

ДИНАМІКА ФЕРМЕНТАТИВНОЇ АКТИВНОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ДОБРИВ

Чебанова В.В.

Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
вул. Чайковська 4, 61024, м. Харків
chebanova.vita@gmail.com

Наведено результати дослідження впливу різних систем удобрення на стан біохімічної активності чорнозему типового під різними культурами на початку вегетації та під час збору врожаю. Отримані данні свідчать, що досліджуваний ґрунт загалом відрізняється високим рівнем ферментативної активності. Також спостерігались суттєві відмінності в характері і спрямованості ферментативних процесів та процесів трансформації органічної речовини під різними видами добрив. Для більшості варіантів характерно збільшення ферментативної активності ґрунту в період з початку вегетації до періоду збору врожаю, на що позитивно впливало внесення гною та органо-мінеральних добрив. Установлено, що використання органо-мінеральних добрив у дозі гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$ та гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$ сприяє підвищенню ферментативної активності чорнозему типового. *Ключові слова:* ґрунтові ферменти, біохімічна активність, добрива, чорнозем типовий.

Динамика ферментативной активности чернозема типичного при использовании различных видов удобрения. Чебанова В.В. Приведены результаты исследований влияния разных систем удобрения на состояние биохимической активности чернозема типичного при выращивании различных культур в начале вегетации и во время уборки урожая. Полученные данные свидетельствуют о существенных отличиях в характере и направленности ферментативных процессов и процессов трансформации органических веществ под различными видами удобрений. Для большинства вариантов характерно увеличение ферментативной активности почвы в период с начала вегетации до сбора урожая, на это оказывало позитивное влияние внесение навоза и органо-минеральных удобрений. Установлено, что применение органо-минеральных удобрений в дозе навоз 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$ и навоз 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$ способствует улучшению ферментативной активности чернозема типичного. *Ключевые слова:* почвенные ферменты, биохимическая активность, удобрения, чернозем типичный.

Dynamics of enzymatic activity of typical black earth under application of different types of fertilizers. Chebanova V. In the article is given the results of the study of an influence of different fertilizing systems on conditions of biochemical activity of typical black earth under different cultures on the beginning and on the end of vegetation. The data obtained shows significant differences in character and direction of enzymatic processes and in transformation of organic substances under different fertilizing systems. In most cases it is typical an increasing of biogenicity of soil from the beginning till the end of vegetation that is positively influenced by addition of manure and organo-mineral fertilizers. It is established that application of organo-mineral fertilizer in a dose manure 8 ton per hectare + $N_{45}P_{50}K_{45}$ and manure 8 ton per hectare + $N_{90}P_{100}K_{90}$ promotes an improvement of enzymatic activity of soil. *Key words:* soil enzymes, biochemical activity, fertilizers, typical black earth.

Постановка проблеми. В умовах інтенсивної антропогенної діяльності особливо гостро постає проблема щорічної втрати гумусу в ґрунті, що викликає різноманітні деградаційні процеси, зокрема: зменшення біорізноманіття, зниження вмісту поживних речовин, родючості та якості в цілому [1; 23]. Для забезпечення сталого використання ґрунтових ресурсів та попередження погіршення їх стану необхідно проводити систематичний моніторинг і діагностику стану ґрунтів, що дозволить отримувати об'єктивну інформацію про сучасний стан ґрунтового покриву, його динаміку, а також зміни, які відбуваються в ґрунті, у зв'язку з антропогенною діяльністю (використанням добрив, застосуванням інших агротехнологій) та виділити території, які терміново потребують ґрунтоохоронних заходів [2; 3].

Актуальність дослідження. В аграрному секторі економіки використовується понад 32,4 млн га

орних земель, з яких чорноземні ґрунти займають 67,7% площі. Найважливішим складником чорноземів є гумус, від вмісту якого залежить родючість ґрунту, інтенсивність проходження біологічних і біохімічних процесів, що зумовлюють накопичення поживних речовин, необхідних ґрунтовим мікроорганізмам, а також рослинам [4]. В останні роки щорічні втрати гумусу в ґрунті сягають 0,66 т/га, що викликає різноманітні деградаційні процеси, зокрема зменшення біорізноманіття, зниження вмісту поживних речовин, родючості та якості в цілому [1]. Для забезпечення сталого використання ґрунтових ресурсів та попередження погіршення їх стану необхідно проводити систематичний моніторинг і діагностику стану ґрунтів [2; 3].

