

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ТОНХА ОКСАНА ЛЕОНІДІВНА**

УДК 631.417.2/445.4(477.41)

**ВІДНОВЛЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ І ГУМУСНОГО СТАНУ  
ЧОРНОЗЕМІВ ТИПОВИХ І ЗВИЧАЙНИХ УКРАЇНИ**

06.01.03 – агрогрунтознавство і агрофізика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора сільськогосподарських наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті біоресурсів і природокористування України

Науковий консультант доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Балаєв Анатолій Джалілович**,  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України,  
завідувач кафедри ґрунтознавства  
та охорони ґрунтів ім. М. К. Шикули

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор,  
член-кореспондент НААН  
**Бондар Олександр Іванович**,  
Державна екологічна академія  
післядипломної освіти та управління,  
ректор

доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Тихоненко Дмитро Григорович**,  
Харківський національний аграрний  
університет імені В. В. Докучаєва,  
професор кафедри ґрунтознавства

доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
**Ткаченко Микола Адамович**,  
Національний науковий центр  
«Інститут землеробства НААН»,  
заступник директора з наукової роботи

Захист відбудеться «18» листопада 2016 року о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.04 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Генерала Родимцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий «17» жовтня 2016 року

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Н. П. Бордюжа

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Ґрунтовий покрив України здатний підтримувати високий потенціал продуктивності сільськогосподарських культур, особливо це стосується чорноземів. Водночас посилення антропогенного навантаження на них обумовлює зниження чисельності й збіднення видового різноманіття та структурної організації, збільшення кількості гуматрозкладаючих мікроорганізмів за відсутності органічних добрив і, як наслідок, деградації їх гумусного стану. Біота є індикатором змін, що відбуваються в ґрунтах і показником здатності їх до самовідновлення та реабілітації. Таким чином, дослідження мікробного біому, вивчення біорізноманіття і просторово-функціональної структури мікробного комплексу може бути основою удосконалення вискоефективних систем землеробства й управління мікробними процесами в чорноземах за різного їх антропогенного використання.

Фундаментальні дослідження, які провели В. В. Докучаєв (1883), В. І. Вернадський (1925), М. С. Гіляров (1985–1996), М. А. Красильников (1958–1966), Є. М. Мішустин (1972–1987), Д. Г. Звягінцев, (1986–1999), О. Е. Городецька (1991), Г. В. Добровольський (1996–2000), Г. М. Зенова (1986–2005), К. З. Тепер (1976), О. В. Благодатська (1996), Д. І. Нікітін (1999), Е. І. Андреюк (1978–1981), Н. Е. Елланська (1993), В. П. Пати́ка (1993–2003), М. А. Голубец (1997–2001), В. І. Канівець (2001), В. В. Волкогон (2002–2008), Г. О. Іутинська (1986–2006), Д. Г. Тихоненко (1995–2010), В. Т. Ємцев (2001), В. О. Єщенко (2009), К. Б. Новосад (2004–2009), М. В. Пати́ка (2006–2015) та ін., стали основою для сучасного уявлення про живу речовину ґрунту, її природу й властивості. Ці роботи продовжуються й зараз і дають змогу стверджувати, що склад природних ценозів різних ґрунтів завжди є специфічним та змінюється досить прогнозовано за різного використання. Водночас недостатньо вивчено питання мікробної трансформації органічних речовин у процесі інтенсивного використання ґрунтів, закономірності та зв'язки між структурою мікробних угруповань і кількісними та якісними показниками гумусового стану, формування метагеному та філотипової структури прокаріотних комплексів чорноземів природних ценозів і сільськогосподарського використання. Системне й комплексне вивчення мікробної трансформації органічної речовини ґрунту є основою наших досліджень і дає можливість вирішити важливу наукову проблему відновлення біологічної активності й гумусного стану чорноземів за використання ґрунтозахисних технологій, органічних і мінеральних добрив, супутньої продукції і сидератів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** У дисертації викладено результати досліджень, які виконано за період з 2000 по 2016 рр. на кафедрі ґрунтознавства та охорони ґрунтів Національного університету біоресурсів і природокористування України і є складовою науково-дослідних робіт на створення науково-технічної продукції за такими темами: «Розробити теоретичні і технологічні основи ґрунтозахисних технологій стосовно ґрунтово-ландшафтних умов Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0101U003217; 2000–2004 рр.); «Вивчення деградаційних процесів в

