреази, мг NH_3 на 10 г ґрунту за добу	Активність дегідрогенази, мг ТФФ на 10 г ґрунту за добу	Активність протеази, мг гліцину на 1 г ґрунту за добу	Активність целюлази, мкг глюкози на 1 г ґрунту за 7 діб
1	2	3	4	5	6	7	8
2018 рік							
Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	0–10	3,36	11,80	8,48	9,88	3,28	5,00
	10–20	3,27	13,36	9,00	10,74	2,79	1,68
	20–30	3,70	11,00	6,80	9,93	2,08	2,64
	30–40	3,52	8,40	7,05	8,42	1,54	2,20
Органічна система землеробства (компост)	0–10	6,34	22,91	12,93	14,50	10,86	7,93
	10–20	5,98	14,16	11,16	11,57	4,16	5,71
	20–30	6,58	9,69	9,07	9,40	2,36	2,99
	30–40	5,92	7,96	7,67	7,51	2,49	1,89
Органічна система землеробства (сидерат)	0–10	7,43	27,70	21,16	13,94	14,01	7,82
	10–20	7,12	16,84	16,38	11,81	4,61	6,59
	20–30	7,44	9,53	10,81	6,01	3,11	2,86
	30–40	6,28	6,28	10,38	4,55	4,53	2,66
Переліг	0–10	6,41	21,15	10,64	13,61	15,48	6,56
	10–20	5,24	12,88	8,57	11,89	7,36	4,99
	20–30	5,59	10,47	8,24	8,58	3,74	2,80
	30–40	4,88	5,88	6,94	4,50	2,17	1,78
2019 рік							
Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	0–10	4,24	17,58	16,95	9,23	4,07	5,30
	10–20	4,22	17,30	19,07	9,93	3,47	3,05
	20–30	3,74	19,16	16,68	9,07	4,09	2,80
	30–40	3,31	11,90	17,79	6,64	1,74	2,25
Органічна система землеробства (компост)	0–10	5,83	21,82	19,75	10,84	12,08	4,42
	10–20	5,63	20,45	21,34	8,40	6,41	3,32
	20–30	5,62	11,95	18,04	5,96	3,75	1,76
	30–40	5,38	8,86	17,02	4,54	2,04	1,26
Органічна система землеробства (сидерат)	0–10	7,11	29,24	30,99	10,87	12,46	4,20
	10–20	6,88	17,98	22,97	8,02	4,30	5,24
	20–30	6,72	10,47	18,14	6,31	3,37	1,87
	30–40	5,44	7,65	15,37	4,23	4,30	1,32