Перетворення органічних решток у гумус та його відтворення в ґрунтах є складним біохімічним процесом, в якому беруть участь різні ферментативні

комплекси мікроорганізмів, а також накопичені в ґрунті неклітинні ферменти [5; 6]. Тому ферментативна активність є перспективним показником і важливим критерієм оцінки біологічної активності мікробного ценозу ґрунту, який відображує спрямованість та напруженість біохімічних процесів (трансформації органічної речовини, утворення гумусу, накопичення поживних речовин). Дослідження ферментативної активності має перевагу над іншими методами оцінки біохімічного та фітосанітарного стану ґрунту та змін його біологічної активності за різних видів та інтенсивності антропогенного навантаження [7; 8; 9; 10; 11]. Отже, прагнення забезпечити відтворення гумусу в ґрунтах, які є фондом поживних речовин та енергії, є важливим і актуальним завданням сьогодення [4; 12].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Про утворення Координаційної ради з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням» № 20 від 18.01.2017 р. одним із першочергових завдань є: до 2020 р. досягти стабільного рівня вмісту органічного вуглецю в ґрунтах сільськогосподарських угідь, а до 2030 р. – збільшити його не менше ніж на 0,1%, у т. ч. у розрізі зон: Полісся – на 0,10–0,16%; Лісостепу та Степу – на 0,08–0,10% [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для збереження і відновлення родючості чорноземів України в сучасному землеробстві треба проводити систематичний моніторинг і діагностику стану ґрунтів [2; 3]. Розробка програм моніторингу потребує визначення індикаторних показників, що дозволить зрозуміти спрямованість та інтенсивність окремих мікробіологічних і біохімічних процесів, які відбуваються в ґрунті, та використовувати їх як для характеристики стану ґрунту, так і для регулювання процесів, що в ньому відбуваються [2; 13; 14].

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою нашої роботи було дослідження впливу різних видів добрив на ферментативну активність чорнозему типового на початку вегетації, коли це особливо важливо для росту рослин, та наприкінці вегетації, коли закладається основа майбутнього врожаю.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на стаціонарному польовому досліді з агроекологічного моніторингу ДП «ДГ «Граківське» ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського». Ґрунт під дослідом – чорнозем типовий середньогумусний легкоглинистий на лесі. В орному шарі ґрунту міститься: гумусу (за методом Тюріна) [15] 5,6–5,8%, загального азоту 0,30–0,34%, валового фосфору 0,19%, валового калію 2,2%, азоту, що легко гідролізується, – 120–140 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору і калію (за методом Чирікова) 80–100 мг/кг та 90–110 мг/кг ґрунту відповідно [16]. У шарі 0–30 см рН сольовий становить 6,19–6,68.

Схема досліду: 1. контроль (без добрив); 2. $N_{45}P_{50}K_{45}$; 3. $N_{90}P_{100}K_{90}$; 4. Гній 8 т/га; 5. Гній 8 т/га+ $N_{45}P_{50}K_{45}$; 6. Гній 8 т/га+ $N_{90}P_{100}K_{90}$. Дослід закладено в 1990 році. За цей період внесено $N_{945}P_{880}K_{765}-N_{1890}P_{1760}K_{1530}$, 170 т/га гною. Органічні добрива вносили під соняшник (30 т/га), цукрові буряки (40 т/га) і кукурудзу на силос (30 т/га). Чергування культур у сівозміні: пар, озима пшениця, цукрові буряки, віко-овес, озима пшениця, кукурудза на силос, ярий ячмінь, соя, люцерна, озима пшениця, кукурудза на силос, соняшник. Дослідження проводили у 2009–2011 роках під кукурудзою на силос, ярим ячменем та соєю відповідно. Зразки ґрунту відбирали з орного шару (0–20 см) в чотирикратній повторності.

