УДК 631.46; 361.48; 579.64
DOI 10.31395/2310-0478-2019-2-33-38

Погромська Я. А.,
науковий співробітник ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
(м. Харків), Україна
E-mail: joanap@i.ua

МІКРОБІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Наведено результати досліджень з впливу на мікробіологічну активність чорнозему звичайного Донецчини мінімалізації обробітку ґрунту та різних систем удобрення у ґрунтозахисних технологіях. Надано висновки спостережень за ґрунтом під кукурудзою, найбільш представленою в межах досліджуваних зерно-просапних сівозмін просапної культури.

Визначено, що нульові технології частіше призводять до зменшення параметрів тестів мікробіологічної активності ґрунту щодо розкладання целюлози, протеолітичної активності ґрунту та кількості азотфіксуючих мікроорганізмів. Оптимальні умови зволоження періоду проведення безплужного плоскорізного обробітку сприяють підвищенню мікробіологічної активності ґрунту, а за посушливих умов оранки є більш сприятливою. Це зумовлено формуванням фізичного стану орного шару ґрунту. Показано, що за посушливих умов проведення безвідвального плоскорізного обробітку, на відміну від оранки, формується прошарок на глибині 20-30 см, замкнений зверху ущільненням прошарку 10-20 см. Для нульового обробітку в таких умовах ущільнення прошарку 0-10 см «замикається» прошарок 10-20 см. «Замикання» негативно впливає на аеробну мікрофлору, ускладнює зволоження глибших шарів опадами, збільшуючи висушування ґрунту з поверхні.

Встановлено, що заорювання добрив створює буферні умови, сприятливі для функціонування стимульованої ґрунтової і привнесеної мікрофлори, а за поверхневого внесення добрив пересушування та промерзання удобреного ґрунту є більш істотним, що впливає на подальший розвиток сукцесійних змін мікробіологічної спільноти. Показано, що результати оцінки діяльності ґрунтової мікрофлори можна використовувати як індикатор ефективності обраної системи обробітку та удобрення ґрунту.

Ключові слова: мікроорганізми, сукцесія, целюлозолітична активність ґрунту (ЦЛА), азотфіксація, протеолітична активність ґрунту, основний обробіток ґрунту, добрива, метеорологічні умови.

YA. A. Pogromska,

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine

THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF CHERNOZEM ORDINARY DEPENDING ON THE TECHNOLOGICAL LOAD OF THE SOIL

Goal. The purpose and tasks of the research are to study of the effect of the main tillage minimization and fertilizers on the microbiological activity of ordinary chernozem in grain-row crop rotation.

Materials and Methods. Field and laboratory investigations were carried out in the conditions of the western Steppe of Donetsk region during 1993-2006 at the experimental field of the National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research Named after O.N. Sokolovsky». The soil of the experimental sites is chernozem ordinary.

Results. It is determined that a subsurface non-turning soil tillage in arid conditions forms a layer of soil at a depth 20-30 sm which closed from above by a compacted layer of 10-20 sm. For no-till in such conditions, a layer of 10-20 sm «closes» by a seal of a 0-10 sm layer. Such «closures» adversely affect aerobic processes, complicate the wetting of deep soil layers with atmospheric precipitation and increase the drying of the soil from the surface, and reduce cellulolytic activity.

The effect of the main fertilizer on the microbiological activity of the soil depends on the hydrothermal conditions of main tillage and the period after tillage before the winter.

It is shown that the results of evaluation of soil microflora activity can be used as an indicator of the efficiency of the selected tillage system and fertilizer.

Conclusion. The effect of plowing failure on the microbiological activity of the soil significantly depends on the hydrothermal conditions of the main tillage period. No-till in the conditions of unstable moisture of the Eastern Steppe reduce activity of the microflora of chernozem ordinary. The main fertilizer causes the initiation of successive changes in the soil microbiota, which is shifted in time in accordance with the characteristics of the main treatment and the hydrothermal conditions of the year.

Acknowledgment. The author expresses his gratitude to PhD (Agricultural Sciences) Tetyana Laktionova, for advice on data structuring.

Key words: Microorganisms, succession, cellulolytic activity, nitrogen-fixing microflora, proteolytic activity of the soil, tillage, fertilizers, meteorological conditions.