грунтах України та розробка способів і технологій їх реабілітації»; «Обґрунтувати і розробити ресурсозберігаючі технології управління продуктивністю чорноземів Правобережного Лісостепу України, відтворення родючості та забезпечення в них позитивного балансу органічної речовини» (номер державної реєстрації 0100U002905; 2004 р.); «Розробка екологічних паспортів полів і кормових угідь навчально-дослідного господарство «Великоснітинське»» (номер державної реєстрації 0104U004369; 2004–2006 рр.); «Відтворення родючості чорноземів у короткоротаційних сівозмінах Лісостепу за мінімалізації обробітку ґрунту й біологізації землеробства» (номер державної реєстрації 0109U000950; 2006–2010 рр.) та «Управління родючістю ґрунтів та продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій» (номер державної реєстрації 0112U002819, 2012–2014 рр.).

**Мета та задачі дослідження.** Мета досліджень полягала у вирішенні комплексної проблеми збереження мікробного біорізноманіття, відновлення біологічної активності та запасів органічної речовини ґрунтів і підвищенні продуктивності культур у сівозмінах Лісостепу й Степу України на основі вивчення мікробіологічної і ферментативної активностей, механізмів мікробної трансформації органічної речовини цілинних і освоєних чорноземів типових і звичайних та використання різних систем обробітку й удобрення.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- визначити чисельність різних фізіологічних груп мікроорганізмів і біогенність чорноземів (типового та звичайного) за різного антропогенного використання і систем обробітку ґрунту;

- визначити чисельність мікроорганізмів різних фізіологічних груп, що в чорноземах, за різної інтенсивності їх використання, трансформують сполуки вуглецю та азоту;

- оцінити біомасу, таксономічний склад, особливості формування метагеному за різного антропогенного використання і систем обробітку ґрунту із застосуванням класичних мікробіологічних і молекулярно-біологічних методів аналізу;

- визначити спрямованість мікробних процесів трансформації органічних речовин ґрунту за різного їх використання;

- встановити показники гумусного стану чорноземів за різної інтенсивності їх використання та оцінити вплив технологій вирощування на інтенсивність і спрямованість процесів трансформації органічної речовини;

- визначити залежності в системах «гумус ґрунту – продуктивність рослинних решток» і «гумус – біогенність»;

- визначити вплив тривалого застосування ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур на структуру мікробного комплексу, кількісні та якісні зміни гумусового стану чорноземів типових Лісостепу і звичайних Степу;

- розробити динамічну математичну модель гумусонакопичення за використання різних технологій вирощування сільськогосподарських культур і запропонувати заходи щодо забезпечення бездефіцитного балансу гумусу;

– оцінити продуктивність ценозів за різного їх використання і тривалого застосування ґрунтозахисних технологій;

– розробити практичні рекомендації із застосування ґрунтозахисних технологій вирощування культур і запровадити їх у господарствах Лісостепу і Степу України.

*Об'єкт дослідження* – процеси, зміни мікробіому за трансформації органічної речовини цілинних і освоєних земель та їх різного використання в системах сівозмін, обробітку й удобрення; гумусний стан і відновлення родючості чорноземів під впливом ґрунтозахисних технологій, їхній вплив на продуктивність фітоценозів.

*Предмет дослідження* – чорноземи типові і звичайні цілинні, структура й таксономічний склад мікробіому, фізіологічні групи мікроорганізмів, кількісні та якісні показники гумусового стану чорноземів, продуктивність природніх ценозів і сівозмін.