Площа дослідної ділянки – 120 м. Біохімічні властивості ґрунту вивчались за показниками активності ферментів: дегідрогенази, за методом Галстяна [17], інвертази, за методикою Ф.Х. Хазієва [18], поліфенолоксидази, за методикою Л.А. Карягіної та Н.А. Михайловської [19].

Виклад основного матеріалу. Одним із загальноприйнятих біохімічних індикаторів якісного стану ґрунтів є визначення дегідрогеназної активності ґрунту, яка слугує показником наявності в ґрунті органічних решток і свідчить про інтенсивність дегідрування органічної речовини та фізіологічну активність мікробного пулу ґрунту [17; 20]. Також дегідрогеназна активність може слугувати мірою кількості мікробіологічних перетворень гумусових речовин [21]. Нами були досліджено рівні активності інвертази, яка каталізує реакції гідролітичного розщеплення сахарози на еквімолярні кількості фруктози і глюкози, діє також на інші вуглеводи з утворенням молекул фруктози – енергетичного продукту для життєдіяльності мікроорганізмів [19]. Також було визначено активність поліфенолоксидази, яка каталізує окислення поліфенола в хінони у присутності кисню повітря, утворення ароматичних сполук, і якій належить важлива роль у процесі гумусоутворення [22].

Характеристика біохімічної активності чорнозему типового показала, що досліджуваний нами ґрунт загалом відрізняється високим рівнем ферментативної активності, що свідчить про активну біохімічну діяльність ґрунтових мікроорганізмів і рослин та високий рівень біогенності ґрунту. На початку вегетації за даними ферментативної активності (табл. 1), спостерігалось збільшення саме дегідрогеназної активності, в порівнянні з іншими видами ферментів, що свідчить про перевагу процесів дегідрування органічної речовини та активність мікробного пулу в цілому. Одночасно із цим спостерігалось збільшення й інвертазної активності, яка відповідає за перетворення вуглеводів-джерела енергії для мікроорганізмів та є об'єктивним показником родючості ґрунту.

Динаміка активності ферментів під різними видами добрив упродовж трьох років досліджень була неоднакова і суттєво змінювалась за варіан-

тами, а також під різними видами культур, що свідчить про відмінності в характері і спрямованості ферментативних процесів. Так, у перший рік дослідження на початку вегетації кукурудзи дегідрогеназна активність набула істотних змін під дією мінеральної системи добрив ($N_{45}P_{50}K_{45}$), перевищуючи контроль у 1,4 рази, та під дією органо-мінеральної системи добрив (гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$), перевищуючи контроль у 1,5 рази. Також зростала й інвертазна активність під дією органо-мінеральної системи удобрення за одинарної (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$) та подвійної (гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$) норми мінеральних добрив у 2,5 та 2,7 рази відповідно, що взагалі свідчить про інтенсивність процесів утилізації вуглеводів ґрунтовою мікрофлорою та про належний рівень природної родючості. Під ячменем ярим показники дегідрогеназної та інвертазної активності на удобрених варіантах досліді мали посередні значення, в порівнянні з контрольним варіантом, а на деяких удобрених варіантах навіть були нижче контрольного варіанту. Але, незважаючи на цю тенденцію, активність ферментів дегідрогенази та інвертази в другий рік дослідження на початку вегетації ячменю ярого збільшилась, у порівнянні з першим роком дослідження під кукурудзою.

Дегідрогеназна активність під соєю була не дуже високою, де максимальні значення відносно контролю зафіксовані на органічній системі добрив (гній 8 т/га) та органо-мінеральній системі (гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$) – вдвічі вище від контролю. Активність інвертази в цей же рік набула середніх значень по всіх варіантах загалом, при цьому на варіантах з органічною (гній 8 т/га) та органо-мінеральною системою (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$) перевищувала контроль у 2,3 та 2,5 рази відповідно.