Постановка проблеми. Основним чинником деградації сільськогосподарських земельних ресурсів України є, зокрема, недосконалість технологій виробництва рослинної продукції. Одним із шляхів вирішення проблеми є заміна традиційних методів обробітку ґрунту застосуванням безплужної системи землеробства [1]. З відмовою від обертання скиби змінюється інтенсивність біологічних процесів у ґрунті, проте відносно цього існують достатньо суперечливі

точки зору, що актуалізує напрям досліджень способів адаптації систем удобрення у ґрунтозахисних технологіях рослинництва.

Аналіз останніх публікацій з досліджуваної теми.

За даними одних авторів мінімізація обробітку ґрунту призводить до активації ґрунтової мікрофлори [2], інші – не відмічають суттєвої зміни мікробіологічної активності [3], або свідчать про зменшення чисельності мікробіоти за відмови від оранки [4]. Встановлено існування тенденції

до підвищення кількості нітрифікувальних мікроорганізмів у ґрунті за безвідвального мілкого обробітку ґрунту (дискування), порівняно з відвальною оранкою [5]. В інших дослідженнях [6] показано, що за умов *no-till* відносно звичайної оранки спостерігається збільшення частки денітрифікаторів серед ґрунтової мікрофлори і підвищення швидкості процесів денітрифікації, але за відвального обробітку більш високою є інтенсивність мінералізаційних та нітрифікаційних процесів.

За результатами визначення особливостей профільного розподілу мікроорганізмів виявлено, що на глибині 20-30 см за оранки загальна кількість мікроорганізмів у ґрунті вища, ніж за мінімальних обробітків [7]. Також помічено, що за плоскорізного обробітку біологічні процеси сильніше, ніж за оранки залежать від запасів вологи в шарі 0-10 см, де локалізується основна маса післязбиральних решток попередньої культури [8]. В дослідженнях ефективності орґано-мінерального удобрення показано, що неглибоке розпушування ґрунту за внесення соломі гальмує ґрунтові мікробіологічні процеси [9], але застосування зеленого добрива в поєднанні з *no-till* є ефективним методом поліпшення мікробіологічних властивостей ґрунту [10]. Загалом визнано, що застосування оранки забезпечує більш високу біологічну активність ґрунту [11], але більш ефективною для поліпшення фізичної та біохімічної якості ґрунту є система *no-till* [12]. Отже, результати оцінки діяльності мікроорганізмів можна використовувати як індикатор для визначення ефективності обраної системи обробітку у створенні бажаних параметрів ґрунту для підвищення його стійкості та продуктивності [13].

Мета статті – дослідити вплив мінімізації основного обробітку ґрунту та удобрення на мікробіологічну активність чорнозему звичайного у зерно-просапній сівоzmіні.

Методи досліджень. Спостереження проведено під кукурудзою – найбільше представленою просапною культурою в межах досліджуваних сівоzmінів. Надано результати аналізу даних двох багаторічних польових дослідів у зерно-просапних сівоzmінах: (1) 1993-2000 рр. – вивчення можливостей відновлення властивостей ґрунту із застосуванням різних систем удобрення за відмови від оранки; (2) 1997-2005 рр. – з вивчення впливу на показники родючості чорнозему звичайного мінімізації основного обробітку ґрунту.

Варіанти удобрення у досліді № 1 на фоні різноглибинного плоскорізного безвідвального обробітку (на 1 га сівоzmіни): 1 - контроль (без добрив); 2 - гній 15 т (під кукурудзу на силос); 3 - $N_{100}P_{100}K_{91}$; 4 - гній 15 т (під кукурудзу на силос) + $N_{100}P_{100}K_{91}$; 5 - солома 6 т + N_{36} (під просапні культури); 7 - солома 6 т (під просапні культури) + $N_{136}P_{100}K_{91}$. Сівоzmіна у досліді №1 польова зерно-просапна 7-пільна: кукурудза на силос, озима пшениця, кукурудза на зерно, ячмінь, кукурудза на силос, озима пшениця, сояшник. Кукурудза складає частку в сівоzmіні 43 %.