1	2	3	4	5	6	7	8
Переліг	0–10	5,09	39,50	18,92	13,70	25,56	6,72
	10–20	4,14	15,35	15,95	9,36	4,06	5,49
	20–30	4,80	11,91	16,24	7,71	2,53	3,62
	30–40	4,21	8,78	14,53	4,83	1,88	1,73
2020 рік							
Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	0–10	5,24	18,39	15,69	7,52	6,82	8,09
	10–20	4,60	17,70	15,73	6,68	4,71	6,56
	20–30	4,47	17,18	13,55	7,06	3,54	3,95
	30–40	3,87	11,64	11,76	5,48	1,82	2,58
Органічна система землеробства (компост)	0–10	6,88	22,67	15,53	10,14	12,03	6,25
	10–20	7,12	21,86	15,96	8,14	7,15	6,64
	20–30	6,17	12,71	12,75	6,61	4,55	3,05
	30–40	5,07	8,51	11,11	5,64	2,77	2,11
Органічна система землеробства (сидерат)	0–10	8,09	32,73	24,69	10,25	24,84	5,76
	10–20	8,09	28,00	16,28	8,45	7,33	5,71
	20–30	6,84	18,45	13,14	6,02	4,30	3,07
	30–40	5,66	9,41	10,84	4,05	3,42	2,31
Переліг	0–10	5,40	46,82	14,29	9,81	24,83	5,84
	10–20	5,37	29,99	11,35	8,53	8,68	5,43
	20–30	4,67	24,28	11,67	7,16	5,15	2,83
	30–40	4,08	13,55	9,95	4,85	2,08	2,06
середнє							
Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	0–10	4,28	15,92	13,71	8,88	4,72	6,13
	10–20	4,03	16,12	14,60	9,11	3,66	3,76
	20–30	3,97	15,78	12,34	8,68	3,23	3,13
	30–40	3,57	10,64	12,20	6,84	1,70	2,34
Органічна система землеробства (компост)	0–10	6,35	22,47	16,07	11,83	11,65	6,20
	10–20	6,24	18,83	16,15	9,37	5,91	5,22
	20–30	6,12	11,45	13,28	7,32	3,55	2,60
	30–40	5,46	8,44	11,93	5,90	2,44	1,76
Органічна система землеробства (сидерат)	0–10	7,54	29,89	25,61	11,68	17,10	5,93
	10–20	7,36	20,94	18,55	9,43	5,42	5,84
	20–30	7,00	12,82	14,03	6,11	3,59	2,60
	30–40	5,79	7,78	12,20	4,28	4,08	2,10
Переліг	0–10	5,63	35,83	14,62	12,37	21,96	6,37
	10–20	4,92	19,41	11,96	9,92	6,70	5,30
	20–30	5,02	15,56	12,05	7,82	3,81	3,08
	30–40	4,39	9,40	10,47	4,73	2,04	1,86
Система землеробства	S. E.	0,11	0,50	0,59	0,18	0,27	0,16
	F-Ratio	88,65	6,35	6,79	3,58	26,97	1,99
	P-Value	0,0000	0,0003	0,0002	0,0138	0,0000	0,1151
	$LSD_{0,05}$	0,29	1,39	1,64	0,51	0,76	0,43
Глибина	S. E.	0,10	0,49	0,57	0,18	0,27	0,15
	F-Ratio	38,48	225,49	50,77	289,18	232,63	127,13
	P-Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	$LSD_{0,05}$	0,28	1,35	1,59	0,49	0,74	0,42

раза, якщо порівнювати із чорноземом перелогової ділянки. Проте варто відзначити, що за інтенсивної системи землеробства у шарі 10–20 см було зафіксовано нетипово високу активність уреази — 9,0 мг NH_3 на 10 г ґрунту за добу, що пов'язано із внесенням мінеральних добрив, зокрема карбаміду, під час вирощування кукурудзи. Внесення 20 т/га компосту у варіанті органічного землеробства стало причиною підвищення активності інвертази, уреази, дегідрогенази і целюлази проти перелогу, а застосування сидерату — також і каталази.

У 2019 році чорнозем за інтенсивної системи землеробства характеризувався найменшою активністю ґрунтових ферментів серед досліджених варіантів, за винятком показника активності целюлази. У чорноземах за органічної системи землеробства все ще зберігалася висока активність каталази і уреази, проте активність інвертази, дегідрогенази, протеази і целюлази істотно поступалася цим показникам під перелогом. Якщо порівнювати активність ґрунтових ферментів у чорноземах органічної системи землеробства за різного удобрення, варто відзначити вищу активність каталази, інвертази, уреази і протеази після застосування сидерату вики ярої.

У 2020 році чорнозем за інтенсивної системи землеробства мав найвищу активність целюлази — 8,1 мкг глюкози на 1 г ґрунту, тоді як активність решти ферментів була найнижчою серед досліджених ґрунтів. Водночас у чорноземі перелогової ділянки було зафіксовано найвищі значення активності інвертази — 46,8 мг глюкози на 1 г ґрунту за добу і протеази — 24,8 мг гліцину на 1 г ґрунту за добу. Чорноземи типові за органічного землеробства, особливо за умови застосування сидерату, характеризувалися найвищою активністю каталази, уреази і дегідрогенази.

Загалом за інтенсивної системи землеробства, як порівняти з перелогом, істотно знижується ферментативна активність в 0–20-сантиметровому шарі ґрунту гумусового горизонту. В середньому у чорноземі за інтенсивної системи землеробства активність каталази залежно від глибини відбору зразків змінювалася в межах від 3,6 до 4,3 см^3 O_2 на 1 г ґрунту за 1 хв., інвертази — від 10,6 до 16,1 мг глюкози на 1 г ґрунту за добу, уреази — від 12,2 до 14,6 мг NH_3 на 10 г ґрунту за добу, дегідрогенази — від 6,8 до 9,1 мг ТФФ на 10 г ґрунту за добу, протеази — від 1,7 до 4,7 мг гліцину на 1 г ґрунту за добу, целюлази —– від 2,3 до 6,1 мкг глюкози на 1 г ґрунту.