Поліфенолоксидазна активність упродовж трьох років досліджень на початку вегетації підтримувалась на відносно високому рівні, що вказує на інтенсивний синтез сполук фенольної природи у ґрунті в цей період. Максимальні значення поліфенолоксидазної активності в перший рік дослідження на варіантах з кукурудзою були на мінеральній ($N_{45}P_{50}K_{45}$) – у 2,5 рази вище контролю, та органо-мінеральній системі (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$) – у 2,3 рази вище контролю. У другий рік дослідження показники поліфенолоксидазної активності під ячменем ярим на всіх варіантах досліді були вище, ніж на варіантах із кукурудзою. На варіанті $N_{45}P_{50}K_{45}$ та варіанті гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$ показники дещо перевищували контрольні значення.

Таблиця 1

Ферментативна активність чорнозему типового на початку вегетації за 2009–2011 роки дослідження

Варіанти досліді	Ферментативна активність ґрунту за роками досліджень								
	Дегідрогеназа, мг ТФФ в 100 г за 24 години			Інвертаза, мг глюкози в 1 г за 24 години			Поліфенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохінона в 10 г за годину		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
контроль	86,62	321,7	42,4	1,25	13,81	3,62	302,4	922,3	905
$N_{45}P_{50}K_{45}$	127,31	310,7	53,5	2,14	14,0	6,11	755,2	928,8	912,2
$N_{90}P_{100}K_{90}$	123,37	351,4	45,5	2,89	13,11	6,13	547,2	800,6	923
Гній 8 т/га	102,38	311,3	95,9	2,44	13,72	8,39	561,6	892,0	558,6
Гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$	115,4	264,5	63,6	3,18	13,17	9,27	706,8	778,1	798,0
Гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$	131,25	325,0	90,2	3,42	12,93	6,62	393,6	963,7	915,6
НІР ₀₉₅	19,52	0,18	0,23	0,12	0,09	0,02	33,84	7,51	30,38

Таблиця 2

Ферментативна активність чорнозему типового наприкінці вегетації за 2009–2011 роки дослідження

Варіанти досліді	Ферментативна активність ґрунту за роками досліджень								
	Дегідрогеназа, мг ТФФ в 100 г за 24 години			Інвертаза, мг глюкози в 1 г за 24 години			Поліфенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохінона в 10 г за годину		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
контроль	127,3	192,8	54,1	2,5	5,8	0,53	206,6	294,0	336,1
$N_{45}P_{50}K_{45}$	154,1	300,4	61,3	3,4	5,87	0,84	305,4	367,5	316,7
$N_{90}P_{100}K_{90}$	141,2	465,8	56,4	3,9	5,96	2,86	406,7	357,0	268,0
Гній 8 т/га	111,5	681,6	64,7	3,8	4,14	4,41	639,8	336,0	113,4
Гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$	116,7	624,1	112,3	4,1	5,14	3,43	456,8	382,3	113,6
Гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$	121,4	609,7	98,2	4,4	4,1	0,13	456,4	422,1	756,0
НІР ₀₉₅	15,1	2,0	1,6	0,45	0,06	0,4	32,1	1,44	23,34

Поліфенолоксидазна активність під соєю набула також високих значень, особливо під дією мінеральних добрив та органо-мінеральної системи удобрення (гній 8 т/га + N₉₀P₁₀₀K₉₀).

На початку вегетації, за даними ферментативної активності, під ячменем ярим та соєю найбільш інтенсивно проходили процеси утворення ароматичних сполук у вигляді речовин фенольної природи, яким належить важлива роль у процесах гумусоутворення та утворення вуглеводів як джерела енергії для мікроорганізмів.

Наприкінці вегетації (табл. 2) спостереження показують загальну тенденцію до поступового наростання активності ферменту дегідрогенази з початку до кінця вегетації, під всіма видами культур, на більшості удоброваних варіантах, що пов'язано з надходженням у ґрунт органічних решток і свідчить про інтенсивність дегідрування органічної речовини та збільшення активності мікробного пулу. Але щодо окремих даних по дегідрогеназі, то вони відрізняються строкатістю. Так, у досліді з кукурудзою дегідрогеназна активність на більшості варіантах була нижче контролю, лише на варіантах із мінеральними добривами незначно перевищувала контроль.