Схема варіантів досліді № 2 – основний обробіток ґрунту під усі культури сівоzmіни: 1 – оранка (відвальный обробіток); 2 – плоскорізний різноглибинний (безвідвальный обробіток); 3 – без обробітку – нульовий обробіток. Сівоzmіна зерно-просапна 8-пільна: 8 кукурудза на силос, пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь, сояшник, зерносуміш, пшениця озима, кукурудза на зерно. Кукурудза складає частку в сівоzmіні 37,5 %.

Досліди закладено на сільськогосподарських землях Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» в ґрунтово-кліматичних умовах східного Степу. Ґрунт – чорнозем звичайний слабоеродований легкоглинистий на лесовидних суглинках. Агрохімічна характеристика ґрунту: гумус за Тюрнімом 4,8 %, рН 7,0, валові значення вмісту азоту в орному шарі N 0,29 %, фосфору P 0,15 %.

Метод досліджень – польовий, рендомізований. Повторність трикратна у просторі і за часом. Методи лабораторних аналітичних визначень у пробах ґрунту: целюлозолітична активність (ЦЛА) – аплікаційним

методом [14]; чисельність азотобактеру та олігонітрофіли за диференціацією культуральних властивостей колоній прямим посівом ґрунтових грудочок на безазотне середовище Ешбі [15]; протеолітична активність – аплікаційним методом за розкладання паперу з желатиновим покриттям [16]; вміст вологи – ґравіметричним методом, рН-потенціометрично, загальна пористість ґрунту – за методом Качинського (шляхом розрахунку через виміряні параметри щільності ґрунту) [17].

Основні результати дослідження. В результаті проведених досліджень виявлено, що за ґрунтово-кліматичних умов регіону відмова від обертання скиби спричиняє зменшення мікробіологічної активності ґрунту (табл. 1). Нульові технології найчастіше за інших призводять до зменшення параметрів тестів під просапними культурами щодо розкладання целюлози, протеолітичної активності ґрунту та кількості азотфіксувальної мікрофлори. Вплив на мікробіологічну активність ґрунту безвідвального плоскорізного обробітку не є однозначним.

Аналіз даних за роки з однаковим ГТК (0,7) показав, що диференціація вологості орного шару ґрунту за обробітком визначається режимом зволоження ґрунту, для формування якого важливими є погодні умови під час проведення основного обробітку, тобто, восени попереднього року (табл. 2).

Так, безвідвальный обробіток, проведений за вологих умов (сума опадів у серпні-вересні перевищує середні багаторічні параметри у понад 1,5 рази і становить не менше 52 мм на місяць), сприяє підтримці більш високої вологості 0-30 см шару ґрунту у період активної вегетації кукурудзи (див. табл. 2). Але такий обробіток, проведений за посушливих умов (кількість опадів протягом літнього та осіннього періоду менша за середні багаторічні дані), зменшує вологість орного шару ґрунту, як по відношенню до оранки, так і у порівнянні із нульовим обробітком.

Погіршення вологості ґрунту за безвідвального плоскорізного обробітку, проведеного у посушливих умовах відбувається завдяки формуванню такої будови орного шару, коли спостерігається утворення прошарку на глибині 20-30 см (із загальною пористістю 45,2 %), замкненого зверху ущільненим прошарком на глибині 10-20 см (із загальною пористістю 40,0 %, що є характерною для ущільнених ілювіальних горизонтів) (рис. 1).

У варіанті нульового обробітку прошарок ґрунту на глибині 10-20 см (із загальною пористістю 47,4 %) «замикається» більш ущільненим прошарком на глибині 0-10 см (із загальною пористістю 41,1 %). «Замкнення» ускладнює обмін ґрунту газоподібними речовинами та вологою із атмосферним повітрям, утворює умови для розвитку анаеробних процесів у затиснених прошарках, негативно впливаючи на аеробні процеси. Ускладнюється проникнення вологи у більш глибокі шари ґрунту і посилюється висушування ґрунту з поверхні. Все це формує рівень ЦЛА в період вегетації культури наступного року (табл. 3). Достатнє зволоження під час проведення безвідвального обробітку зменшує переущільнення прошарку 10-20 см, що оптимізує повітряно-зволожувальний режим ґрунту протягом вегетації кукурудзи та сприяє підвищенню рівня ЦЛА.