Чорнозем перелогової ділянки характеризується найвищою активністю ґрунтових ензимів у гумусовому горизонті: активність каталази коливалася в межах від 4,4 до 5,6 см^3 O_2 на 1 г ґрунту за 1 хв., інвертази — від 9,4 до 35,8 мг глюкози на 1 г ґрунту за добу, уреази — від 10,5 до 14,6 мг NH_3 на 10 г ґрунту за добу, дегідрогенази — від 4,7 до 12,4 мг ТФФ на 10 г ґрунту за добу, протеази — від 2,0 до 22,0 мг гліцину на 1 г ґрунту за добу, целюлази — від 1,9 до 6,4 мкг глюкози на 1 г ґрунту. За органічної системи землеробства активність таких ензимів, як протеаза, інвертаза, целюлаза і дегідрогеназа також є меншою ніж у чорноземі перелогу, проте активність каталази і уреази істотно зростає. Показники активності каталази зросли до рівня 5,5–6,4 см^3 O_2 на 1 г ґрунту за 1 хв. у варіанті з внесенням компосту і до 5,8–7,5 см^3 O_2 на 1 г ґрунту за 1 хв. у варіанті з використанням сидерату. Активність уреази у 0–40-сантиметровому шарі ґрунту варіанта із застосуванням сидерату змінювалася в межах від 12,2 до 25,6 мг NH_3 на 10 г ґрунту за добу, а за умови внесення компосту — від 11,9 до 16,2 мг NH_3 на 10 г ґрунту за добу.

Високі показники біологічної активності ґрунту на перелоговій ділянці, імовірно, зумовлюються системним надходженням рослинних решток та їхньою трансформацією. Так, розрахунки рослинної біомаси, яку отримують ґрунти, свідчать про найвищі показники саме за умов перелогу (табл. 3).

Двофакторний дисперсійний аналіз (табл. 2) показав, що фактор глибини має істотний вплив на активність усіх досліджуваних ензимів, а система землеробства достовірно впливає на активність каталази, інвертази, уреази, дегідрогенази і протеази. Виходячи з величини показника F, вплив глибини відбору зразків на ферментативну активність значно вищий, ніж системи землеробства, виняток становить лише показник активності каталази. Також варто відзначити, що активність досліджених ферментів з глибиною поступово зменшується у чорноземах перелогу й органічного землеробства, де у

Таблиця 3. ***Урожайність сільськогосподарських культур і різнотрав'я (на перелоговій ділянці) та біомаса рослин за роками досліджень***

Роки	Варіанти	Культури	Урожайність, т/га	Поверхневі рештки, т/га	Кореневі рештки, т/га	Всього (біомаса), т/га
2018	Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	кукурудза на зерно	8,4	1,8	7,7	9,5
	Органічна система землеробства (компост)	кукурудза на зерно	6,3	1,4	5,9	7,3
	Органічна система землеробства (сидерат)	вика яра	15,0	3,8	3,2	7,0
	Переліг	різнотрав'я	10,7	10,7	6,7	17,4
2019	Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	соняшник	3,8	1,9	4,9	6,8
	Органічна система землеробства (компост)	овес	4,0	2,3	2,5	4,8
	Органічна система землеробства (сидерат)	озима пшениця	5,0	3,0	4,6	7,6
	Переліг	різнотрав'я	12,6	12,6	7,7	20,3
2020	Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	кукурудза на зерно	9,8	2,1	8,8	10,9
	Органічна система землеробства (компост)	соя	1,2	0,6	1,3	1,9
	Органічна система землеробства (сидерат)	зимуючий горох + пересів кукурудза на силос	28,0	1,8	5,8	7,6
	Переліг	різнотрав'я	13,2	13,2	7,9	21,1

господарстві застосовують безполицевий обробіток ґрунту. Проте у чорноземі за інтенсивної системи землеробства нерідко пік активності ферментів фіксується на глибині 10–30 см. Причиною цього є застосування у господарстві системи різноглибинного обробітку ґрунту, яка передбачає періодичну оранку.