**Методи дослідження.** Під час досліджень було застосовано польовий, лабораторний і статистичний методи. Із польових використано експедиційно-польовий, порівняльно-географічний, морфометричний, а також довготривалі польові дослідження із вивчення впливу різних систем обробітку на біологічну активність і гумусний стан чорноземів. Лабораторний метод застосовано для визначення агрохімічних показників – загального вмісту азоту, легкогідролізованих сполук азоту; фізико-хімічних – загального вмісту гумусу й лабільних органічних сполук, групово-фракційного складу гумусу; мікробіологічних – визначення чисельності фізіологічних і функціональних груп мікроорганізмів, що трансформують сполуки вуглецю та азоту; молекулярно-біологічних – ампліфікація генів 16S рРНК, поліморфізм довжин рестрикційних фрагментів. Із статистичних методів використано системний аналіз, математико-статистичний. Польові й лабораторні дослідження проведено згідно з наявними методиками й державними стандартами (ДСТУ), прийнятими у ґрунтознавстві.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі комплексних багаторічних мікробіологічних і молекулярно-біологічних досліджень цілинних та освоєних чорноземів типових і звичайних доведено, що в агроценозах Лісостепу і Степу України збереження мікробного біорізноманіття і відтворення родючості ґрунтів відбувається за тривалого застосування ґрунтозахисних технологій із мінімізацією обробітку ґрунту й використанням соломи, сидератів і мінеральних добрив. Враховуючи вищесказане, нами *уперше*:

– проведено системне вивчення і взаємозв'язано оцінено мікробіом та гумусний стан цілинних чорноземів за різної інтенсивності їх використання;

– вивчено характер мікробної трансформації органічної речовини цілинних і розораних чорноземів, встановлено механізми втрат і відновлення в них гумусу;

– за допомогою молекулярно-біологічних методів встановлено різноманіття метагеному прокаріотів цілинних і розораних чорноземів природного заповідника «Михайлівська цілина». Доведено, що антропогенне навантаження на чорноземи збіднює їх різноманіття і на ріллі, порівняно з цілиною, кількість видів мікроорганізмів зменшується майже у 2 рази – з 145 до 86;

– встановлено закономірності формування різноманіття філотипів ґрунтових мікроорганізмів і топологію розподілу генотипів за різних обробітків ґрунту. За різноглибинного безполицевого обробітку формується найбільш складна структура мікробного ценозу, активізуються мікроорганізми, які трансформують різні вуглецевмісні сполуки, збільшується їх чисельність, підвищується біорізноманіття та активність ферментів;

– доведено, що біогенність можна використовувати для діагностики різновидів ґрунтів, а за кількістю і співвідношенням фізіологічних груп мікроорганізмів встановлювати спрямованість ґрунтових процесів;

*уточнено:*

– механізми мінералізації органічної речовини ґрунту в розораних чорноземах за рахунок зменшення лабільної частини гумусових речовин, яке найбільше проявляється в шарі 0–5 см;

– закономірності щодо впливу технологій вирощування на інтенсивність та спрямованість процесів трансформації органічної речовини;

– положення про те, що застосування побічної продукції та сидератів, що заробляються у верхній шар ґрунту на 0–20 см, сприяє накопиченню гумусу й покращенню його фракційного складу;

*набули подальшого розвитку:*

– закономірності зміни гумусного стану чорноземів за їх сільсько-господарського використання;

– апроксиматичні залежності у системі «гумус ґрунту – продуктивність» і «гумус – біогенність» у цілинних і освоєних чорноземах;

– динамічна математична модель гумусонакопичення за використання різних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

**Практичне значення одержаних результатів.** Установлено об'єктивні критерії оцінки біологічної активності ґрунтів і їхнього гумусного стану в агроценозах. Виявлено закономірності впливу побічної продукції в сівозміні на мікробценози, кількісний та якісний склад гумусу.

На основі комплексного вивчення біологічної активності та органічної речовини розроблено рекомендації з відтворення родючості чорноземів типових і звичайних. Розроблено сучасні підходи щодо ефективного використання ґрунтозахисних ресурсощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням структурно-функціонального формування метагеному прокаріотів та спрямованості вуглецевих і азотних потоків у чорноземах, що підвищують продуктивність сівозмін Правобережного й Лівобережного Лісостепу та Північного Степу України.