Тобто, можна погодитися з А.А. Конищевим [18], що саме диференціація вертикального розподілу порового простору в орному шарі, обумовлена типом основного обробітку, в кінцевому підсумку і визначає інтенсивність біологічних процесів у ґрунті.

Найменші параметри пористості верхнього (0-10 см) шару ґрунту за нульового обробітку незалежно від погодних особливостей відповідають і найменшій ЦЛА. Формування оптимальної структури складення 0-30 см шару за достатньо зволжених умов на час осінніх польових робіт обумовлює підвищення активності ЦЛА у вегетаційний період наступного року відносно таких параметрів за традиційної оранки і мінімально зменшує біологічну активність за нульового обробітку. Посушливі умови передуючого року суттєво зменшують ЦЛА

Таблиця 1

**Мікробіологічна активність та кислотність ґрунту
(дослід 2; середні за період червень-липень, 0-30 см шар)**

Обробіток	ЦЛА, %	Протеаза, %	Азотобактер, %	Олігонітрофіли, %	pH _{водн}
Відвальний	24,6	15,9	20,0	3,3	7,7
Безвідвальний	22,9	8,8	3,3	15,0	6,0
Нульовий	11,9	10,0	4,6	3,3	6,3
НІР ₀₅	4,6	4,2	1,8	2,8	0,5

відносно оранки як за безвідвального плоскорізного, так і за нульового обробітків.

Дослідженнями також виявлено, що мікробіологічна активність ґрунту і характер впливу на неї внесення добрив великою мірою визначаються гідротермічними умовами у період після проведення основного (зяблевого) обробітку ґрунту. Так, у роки з однаковим ГТК (0,7) червневі параметри ЦЛА під кукурудзою різняться відповідно до температурно-зволожувальних особливостей осіннього періоду передуючого року (рис. 2).

Теплий (середня добова температура +2,8 °C) і вологий (кількість опадів 50 мм) листопад передуючого року формує більш високий загальний рівень червневої ЦЛА наступного року (рис. 2а), ніж листопад посушливий (кількість опадів 33 мм, що на 18 % менше середніх багаторічних) і прохолодний (-0,9 °C середня температура повітря) (рис. 2б). Це пояснюється тим, що за вологих і теплих умов осінньої ініціації сукцесії активізується першочергова утилізація специфічною мікрофлорою легкодоступного субстрату (низькомолекулярних вуглеводів, легкогідролізованих полісахаридів та

пептидів тощо), що після його виснаження змінюється популяціями, які розщеплюють важкодоступні речовини, зокрема целюлозу. Це формує більш високий рівень ЦЛА в червні. У разі осінніх несприятливих для функціонування мікрофлори умов, відбувається «консервування» легкодоступного субстрату і початок сукцесії зміщується на весну, відповідно зміщується і період домінування целюлозолітичної популяції, що пояснює відносно низький червневий рівень ЦЛА.

Удобрення є ініціацією сукцесії ґрунтової мікрофлори [19] із стимуляцією специфічних у складі субстрату популяцій і привнесенням додаткової біоти з органічним добривом. Якщо після внесення добрив триває наступний теплий і вологий період перед виходом в зиму, навесні популяційний склад мікроорганізмів ґрунту, як і органо-мінеральний склад орного шару, відповідає більш пізньому етапу сукцесії, ніж за умов відсутності осіннього періоду сприятливих для функціонування мікрофлори температури та вологості. Заорювання добрив створює більш буферні умови для функціонування стимульованої та привнесеної мікрофлори, ніж поверхневе удобрення,

Таблиця 2

Вологість ґрунту в роки з ГТК 0,7, залежно від обробітку та гідротермічних умов під час його проведення (дослід 2)

Шар, см	Вологість ґрунту (середні значення за період вегетації), %					
	обробіток проведено за вологих умов			обробіток проведено за посушливих умов		
	відвальний	безвідвальний	нульовий	відвальний	безвідвальний	нульовий
0-10	24,4	24,6	24,5	18,4	15,6	22,3
10-20	24,8	25,0	26,2	22,6	20,5	22,6
20-30	23,3	24,1	23,1	24,4	23,8	23,6
НІР ₀₅	2,5