Kwiatkowski [25] у своїх працях також говорить про підвищення показників активності дегідрогенази, протеази й уреази за умов органічного землеробства проти традиційної технології. Проте варто відзначити складність досліджень активності ґрунтових ензимів в орному шарі через велику кількість природних і антропогенних чинників: сівозміна, система обробітку ґрунту, фізичні й хімічні властивості ґрунту, внесення засобів захисту рослин тощо [26]. Woźniak [27] у своїх дослідженнях говорить про залежність активності дегідрогенази, протеази і фосфатази від обробітку ґрунту й вирощуваної культури. За даними Шевченка [28], оранка протягом дванадцяти років не вплинула на целюлозолітичну активність чорнозему типового. Вільний і Малюк [29] стверджують, що ферментативна активність ґрунту загалом зростає зі зменшенням механічного навантаження на ґрунт. А в роботі Чебанової [30] наведено дані щодо підвищення активності ґрунтових ферментів за умов внесення органічних та мінеральних добрив.

Висновки. Чорнозем за інтенсивної системи землеробства характеризується меншими показниками ферментативної активності проти перелогової ділянки. Органічне землеробство, як порівняти з інтенсивною системою землеробства, сприяє істотному збільшенню показників активності більшості ґрунтових ензимів, за винятком целюлази. За органічної системи землеробства за умови внесення компосту і застосування сидерату активність таких ферментів, як протеази, інвертази, целюлази і дегідрогенази також менша, ніж на перелозі, проте активність уреази і каталази істотно зростає. Використання сидерату (15 т/га зеленої маси вики ярої) спричинило більш істотне підвищення активності досліджених ґрунтових ензимів проти внесення 20 т/га компосту.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Патика В. П., Симочко Л. Ю. Мікробіологічний моніторинг ґрунту природних та трансформованих екосистем Закарпаття України. *Мікробіологічний журнал*. 2013. № 2. С. 21–31.

2. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф., Валагурова О. В., Козирицька В. Є. Функціонування мікробних ценозів в умовах антропогенного навантаження. К. : Обереги, 2001. 240 с.

3. Шерстобоєва О. В., Дем'янюк О. С., Чабанюк Я. В. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроекосистем. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142–148. https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170

4. Wołejko E., Jabłońska-Trypuć A., Wydro U., Butarewicz A., Łozowicka B. Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides — A review. *Applied Soil Ecology*. 2020. Vol. 147. 103356. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.006

5. Marcos M. S., Olivera N. L. Microbiological and Biochemical Indicators for Assessing Soil Quality in Drylands from Patagonia. Biology and Biotechnology of Patagonian Microorganisms: collective monograph. Springer, Cham. 2016. P. 91–108. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42801-7_6

6. Рєзнік С. В., Гавва Д. В., Сотников Ю. О. Динаміка активності інвертази у чорноземах типових за різних систем землеробства. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. 2020. № 1. С. 86–93

7. Рєзнік С. В. Гавва Д. В., Сотников Ю. О. Каталазна активність чорноземів типових Лівобережжя Лісостепу України за різних систем землеробства. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. 2019. № 2. С. 73–82.

8. Zhang L., Chen X., Xu Y., Jin M., Ye X., Gao H. … Thompson M. L. Soil labile organic carbon fractions and soil enzyme activities after 10 years of continuous fertilization and wheat residue incorporation. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. 11318. https://doi.org/10.1038/s41598-020-68163-3

9. Zhang D., Wu J., Yang F., Chen Q., Feng J., Li Q. … Cheng X. Linkages between soil organic carbon fractions and carbon-hydrolyzing enzyme activities across riparian zones in the Three Gorges of China. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. 8433. https://doi.org/10.1038/s41598-020-65200-z

10. Kuscu S. K., Cetin M., Yiğit N., Savacı G., Sevik H. Relationship between enzyme activity (urease-catalase) and nutrient element in soil use inci. Polish Journal Environmental Studies, 2018. Vol. 27, № 5. P. 2107–2112. https://doi.org/10.15244/pjoes/78475

11. Hall S. J. Dynamics of Redox Reactions Structure Decomposition and Greenhouse Gas Fluxes in Humid Tropical Forest Soils (Candidate thesis). 2013. University of California, Berkeley, USA.