Виробництву запропоновано комплекс економічно ефективних і ресурсощадних заходів, що охоплюють мінімізацію обробітку ґрунту, оптимальні норми органічних і мінеральних добрив, використання супутньої продукції, сидератів для відтворення біологічної активності та органічної речовини ґрунтів, родючості чорноземів і підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Висновки і пропозиції, розроблені за результатами досліджень, знайшли відображення в рекомендаціях виробництву: «Чи може бути рослинництво

рентабельним?» (Дніпропетровськ, 2000); «Методичні рекомендації з застосування ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур у Правобережному Лісостепу України» (Київ, 2008); «Методичні рекомендації з застосування ресурсощадних технологій вирощування озимої пшениці в короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу України» (Київ, 2011); «Методичні рекомендації з управління родючістю ґрунтів та продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій» (Київ, 2014).

Основні результати досліджень пройшли виробничу перевірку на площі 12,104 тис. га, зокрема в ТОВ «Агро Інвест України» Яготинського району Київської області на площі 1020 га, ТОВ «Лотівка Еліт» Шепетівського району Хмельницької області на площі 10 тис. га і ТОВ «Еліта Придніпров'я» Онуфрієвського району Кропивницької (Кіровоградської) області на площі 904 га.

Матеріали досліджень ввійшли до наукових монографій «Structural properties of porous materials and powder used in different fields of science and technology», «Національна доповідь про стан родючості ґрунтів», «Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Степу України і АР Крим», «Охорона земель та стале землекористування», «Комплексна агроекологічна оцінка земель ВП НУБІП України», навчальних посібників для вищих навчальних закладів «Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості», «Якісна оцінка стану земель НДГ НУБіП України, охорона і відтворення їх родючості», а також використовуються під час читання лекцій із дисциплін «Ґрунтознавство», «Охорона ґрунтів», «Технології раціонального землекористування».

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційну роботу автором виконано самостійно. Автором узагальнено дані вітчизняних і зарубіжних науковців за темою дисертації, розроблено робочі гіпотези, на основі яких сплановано й виконано аналітичні і лабораторні дослідження, проаналізовано й узагальнено отримані результати, підготовлено висновки та рекомендації для виробництва. Здобувачем організовано перевірку отриманих рекомендацій для впровадження їх у практику аграрних підприємств. Зміст дисертації становлять результати досліджень, проведені на 80 % автором самостійно (2000–2016 рр.), на спільні дослідження з іншими авторами, що проведено в різні роки, є відповідні посилання. Частка участі здобувача в спільних публікаціях і патенті становить 65–75 %.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень, основні положення й висновки дисертації було представлено, опубліковано й обговорювалися на VII, VIII і IX Делегатському з'їзді ґрунтознавців та агрохіміків України (м. Київ, 2006 р.; м. Житомир, 2010 р., м. Миколаїв, 2014 р.); науково-практичних конференціях науково-педагогічних працівників і аспірантів НДІ агротехнологій та якості продукції рослинництва (м. Київ, 2006–2013 рр.; 2015–2016 рр.); VI науково-практичній конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування» (м. Кам'янець-Подільський, 2011 р.); Міжнародному симпозиумі «Soil Quality and Management of world Mollisols» (м. Харбін, Китайська Народна Республіка, 2011 р.); Міжнародній конференції

«100 years soil science in Bulgaria» (м. Софія, Республіка Болгарія, 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 195-річчю від дня заснування ХНАУ ім. В.В. Докучаєва «Проблеми сталого розвитку агросфери» (м. Харків, 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 90-річчю заснування кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикучи Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ, 2012 р.); Міжнародному науково-практичному семінарі, присвяченому 130-річчю виходу книги професора В. В. Докучаєва «Російський чорнозем» і розвитку сільськогосподарської дослідної справи як галузі знань (м. Київ, 2013 р.).