Рис. 1. Загальна пористість ґрунту під кукурудзою (травень-липень): а – зволожені умови; б – посушливі умови під час проведення основного обробітку ґрунту (дослід 2)

Таблиця 3

Целюлозолітична активність ґрунту залежно від обробітку та гідротермічних умов під час його проведення (дослід 2)

Шар, см	ЦЛА (середні значення у червні), %					
	обробіток проведено за вологих умов			обробіток проведено за посушливих умов		
	відвальний	безвідвальний	нульовий	відвальний	безвідвальний	нульовий
0-10	23,7	27,2	19,9	19,7	13,6	2,2
10-20	20,2	30,1	14,9	31,7	21,3	7,0
20-30	24,7	31,1	16,4	27,6	14,2	11,2
HIP_{05}	8,04

Рис. 2. ЦЛА ґрунту під кукурудзою у шарі 0-30 см у червні: а) за оптимальних параметрів вологості ґрунту і температури повітря восени; б) посушлива осінь і низькі температури листопаду (дослід 1)

коли ризики пересушення або (та) промерзання є суттєвішими. Зважаючи на це, практична відсутність на оранці диференціації за добривами у червневій ЦЛА року їх внесення у вологих та теплих умовах (рис. 2а) може свідчити про більш високий ступінь деструкції добрив, а зниження параметрів ЦЛА на удобрених варіантах за безвідвального обробітку, особливо на варіанті з гноєм, свідчить про менш глибоку деструкцію добрива, яку загальмувало його поверхнєве внесення. Суттєве зменшення розщеплення целюлози в червні у варіантах з органічними добривами, заораним в посушливих та прохолодних умовах (див. рис. 2б), свідчить про етап розкладу відносно легкодоступного органічного субстрату, «законсервованого» в осінній період. Підвищення значень ЦЛА на варіантах органічного удобрення за посушливих умов проведення безвідвального обробітку і внесення добрив можна пояснити зміною популяційного складу мікрофлори згідно з [20], коли посуха є причиною заміни грампозитивної бактеріальної мікрофлори ґрунту на грамнегативну, серед яких присутні актиноміцети, вельми активні до лізису целюлози. Тому зміщена на весну ініціація сукцесії є вже з іншим стартовим складом спільноти ґрунтових мікроорганізмів.

Перебудова мікробіологічної популяції та зміни у сукцесії пов'язані зі зміною інших ґрунтових показників, зокрема, кислотності ґрунту (див. табл. 1 та табл. 4). Зниження рН ґрунту у варіантах внесення соломи за безвідвального обробітку внаслідок розвитку анаеробних процесів бродіння підвищеної кількості вуглеводного субстрату через утворення специфічного прошарку ущеленого ґрунтового повітря спричинює

зменшення активності азотобактеру, оптимальним для розвитку якого є слаболужне середовище. Збільшення вмісту олігонітрофілів менше залежить від рН, а більш визначається субстратним складом ґрунту, оскільки збільшення вмісту цієї мікрофлори спостерігається у варіантах із внесенням гною та мінеральних добрив. Протеолітична активність часто знижується на фоні органічного добрива (як гною так і соломи), через ініціацію розвитку конкуруючої мікрофлори специфічної для субстрату органічних добрив.

Відповідно до погодних умов проведення основного обробітку ґрунту та внесення добрив, гідротермічних особливостей періоду від проведення осінніх польових робіт до входу в зиму і періоду вегетації рослин формується біологічна активність ґрунту, що в кінцевому рахунку має вплив на врожайність культури. Достатньо вологі осінні умови дозволяють отримати врожайність кукурудзи на силос за безвідвального обробітку на рівні оранки, а за посушливої осені – тільки на рівні нульового обробітку (табл. 5).

Вплив удобрення на врожайність кукурудзи у роки з оптимальними осінніми умовами є позитивним і мало диференційованим щодо виду добрив (табл. 6).