12. Shi W. Agricultural and Ecological Significance of Soil Enzymes: Soil Carbon Sequestration and Nutrient Cycling. G. Shukla, A. Varma (Eds.). *Soil Enzymology. Soil Biology*. Vol 22. Berlin, Heidelberg : Springer, 2010. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14225-3_3

13. Rieznik S., Havva D., Butenko A., Novosad K. Biological activity of chernozems typical of different farming practices. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32, № 2. P. 307–313. https://doi.org/10.15159/jas.21.34

14. Muscolo A., Settineri G., Attinà E. Early warning indicators of changes in soil ecosystem functioning. *Ecological Indicators*, 2015. Vol. 48. P. 542–549. https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2014.09.017.

15. Дем'янюк О. С. Обґрунтування мінімальної системи біопоказників для експрес-оцінювання екологічного стану ґрунту агроекосистем. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 2. С. 151–155.

16. Тонха О. Л., Балаєв А. Д., Піковська О. В. Формування мікробного комплексу чорнозему реградованого за різних систем удобрення. *Науковий вісник НУБіП України. Серія Агрономія*. 2017. № 269. С. 148–153.

17. Волкогон В. В., Дімова С. Б., Волкогон К. І. Спрямованість процесів мінералізації-синтезу органічної речовини в чорноземі вилуженому за різного удобрення ячменю ярого. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022.

Вип. 35. С. 3–16. https://doi.org/10.35868/1997-3004.35.3-16

18. Казюта О. М., Казюта А. О. Ферментативна активність ґрунтів заплави р. Сіверський Донець під лісовим ценозом. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». 2017. № 2. С. 139–146.

19. Furtak, K., Gajda, A. M. Activity and Variety of Soil Microorganisms Depending on the Diversity of the Soil Tillage System. Sustainability of Agroecosystems. *InTech.* 2018. P. 45–61. https://doi.org/10.5772/intechopen.72966

20. Rieznik S., Havva D., Chekar O. Enzymatic activity of typical chernozems under the conditions of the organic farming systems. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021. Vol. LXIV, Is. 2. P. 114–119.

21. ДСТУ ISO 10381-6:2001 Якість ґрунту. Відбір проб. Частина 6: Настанови щодо відбору, обробки та зберігання ґрунту для оцінки аеробних мікробіологічних процесів у лабораторії (ISO 10381-6:1993, IDT). [Чинний від 2002-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 15 с.

22. Галстян А. Ш. Определение активности ферментов почв. Ереван, 1978. 56 с.

23. Щуковський М. А., Величко Л. Л., Новосад К. Б., Казюта О. М., Васильєва Л. І. Посібник до лабораторно-практичних занять. Харків : ХНАУ, 2002. 136 с.

24. Чесняк Г. Я., Бацула О. О., Дерев'янко Р. Г. Параметри гумусного стану ґрунтів. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті. К. : Урожай, 1987. 125 с.

25. Kwiatkowski C. A., Harasim E., Feledyn-Szewczyk B., Antonkiewicz J. Enzymatic Activity of Loess Soil in Organic and Conventional Farming Systems. *Agriculture.* 2020. Vol. 10(4). P. 135 https://doi.org/10.3390/agriculture10040135

26. Micuți M. M., Bădulescu L. A., Israel-Roming F. Effect of Pesticides on Enzymatic Activity in Soil. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies.* 2018. Vol. 75, № 2. P. 80–84. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:2017.0040

27. Woźniak A. Chemical Properties and Enzyme Activity of Soil as Affected by Tillage System and Previous Crop. *Agriculture.* 2019. Vol. 9(12). P. 262. https://doi.org/10.3390/agriculture9120262

28. Шевченко М. В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: Майдан, 2019. 210 с.

29. Вільний Р. П., Маклюк О. І. Вплив обробітку ґрунту на ферментативну активність чорнозему типового. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів».* 2014. № 2. С. 34–41.