**Публікації.** Результати досліджень повною мірою відображено в 42 опублікованих працях, з яких 2 монографії, 18 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті в наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 4 статті в наукових виданнях інших держав, 7 статей в інших наукових виданнях, 3 науково-методичні рекомендації, 6 тез наукових доповідей.

**Обсяг та структура дисертації.** Загальний обсяг роботи становить 388 сторінок комп'ютерного тексту. Дисертація складається зі вступу, 9 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Робота ілюстрована 59 таблицями, 77 рисунками, 18 додатками. Список використаних джерел містить 505 найменувань, з них 69 латиницею.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

### **БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ І РЕГУЛЮВАННЯ ГУМУСНОГО СТАНУ ЧОРНОЗЕМІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

В огляді літературних джерел висвітлено значення мікроорганізмів у колообізі та трансформації речовин і енергії, подано результати досліджень вітчизняних і зарубіжних учених щодо вирішення проблеми відновлення біологічної активності і гумусного стану чорноземів. Проведено аналіз біорізноманіття, еколого-трофічних груп мікроорганізмів, вмісту та складу гумусу, спряженості мінералізаційно-імобілізаційних процесів цілинних ґрунтів та їх зміни під впливом залуження, заліснення і сільськогосподарського використання (Звягінцев Д. Г., 1983; Баб'єва І. П., Зенова Г. М., 1983; Добровольский Г. В., 1996; Гамкало З. Г., 2009).

Інтенсивне використання ґрунтів впливає на їх властивості, змінюючи хімічний склад, процеси і режими, а це, в свою чергу, призводить до ослаблення взаємозв'язків між складовими функціонування ґрунту як природного тіла, формування його живої фази й, передусім, мікрофлори (Елланська Н. Е., 1993; Головка Е. А., 1993; Дерев'янка В. А., 1993; Пухова Н. Ю., 2011; Новосад К. Б., 2009). Чисельність, співвідношення різних фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів залежить від багатьох чинників – виду вирощуваної культурної рослини, способу обробітку ґрунту, системи удобрення, насиченості органічними добривами і застосування вапнякових матеріалів, сівозміни (Гамкало З. Г., 2009; Гудзь В. П., В'ялий С. О., Іванюк М. Ф., 2000; Дегтярьов В. В., 2008; Єщенко В. О., 2009; Москалевська Ю. П., 2009; Патица М. В., 2010; Цюк О. А., 2012).

На основі аналізу й узагальнення наукової літератури з'ясовано, що відновлення біологічної активності і гумусного стану чорноземів проблема комплексна і вирішується завдяки дослідженню ґрунтового біому і механізмів його функціонування та використання ґрунтозахисних технологій, різних видів органічних і мінеральних добрив, супутньої продукції і сидерації.

## **ОБ'ЄКТИ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Об'єктами дослідження** були чорноземи типові середньосуглинкові на лесі Українського природного степового заповідника «Михайлівська цілина», чорноземи звичайні важкосуглинкові на лесовидних суглинках Українського природного степового заповідника «Хомутовський степ», також чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові на лесі довготривалого досліді Драбівського дослідного поля Черкаського інституту АПВ НААН (40 років використання технологій), чорноземи типові малогумусні грубопилувато-середньосуглинкові ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О. В. Музиченка» Фастівського району Київської області (16 років).

**Чорноземи типові середньосуглинкові природного степового заповідника «Михайлівська цілина».** Відділення «Михайлівська цілина» знаходиться в межах північно-західної підпровінції лівобережної високої провінції Лісостепової зони чорноземів типових. Ґрунтовий покрив заповідника переважно формують чорноземи типові середньосуглинкові. Зразки ґрунтів для досліджень було відібрано із цілинної ділянки заповідника (абсолютна цілина – 1), лісосмути (лісосмуга – 2), періодично кошеної (1 раз на 2 роки) ділянки цілинного степу (кошена цілина – 3), перелогу із 1965 року (4), ділянки насадженої кленом у 1952–1956 рр., а також у полі № 4 польової сівозміни (рілля з 1936 року – 5) КСП «Червона Зірка» Лебединського району Сумської області.