За прохолодних і посушливих умов після внесення добрив спостерігається суттєве зменшення ефекту від застосування гною під безвідвальний обробіток відносно оранки, що ліквідується фоном NPK і корелює з підвищенням ЦЛА й активності азотобактеру завдяки мінеральним добривам (див. табл. 4). Тобто, зміщення процесу розкладання органічних добрив на весну негативно впливає на розвиток рослин та врожайність

Таблиця 4

Мікробіологічна активність ґрунту у червні за умов посушливої осені і низьких температур періоду перед виходом в зиму (шар 0-30 см) (дослід 1)

Варіант	ЦЛА, %		Протеолітична активність, %		Азото бактер, %		Олігонітрофіли, %		pH	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Контроль	14,5	8,6	12,9	12,3	53,5	24,2	11,3	9,1	7,1	7,2
Гній	3,1	9,4	10,4	10,4	15,2	8,7	21,2	60,9	6,7	7,3
$N_{100}P_{100}K_{91}$	13,1	12,3	12,5	11,8	7,3	33,3	21,7	18,8	6,5	7,5
Гній + $N_{100}P_{100}K_{91}$	8,1	19,7	10,3	8,7	9,2	26,1	23,1	2,9	6,5	7,4
Солома + N_{36}	4,7	19,5	10,0	6,1	11,8	1,5	4,4	7,4	7,5	6,3
Солома + $N_{100}P_{100}K_{91}$	12	12,6	9,8	6,8	48,5	2,8	0,0	1,4	7,9	5,6
$НІР_{05}$	2,4		1,3		5,4		6,2		0,7	

Примітка. Обробіток ґрунту: а – відвальний, б – безвідвальний

Таблиця 5

Урожайність кукурудзи на силос залежно від умов проведення основного обробітку ґрунту (дослід 2)

Обробіток	Урожай, т/га	
	зволожені умови	посушливі умови
Відвальний	21,1	34,6
Безвідвальний	20,5	28,1
Нульовий	10,4	27,1
$НІР_{05}$	6,4	

Таблиця 6

Урожай кукурудзи на силос залежно від метеорологічних умов на час внесення основного добрива і перед виходом в зиму

Варіант	Урожай, т/га			
	Оптимальні зволоженість і температура		Посушливі умови і низька температура	
	відвальний	безвідвальний	відвальний	безвідвальний
Контроль	23,6	22,3	23,4	22,8
Гній	27,2	27,1	29,2	26,2
$N_{100}P_{100}K_{91}$	28,4	26,2	29,8	24,9
Гній + $N_{100}P_{100}K_{91}$	27,3	26,8	24,5	27,6
Солома + N_{36}	26,1	25,4	22,8	23,8
Солома + $N_{100}P_{100}K_{91}$	27,1	27,7	26,1	25,6
$НІР_{05}$	3,0			

культури і потребує додаткового застосування мінеральних добрив.

Висновки. Вплив відмови від оранки на мікробіологічну активність ґрунту суттєво залежить від гідротермічних умов під час проведення основного обробітку. Нульові технології в умовах нестійкого зволоження східного Степу зменшують активність мікрофлори чорнозему звичайного. Застосування основного удобрення спричиняє ініціацію сукцесійних змін мікробіоти у часі, відповідно до особливостей основного обробітку та гідротермічних умов року.

Отримані дані є підставою для подальших досліджень щодо можливостей адаптації ґрунтозберезувальних технологій до ґрунтово-кліматичних умов східного Степу України.

Подяки. Автор висловлює свою вдячність кандидату с.-г. наук Лактіоновій Тетяні Миколаївні за консультації та поради щодо структуризації даних.

Література

1. Шикун Н. К., Назаренко Г. В. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. М. : Агропромиздат, 1990. 320 с.
2. Voss M., Sidiras N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesq. agropec. bras. Brasília*. 1985. Vol. 20. P. 775-782.
3. Кирясова Н. А. Влияние основной обработки почвы на ее биологическую активность в зернопаровом севообороте : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук : 06.01.01 «Земледелие». Кинель, 2007. 19 с.
4. Видинівська О. В. Мікробіологічний стан чорнозему південного при запровадженні технології no-till. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*.

2013. Вип. 2. С. 99-104.