30. Чебанова В. В. Динаміка ферментативної активності чорнозему типового за використання різних видів добрив. *Екологічні науки.* 2019. Т. 1, № 1(24). С. 82–86. https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-14

Отримано 15.02.2023

https://doi.org/10.35868/1997-3004.37.70-80
UDC [631.445.41:631.465]:631.58(477.5)

ENZYMATIC ACTIVITY OF TYPICAL CHORNOZEM IN DIFFERENT FARMING SYSTEMS UNDER THE CONDITIONS OF THE DNIPRO LEFT BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

S. V. Rieznik

State Biotechnological University
e-mail: serhey021@gmail.com

Objective. *To measure the enzymatic activity of typical chornozems in different farming systems for a better understanding of the features of soil formation processes in agrogenic soils.* ***Methods.*** *Comparative-profile-genetic, soil spring method, field, microbiological (measuring catalase, invertase, urease, dehydrogenase, protease, cellulase enzymatic activity), statistical.* ***Results.*** *During* *the study of typical chornozems during 2018–2020, the lowest activity of enzymes was recorded in the 0–10-centimeter soil layer of the humus horizon under an intensive farming system. Under the conditions of organic farming, an increase in the activity parameters of catalase, invertase, dehydrogenase, protease and urease was noted compared to the intensive system of farming. The use of green manure (spring vetch) contributed to a more significant increase in the activity of soil enzymes compared to the results obtained with the application of compost. On average, chornozem of the layland area is characterized by the highest activity of soil enzymes: catalase activity ranged from 4.4 to 5.6 cm^3 O_2 per 1 g of soil in 1 min, invertase activity — from 9.4 to 35.8 mg of glucose per 1 g of soil per day, ureases — from 10.5 to 14.6 mg of NH_3 per 10 g of soil per day, dehydrogenases — from 4.7 to 12.4 mg of TPP per 10 g of soil per day, proteases — from 2.0 to 22.0 mg of glycine per 1 g of soil per day, cellulase — from 1.9 to 6.4 µg of glucose per 1 g of soil.* ***Conclusion.*** *Analysis of variance shows a significant influence of the farming system and the depth of sampling on the activity of soil enzymes. Agrogenic soils are characterized by lower activity of such enzymes as protease, invertase, cellulase and dehydrogenase compared to layland chornozem, however, the activity of urease and catalase increases significantly under the conditions of organic farming. Organic farming has a positive effect on the enzymatic activity of typical chornozems compared to the traditional (intensive) system.*

Key words*: typical chornozem, organic farming, layland, enzymatic activity, enzymes.*

REFERENCES

1. Patyka, V. P., & Simochko, L. Yu. (2013). Mikrobiolohichnyy monitorynh gruntu pryrodnykh ta transformovanykh ekosystem Zakarpattya Ukrayiny [Microbiological soil monitoring of natural and transformed ecosystems of Transcarpathia of Ukraine]. *Mikrobiolohichnyy zhurnal — Microbiological Journal, 2*, 21–31 [in Ukrainian].

2. Andreyuk, K. I., Iutynska, G. O., Antipchuk, A. F., Valahurova, O. V., & Kozyrytska, V. Ye. (2001). *Funktsionuvannya mikrobnykh tsenoziv v umovakh antropohennoho navantazhennya* [Functioning of microbial coenoses under conditions of anthropogenic load]. Kyiv: Oberegy [in Ukrainian].

3. Sherstoboyeva, O. V., Demyanyuk, O. S., & Chabanyuk, Y. V. (2017). Biodiahnostyka i biobezpeka gruntiv ahroekosystem [Biodiagnostics and biosafety of soils of agroecosystems]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal, 2*, 142–148. https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170 [in Ukrainian].

4. Wołejko, E., Jabłońska-Trypuć, A., Wydro, U., Butarewicz, A., & Łozowicka, B. (2020). Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides — A review. *Applied Soil Ecology, 147*. 103356 https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.006.