Після збирання врожаю ячменю активність дегідрогенази перевищувала контроль на всіх удоброваних варіантах, особливо на варіантах з органічним і органо-мінеральними добривами, в 3–3,5 рази, що свідчить про більшу інтенсивність перебігу процесів трансформації органічної речовини. Наприкінці вегетації сої дегідрогеназна активність набула середніх значень на всіх удоброваних варіантах, при цьому на варіанті гній 8 т/га + N₄₅P₅₀K₄₅ перевищувала контроль у 2 рази.

Інвертазна активність у зразках ґрунту під кукурудзою, отриманих наприкінці вегетації, збільшувалась на варіантах із мінеральними добривами N₄₅P₅₀K₄₅ та N₉₀P₁₀₀K₉₀ – у 1,4–1,5 рази відповідно, на варіанті з органічними добривами – у 1,5 рази, на варіантах з органо-мінеральною системою (гній 8 т/га + N₄₅P₅₀K₄₅ та гній 8 т/га+N₉₀P₁₀₀K₉₀) – у 1,6–1,7 рази відповідно. Інвертазна активність під ярим ячменем на всіх удоброваних варіантах була нижче контролю, крім варіантів із мінеральним добривом, де цей показник був незначно вище.

Наприкінці вегетації сої інвертазна активність була загалом посередньою, але при цьому відносно контролю зростала на варіанті з мінеральними добривами (N₄₅P₅₀K₄₅) – у 1,5 рази, на варіанті N₉₀P₁₀₀K₉₀ – у 5,4 рази, на варіанті з органічним добривом – у 8,3 рази, на варіанті з органо-мінеральною системою (гній 8 т/га + N₄₅P₅₀K₄₅) – у 6,3 рази,

що ми пов'язуємо з азотфіксувальною здатністю цієї культури.

Поліфенолоксидазна активність під кукурудзою наприкінці вегетації набула змін на удоброваних варіантах: так, на варіантах із мінеральними добривами (N₄₅P₅₀K₄₅ і N₉₀P₁₀₀K₉₀) поліфенолоксидазна активність була в 1,4–2 рази, відповідно, вище контролю, на варіанті з органічним добривом – у 3 рази вище контролю, на варіантах з органо-мінеральною системою – у 2,2 рази вище контрольного варіанту. Це свідчить про високу активність окиснювально-відновлювальних процесів у ґрунті в цей період та про наявність у ґрунті речовин фенольної природи.

Поліфенолоксидазна активність під ячменем ярим змінювалась незначно: на варіанті з органічним добривом і обох варіантах з мінеральними добривами – у 1,14 та 1,20 рази відповідно. На варіанті гній 8 т/га + N₄₅P₅₀K₄₅ та варіанті гній 8 т/га + N₉₀P₁₀₀K₉₀ – у 1,3 рази та у 1,4 рази відповідно.

Поліфенолоксидазна активність під соєю на всіх удоброваних варіантах була нижче контрольного варіанту, крім варіанту з органо-мінеральним добривом (гній 8 т/га + N₉₀P₁₀₀K₉₀), де цей показник перевищував контрольний варіант у 2,2 рази.

Головні висновки:

1. Інтенсивність ферментативної активності чорнозему типового на початку та наприкінці вегетації істотно залежить від систем удобрення та вирощування сільськогосподарських культур.

2. У ґрунті відбувається наростання активності дегідрогенази з початку до кінця вегетації під усіма досліджуваними культурами, що може свідчити про інтенсивність дегідрування органічної речовини. Поряд із цим поліфенолоксидазна та інвертазна активність зменшується, що вказує на уповільнення перебігу процесів утилізації вуглеводів, а також утворення сполук фенольної природи й інших ароматичних сполук після збору врожаю.

3. Внесення органічних та мінеральних добрив підвищує активність ґрунтових ферментів. Найбільш позитивний вплив на біохімічну активність ґрунту має органічна та органо-мінеральна система удобрення.

Перспективи використання результатів дослідження. Отже, доведено, що ферментативна активність є перспективним показником і важливим критерієм оцінки біологічної активності мікробного ценозу ґрунту, який може використовуватись для систематичного моніторингу і діагностики стану ґрунтів, який необхідно проводити для забезпечення сталого використання ґрунтових ресурсів та попередження погіршення їх стану.