5. Циліорик О. І., Кулік А. Ф., Гончар Н. В. Біологічна активність ґрунту за різних способів його обробітку та удобрення в посівах соняшнику. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. №2(44). С. 42-48.
6. Doran J. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journal*. 1980. Vol. 44. No. 4. P. 765-771. <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.036159950044000400022x>.
7. Цюва Ю. А. Агроекологічне значення способів механічного обробітку ґрунту в умовах Полтавської області : дис. : ... канд. с.-г. наук : 03.00.16. Полтава, 2017. 211 с.
8. Борис Н. Є. Продуктивність кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту та сівби в короткоротаційній сівозміні Правобережного Лісостепу : дис. : ... канд. с.-г. наук : 06.01.01. Чабани, 2017. 211 с.
9. Агроекономічна ефективність різних способів основного обробітку ґрунту під соняшник в Степу. В. С.Чумак, О. І. Циліорик, А. Г. Горобець, А. І. Горбатенко та ін. *Бюл. Ін-ту зерн. росл-ва*. 2011. № 40. С. 56-59.
10. Eun-Ji Oh, Ji-Su Park, Jin Yoo, Suk-Jin Kim, Sun-Hee Woo, Keun-Yook Chung. Effect of Tillage System and Fertilization Method on Biological Activities in Soil under Soybean Cultivation. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 2017.Vol.36. № 4. P.223-229. DOI : <https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.4.42>.
11. Tsyuk O. A., Tanchyk S. P., Kyrylyuk V. I., Shevchenko T. V. Biological activity of the soil in sows of winter wheats depending on the main soil treatment in sequence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018.Vol. 8, № 3. P. 37-40.
12. Roldán A, Salinas J. R., García M. M., Alguacil G., Díaz C. F. Changes in soil microbial activity following conservation tillage practices in a Sorghum field under subtropical conditions. *Int. Soil Conserv Organ Conf*. 2004; 8 : 8-11 (No. 687).
13. Alvear M., Rosas A., Rouanet J. L., Borie F. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil and Tillage Research*. 2005.Volume 82, Issue 2. P. 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.06.002>Get rights and content.
14. Федорец Н. Г. Медведєва М. В. Методика исследования урбанизированных территорий. Петрозаводск, 2009. 84 с.
15. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. Д. Г. Звягинцева. Москва: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

16. Мишустин Е. Н., Никитин Д. И., Востров И. С. Прямой метод определения суммарной протеазной активности почвы. *Сборник докл. симп. по ферментам почвы*. Минск: Наука и техника, 1968. С. 144-150.
17. Агрохимические методы исследования почв (ред. А. В. Соколов). М.: Наука, 1975. 656 с.
18. Конищев А. А. Обработка почвы: вчера, сегодня, завтра. Иваново: ФГОУ ВПО «ИГСА им. академика Д. К. Беляева», 2013. 127 с.
19. Развитие микроорганизмов в аэробных и анаэробных условиях в черноземе / Л. М. Полянская, М. Л. Горбачева, Е. Ю. Милановский, Д. Г. Звягинцев. *Почвоведение*. 2010. №3. С. 356-360.
20. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. Москва: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.