5. Marcos, M. S., & Olivera, N. L. (2016). Microbiological and Biochemical Indicators for Assessing Soil Quality in Drylands from Patagonia. Biology and Biotechnology of Patagonian Microorganisms: collective monograph. Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-42801-7_6

6. Rieznik, S. V., Gavva, D. V., & Sotnikov, Yu. O. (2020). Dynamika aktyvnosti invertazy u chornozemakh typovykh za riznykh system zemlerobstva [Dynamics of invertase activity in chernozems typical of different farming systems]. *Visnyk KHNAU im. V. V. Dokuchayeva. Ser. "Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiya gruntiv" — Bulletin of KhNAU named after V. V. Dokuchaev. Ser. "Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology", 1*, 86–93 [in Ukrainian].

7. Rieznik, S. V. Gavva, D. V., & Sotnikov, Yu. O. (2019). Katalazna aktyvnist′ chornozemiv typovykh Livoberezhzhya Lisostepu Ukrayiny za riznykh system zemlerobstva [Catalase activity of chernozems typical of the Left Bank of the Forest Steppe of Ukraine under different farming systems]. *Visnyk KHNAU im. V. V. Dokuchayeva. Ser. "Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiya gruntiv" — Bulletin of KhNAU named after V. V. Dokuchaev. Ser. "Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology", 2*, 73–82 [in Ukrainian].

8. Zhang, L., Chen, X., Xu, Y., Jin, M., Ye, X., Gao, H. … Thompson, M. L. (2020). Soil labile organic carbon fractions and soil enzyme activities after 10 years of continuous fertilization and wheat residue incorporation. *Scientific Reports, 10*, 11318. https://doi.org/10.1038/s41598-020-68163-3

9. Zhang, D., Wu, J., Yang, F., Chen, Q., Feng, J., Li, Q. … Cheng, X. (2020). Linkages between soil organic carbon fractions and carbon-hydrolyzing enzyme activities across riparian zones in the Three Gorges of China. *Scientific Reports, 10*, 8433. https://doi.org/10.1038/s41598-020-65200-z

10. Kuscu, S. K., Cetin, M., Yiğit, N., Savacı, G., & Sevik, H. (2018). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use Inci. *Polish Journal Environmental Studies, 27*(5), 2107–2112. https://doi.org/10.15244/pjoes/78475

11. Hall, S. J. (2013). Dynamics of Redox Reactions Structure Decomposition and Greenhouse Gas Fluxes in Humid Tropical Forest Soils (Candidate thesis). University of California, Berkeley, USA.

12. Shi, W. (2010). Agricultural and Ecological Significance of Soil Enzymes: Soil Carbon Sequestration and Nutrient Cycling. In: G. Shukla, A. Varma (Eds.). *Soil Enzymology. Soil Biology, 22*. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14225-3_3

13. Rieznik, S., Havva, D., Butenko, A., & Novosad, K. (2021). Biological activity of chernozems typical of different farming practices. *Agraarteadus, 32*(2), 307–313. https://doi.org/10.15159/jas.21.34

14. Muscolo, A., Settineri, G., & Attinà, E. (2015). Early warning indicators of changes in soil ecosystem functioning. *Ecological Indicators, 48*, 542–549. https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2014.09.017

15. Demyanyuk, O. S. (2017). Obgruntuvannya minimal′noyi systemy biopokaznykiv dlya ekspres-otsinyuvannya ekolohichnoho stanu gruntu ahroekosystem [Justification of the minimum system of bioindicators for express assessment of the ecological state of the soil of agroecosystems]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced environmental management, 2*, 151–155 [in Ukrainian].

16. Tonha, O., Balaev, A., & Pikovska, O. (2017). Formuvannya mikrobnoho kompleksu chornozemu rehradovanoho za riznykh system udobrennya [Formation of microbial complex of chernozem regraded in different fertilizer systems]. *Naukovyy visnyk NUBiP Ukrayiny. Seriya Ahronomiya — Scientific bulletin of NUBiP of Ukraine. Agronomy series, 269*, 148–153 [in Ukrainian].