Література

1. Сенчук С. Відтворення родючості – проблема сьогодення. *Тези доповідей Міжн. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю з дня створення Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. «Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21 століття»*. Харків: 2006. С. 224–225.
2. Marcos M.S., Olivera, N.L. Microbiological and biochemical indicators for assessing soil quality in drylands from Patagonia. *Biology and Biotechnology of Patagonian Microorganisms*. 2016. P. 91–108.
3. Медведєв В.В. Про деякі дискусійні та невирішені проблеми у дослідженнях ґрунтів. Харків : ФОРМ Бровін О.В., 2017. 188 с.
4. Камінський В.Ф. та ін. Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення ; за ред. В.Ф. Камінського. Київ : «Едельвейс», 2015. 272 с.
5. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск, 1983. 222 с.
6. Schinner F., Sonnleitner R. *Bodenökologie: Microbiologie und Bodenenzymatik*. Berlin : Springer, 1997. 369 p.
7. Наумовська О.І. та ін. Біологічна активність чорнозему типового при застосуванні ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Вісник ХНАУ*. 2004. № 6. С. 141–145.
8. Chu B., Zaid F., Eivazi F. Long-Term Effects of Different Cropping Systems on Selected Enzyme Activities. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2016. 47 (6). P. 720–730.
9. Матвійчук. Б.В. Мікробіологічна активність – основний показник якості ясно-сірого лісового ґрунту. *«Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21 століття»* : тези доповідей Міжн. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю з дня створення Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. Харків, 2006. С. 52–53.
10. Bera, T. et al. Soil biochemical changes at different wheat growth stages in response to conservation agriculture practices in a rice-wheat system of north-western India. *Soil Research*. 2018. № 56 (1). P. 91–104.
11. Патика В.П. та ін. Мікробіологічний біом різних ґрунтів й ґрунтово-кліматичних зон Полтавської області. *Мікробіологічний журнал*. 2014. Том 76. № 5. С. 20–25.
12. Постанова Кабінету Міністрів України «Про утворення Координаційної ради з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням» від 18.01.2017 р. / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/> (дата звернення: 05.02.2019)
13. Заришняк А.С. Волкогон В.В. Мікробіологічна трансформація азоту в ґрунті та її значення для агроценозів. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві* : тези доп. VI наук. конф. молод. вчених (Чернігів, 29–30 вересня, 2009 року). Вид. Чернігівського ЦНТЕІ, 2009.
14. Михновская А.Д. Некоторые метаболиты микроорганизмов ризосферы сельскохозяйственных растений на мощном черноземе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Харьков, 1966. 19 с.
15. МВВ 31-497058-006-2002. Ґрунти. Визначення групового складу гумусу за методом І.В. Тюріна в модифікації М.М. Кононової та Н.П. Бельчикової, спалювання за Б.А. Нікітіним (варіант ННЦ ІГА).
16. ДСТУ 4115-2002 Чинний від 2002-27-06. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. Київ, 2002. III. 6 с. Держспоживстандарт України (Національний стандарт України).
17. Петерсон Н.В., Куриляк Е.К. Изучение начальных этапов превращения органических веществ в почвах с помощью определения дегидрогеназной активности микрофлоры почвенных проб. *Сб. Микробиологические и биохимические исследования почв*. Киев : Урожай, 1971. 121–124 с.
18. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. Москва : «Наука», 1976. 179 с.
19. Карягина Л.А., Михайловская Н.А. Определение активности полифенолооксидазы и пероксидазы в почве. *Весті АН БССР. Серія: с/г наук*. Минск, 1986. № 2. С. 41–42.
20. Побережская С.К. Влияние различной давности орошения на биологическую активность и трансформацию азота в орошаемых типичных сероземах Ташкентской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 1978. 25 с.
21. Lenhard D. Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen. *Z. Pflanzenernähr. dung. Bodenkunde*. 1957. Bd. 77. H.3. S. 193–198.
22. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. Москва : «Колос», 2000. 416 с.
23. Балаєв А.Д., Тонха О.Л. Збереження і відновлення родючості чорноземів України в сучасному землеробстві. *Науковий збірник «Охорона ґрунтів»* : матеріали міжнародної наук.-практ. конф. Київ, 2014. Вип. 1. С. 9–12.