References

1. Shikula N. K., Nazarenko G. V. Minimalnaya obrabotka chernozomov i vosproizvodstvo ikh plodorodiya [Minimal tillage of chernozomes and reproduction of their fertility]. М.: Agropromizdat, 1990. 320 [in Russian].
2. Hudz V. P., Lisoval A. P., Andriienko V. O., & Rybak M. F. (2007). *Zemlerobstvo z osnovamy gruntovnavstva i ahrokhimii* [Agriculture with the basics of soil science and agrochemistry]. 2-he vyd., pererobl. i dopovn. K.: Tsentr uchbovoi l-ry, 408 [in Ukrainian].
3. Voss M., & Sidiras N. (1985). Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesq. agropec. bras.Brasilia*, 20, 775-782.
4. Kyrasova N. A. (2007). Vliyanie osnovnoy obrabotki pochvyi na yeyo biologicheskuyu aktivnost v zernoparovom sevooborote [The influence of the main tillage on its biological activity in grain crop rotation]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kinel [in Russian].
5. Vydynivska O. V. (2013). Mikrobiolohichnyi stan chornozemu pvidnennoho pry zaprovadzheni tekhnolohii no-till [Microbiological condition of southern chernozem when introducing no-till technology]. *Visnyk ahraryoi nauky Prychornomoria*, 2, 99-104 [in Ukrainian].
6. Tsylyuryk O. I., Kulik A. F., & Honchar N. V. (2017). Biolohichna aktyvnist gruntuzariznykh sposobiv yoho obrobitku ta udobrennya v posivakh sonyashnyku [Biological activity of soil for different methods of tillage and fertilization in sunflower crops]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho derzhavnoho ahraryo-ekonomichnoho universytetu*, 2(44), 42-48 [in Ukrainian].
7. Doran J. W. (1980). Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journal*, 44(4), 765-771. <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400040022x>.
8. Tsova YU. A. (2017). Ahroekolohichne znachennya sposobiv mekhanichnoho obrobitku gruntu v umovakh Poltavskoyi oblasti [Agroecological significance of methods of mechanical tillage of soil in the conditions of the Poltava region]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Poltava [in Ukrainian].
9. Borys N. YE. (2017). Produktivnist kukurudz za riznykh sposobiv osnovnoho obrobitku gruntu ta sivby v korotkorotatsiyniy sivozmini Pravoberezhnoho Lisostepu [Productivity of corn in different ways of the basic tillage and sowing in the short-rotation crop rotation of the Right Bank Forest-steppe]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Chabani [in Ukrainian].
10. Chumak V. S., Tsylyuryk O. I., Horobets A. H., Horbatenko A. I. et al. (2011). Ahroekonomichna efektyvnist riznykh sposobiv osnovnoho obrobitku gruntu pid sonyashnyk v Stepu [Agroeconomic efficiency of different methods of basic tillage of sunflower soil in the Steppe]. *Byul. In-tu zern. hosp-va*, 40, 56-59 [in Ukrainian].
11. Eun-Ji Oh, Ji-Su Park, Jin Yoo, Suk-Jin Kim, Sun-Hee Woo, & Keun-Yook Chung (2017). Effect of Tillage System and Fertilization Method on Biological Activities in Soil under Soybean Cultivation. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 36(4), 223-229. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.4.42>.
12. Tsyuk O. A., Tanchyk S. P., Kyrylyuk V. I., & Shevchenko T. V. (2018). Biological activity of the soil in sows of winter wheats depending on the main soil treatment in sequence. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(3), 37-40.
13. Roldán A, Salinas J. R, Garcia M. M, Alguacil G, & Diaz C. F. (2004). Changes in soil microbial activity following conservation tillage practices in a Sorghum field under subtropical conditions. *Int Soil Conserv Organ Conf.*, 8(687), 8-11.
14. Alvear M., Rosas A., Rouanet J. L., & Borie F. (2005). Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil and Tillage Research*, 82(2), 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.06.002>.
15. Fedorets N. G. & Medvedeva M. V. (2009). Metodika issledovaniya urbanizirovannykh territoriy. [Research Methodology for Urban Territories]. Petrazavodsk, 84. [in Russian].
16. Zvyagintsev D. G. (Ed.). (1991). *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moskva: MGU [in Russian].
17. Mishustin Ye. N., Nikitin D. I., & Vostrov I. S. (1968). Pryamoy metod opredeleniya summarnoy proteaznoy aktivnosti pochvyi [A direct method for determining the total protease activity of a soil]. *Sbornik dokl. simp. po fermentam pochvy*. Minsk, 144-150. [in Russian].
18. Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv [Agrochemical methods of soil research] (red. A. V. Sokolov). М.: Nauka, 1975. 656. [in Russian].
19. Konishev A. A. (2013). Obrabotka pochvyi: vchera, segodnya, zavtra [Tillage: yesterday, today, tomorrow]. Ivanovo: FGOU VPO "IGSHA im. Akademika D. K. Belyaeva", 127 p. [in Russian].
20. Polyanskaya L. M., Gorbacheva M. L., Milanovskiy E. Yu., & Zvyagintsev D. G. (2010). Razvitie mikroorganizmov v aerobnykh i anaerobnykh usloviyakh v chernozeme [The development of microorganisms in aerobic and anaerobic conditions in chernozem soil]. *Pochvovedenie*, 3. 356-360 [in Russian].
21. Zvyagintsev D. G., Babeva I. P., & Zenova, G. M. (2005). Biologiya pochv [Soil biology]. Moskva: MGU, 2005. 445 p. [in Russian].