17. Volkohon, V., Dimova, S., & Volkohon, K. (2022). Direction of mineralization-synthesis processes of organic matter in leached chornozem under various fertilization of spring barley. *Agriciltural Microbiology, 35*, 3–16. https://doi.org/10.35868/1997-3004.35.3-16

18. Kazyuta O. M., & Kazyuta A. O. (2017). Fermentatyvna aktyvnist′ gruntiv zaplavy r. Sivers′kyy Donets′ pid lisovym tsenozom [Enzymatic activity of floodplain soils of the Siverskyi Donets River under the forest cenosis]. *Visnyk KHNAU im. V. V. Dokuchayeva. Ser. "Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiya gruntiv" — Bulletin of KhNAU named after V. V. Dokuchaev. Ser. "Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology"*, 2, 139–146 [in Ukrainian].

19. Furtak, K., Gajda, A. M. (2018). Activity and Variety of Soil Microorganisms Depending on the Diversity of the Soil Tillage System. Sustainability of Agroecosystems. *InTech*. 45–61. https://doi.org/10.5772/intechopen.72966

20. Rieznik, S., Havva, D., & Chekar, O. (2021). Enzymatic activity of typical chernozems under the conditions of the organic farming systems. *Scientific Papers. Series A. Agronomy, LXIV*(2), 114–119.

21. DSTU ISO 10381-6:2001. Yakist′ gruntu. Vidbir prob. Chastyna 6: Nastanovy shchodo vidboru, obrobky ta zberihannya gruntu dlya otsinky aerobnykh mikrobiolohichnykh protsesiv u laboratoriyi (ISO 10381-6:1993, IDT) [Soil quality. Sample selection. Part 6: Guidelines for the selection, treatment and storage of soil for the evaluation of aerobic microbiological processes in the laboratory (ISO 10381-6:1993, IDT)]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2002 [in Ukrainian].

22. Galstyan, A. Sh. (1978). *Opredeleniye aktivnosti fermentov pochv* [Determination of the activity of soil enzymes]. Yerevan [in Russian].

23. Shchukovsky, M. A., Velichko, L. L., Novasad, K. B., Kazyuta, O. M., & Vasilieva, L. I. (2002). *Posibnyk do laboratorno-praktychnykh zaniat* [A guide to laboratory and practical classes]. Kharkiv: KhNAU. [in Ukrainian].

24. Chesnyak, G. Ya., Batsula, O. O., & Derevyanko, R. G. (1987). *Parametry humusnoho stanu hruntiv. Zabezpechennya bezdefitsytnoho balansu humusu v hrunti* [Parameters of the humus state of soils. Ensuring a deficit-free balance of humus in the soil]. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].

25. Kwiatkowski, C. A., Harasim, E., Feledyn-Szewczyk, B., & Antonkiewicz, J. (2020). Enzymatic Activity of Loess Soil in Organic and Conventional Farming Systems. *Agriculture, 10*(4), 135. https://doi.org/10.3390/agriculture10040135

26. Micuți, M. M., Bădulescu, L. A., & Israel-Roming, F. (2018). Effect of Pesticides on Enzymatic Activity in Soil. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb: 2017.0040

27. Woźniak, A. (2019). Chemical Properties and Enzyme Activity of Soil as Affected by Tillage System and Previous Crop. *Agriculture, 9*(12), 262. https://doi.org/10.3390/agriculture9120262

28. Shevchenko, M. V. (2019). Naukovi osnovy system obrobitku gruntu v umovakh nestiykoho ta nedostatn′oho zvolozhennya [Scientific basis of soil tillage systems in conditions of unstable and insufficient moisture]. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian].

29. Vilniy, R. P., Maklyuk, O. I. (2014). Vplyv obrobitku gruntu na fermentatyvnu aktyvnist′ chornozemu typovoho [The effect of tillage on the enzymatic activity of typical chernozem]. *Visnyk KHNAU im. V. V. Dokuchayeva. Ser. “Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiya gruntiv” — Bulletin of KhNAU named after V. V. Dokuchaev. Ser. “Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology”, 2*, 34–41 [in Ukrainian].

30. Chebanova V. V. (2019). Dynamika fermentatyvnoyi aktyvnosti chornozemu typovoho za vykorystannya riznykh vydiv dobryv [Dynamics of enzymatic activity of typical chernozem with the use of different types of fertilizers]. *Ekolohichni nauky — Environmental sciences, 1*(24), 82–86. https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-14 [in Ukrainian].

Received 15.02.2023