**Чорноземи звичайні важкосуглинкові природного степового заповідника «Хомутовський степ».** Згідно з агроґрунтовим районуванням територія заповідника «Хомутовський степ» входить до Придонецького ґрунтового району, що залягає в підніжжі Донецького кряжу в межах Волновахсько-Ждановський агроґрунтового району. Для досліджень нами було відібрано зразки ґрунтів на абсолютно цілинній ділянці заповідного степу (абсолютна цілина – 1), на періодично кошеній (1 раз на 2 роки) ділянці цілинного степу (кошена цілина – 2), а також на ділянках поля № 3 польової сівозміни сільськогосподарського підприємства «Маяк» Новоазовського району Донецької області (рілля – 3). За 2005–2013 рр. насиченість мінеральними і органічними добривами становила: 40,6 кг д. р. азотних, 11,0 кг д. р. фосфорних, 3,8 т гною на 1 га сівозмінної площі.

**Чорноземи типові малогумусні грубопилувато-середньосуглинкові «Великоснітинського НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області.** Дослідження проводили в довготривалому досліді кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. М. К. Шикуди, який закладено в науково-дослідному господарстві (НДГ) «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області. У геоморфологічному відношенні територія належить до Придніпровської височини, що входить до північної

частини Правобережного Лісостепу. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлено чорноземом типовим грубопилувато-середньосуглинковим на лесі. Тобто ґрунти, які досліджуються близькі за генезою і характеристиками до чорноземів типових заповідника «Михайлівська цілина». Верхній генетичний горизонт ґрунту на 51,2–65,4 % складається з грубого пилу, 16,8–16,7 % – мулу й містить 30,8–32,2 % фізичної глини. Таке співвідношення фізичної глини та грубого пилу в ґрунті не сприяє утворенню водостійких макроагрегатів, що може спричинити агрофізичну деградацію за інтенсивного технологічного навантаження на ґрунт.

Ґумусовий горизонт має близьку до нейтральної реакцію ґрунтового середовища, середню забезпеченість азотом легкогідролізованих сполук (метод Тюріна і Конової) та рухомими формами фосфору й обмінним калієм (метод Чирікова) у шарі 0–30 і 30–50 см.

До 2009 року досліджувався вплив різних систем обробітку ґрунту й удобрення на чорноземі типовому в польовій 10-пільній сівозміні, а з 2010 р. – у короткоротаційній сівозміні: 1. Соя; 2. Пшениця озима; 3. Кукурудза на зерно; 4. Ячмінь ярий. Дослід мав трикратну повторність, його розміщено в просторі на трьох полях.

Системи обробітку ґрунту включали такі варіанти:

1. Традиційна, що ґрунтується на оранці під різні культури на глибину 22–27 см, варіант «оранка»;

2. Ґрунтозахисна, що базується на різноглибинному безполицевому обробітку під різні культури на глибину 22–27 см, варіант «різноглибинний безполицевий обробіток»;

3. Ґрунтозахисна, в основі якої лежить мілкий безполицевий обробіток на 10–12 см, варіант «мілкий безполицевий обробіток».

Система удобрення була акцентована на використання місцевих ресурсів – соломи та сидератів. Досліджувалася дія трьох варіантів систем удобрення:

1. Без добрив (контроль);

2. Солома 1,2 т/га + N<sub>12</sub> + N<sub>78</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub>;

3. Солома 1,2 т/га + N<sub>12</sub> + сидерати + N<sub>78</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub>.

До того ж внесення соломи й висівання сидератів проводилося в полі після збирання пшениці озимої. Система захисту рослин була загальноприйнятною й однаковою в усіх варіантах досліді. Розміщення варіантів проводилось методом розщеплених ділянок. Розмір посівної ділянки становив 180 м<sup>2</sup>, облікової ділянки – 100 м<sup>2</sup>.

**Чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові довготривалого досліді Драбівського дослідного поля Черкаського інституту АПВ НААН.** Дослідження проводилися в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в тривалому (понад 40 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаського інституту АПВ НААН. Територія дослідного поля розміщена в Драбівському агроґрунтовому районі Лівобережного Лісостепу України, рельєф якого рівнинний, слабохвилястий з невеликими балками. Дослідження проводили на чорноземах типових малогумусних легкосуглинкових на лесі, які є основним різновидом ґрунтів цього

агрогрунтового району. Досліди було закладено в 1976 р. із зміною системи удобрення в 1995 р. Загальна площа під дослідом становить 12,4 га, розмір посівної ділянки – 162 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>, повторність трикратна, кількість елементарних ділянок – 504.

Дослідження проводили в сівозміні: горох – пшениця озима – буряк цукровий – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно. Насиченість у сівозміні становила: зернових – 60 %, технічних – 20 %; зернобобових – 20 %.

Система основного обробітку включала такі варіанти:

- звичайна різноглибинна оранка на 22–27 см під всі культури;
- безполицевий обробіток на 22–27 см під всі культури;
- поверхневий обробіток на 8–10 см, під буряк цукровий оранка на 25–27 см;
- поверхневий обробіток на 8–10 см під всі культури;
- безполицевий обробіток на 22–27 см, під буряк цукровий оранка на 25–27 см.

Система удобрення (розрахунок на 1 га сівозмінної площі):

1. Без добрив (контроль);
2. Побічної продукції (4 т/га) + N<sub>31</sub>P<sub>33</sub>K<sub>41</sub>;
3. Побічної продукції (4,5 т/га) + N<sub>62</sub>P<sub>66</sub>K<sub>82</sub>.

Як органічні добрива використовувалася вся побічна продукція, що залишалась після збирання врожаю.

**Чорноземи звичайні важкосуглинкові АТЗТ «Агро-Союз» Синельниківського району Дніпропетровської області.** Дослід закладено у 1999 р., схил ділянки становив менше 1°, за крутизною є типовим для цього рельєфу. Рельєф являє собою широкохвилясту рівнину. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний важкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу в орному шарі становив 4,6 %, а в підорному – 3,4 %. Чорнозем звичайний характеризувався нейтральною реакцією ґрунтового розчину. У верхньому шарі рН сольовий становив 6,5, гідролітична кислотність – 0,93 мг-екв/100 г ґрунту, а сума ввібраних основ – 23,1 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – 97,0 %.

Дослід охоплював три варіанти технологій вирощування культур:

- традиційна, що ґрунтувалися на полицевому основному обробітку ґрунту на 25–30 см;
- ґрунтозахисна, яка базувалися на мінімальному обробітку ґрунту на 10–12 см;
- технологія фірми «Монсанто», в основі якої був нульовий обробіток ґрунту з використанням сівалок для прямої сівби.

Із наведеного можна зробити висновок, що ґрунтові умови ділянок, які досліджувалися є сприятливими для більшості сільськогосподарських культур Лісостепової і Степової зони, широке географічне розміщення дослідів дає можливість встановити загальні закономірності мікробної трансформації органічної речовини, зміни гумусного стану й біологічної активності чорноземів під впливом різних технологій вирощування сільськогосподарських культур і знайти шляхи відтворення їх родючості.

**Методи визначення показників об'єктів дослідження.** Для дослідження агрохімічних показників змішані зразки ґрунту (12–14 індивідуальних проб) відбирали тростинним буром із глибини 0–5 см, 5–20, 20–40 см із подальшою підготовкою до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464–2001.

У лабораторних умовах зразки ґрунтів досліджувались у трикратній повторності. В них визначали вміст гумусу за методом І. В. Тюріна у модифікації В. М. Сімакова (ДСТУ 4289:2004); груповий склад гумусу – за В. В. Пономарьовою, Т. А. Плотніковою; рухомі гумусові речовини – у витяжці 0,1 н NaOH (ДСТУ 4289:2004); водорозчинну органічну речовину – за І. В. Тюріним у модифікації В. М. Сімакова; активність поліфенолоксидази та пероксидази – за методом К. А. Козлова. Кількість рослинних решток визначали за методикою Н. З. Станкова після збирання врожаю, потім рослинні рештки висушували в затінених місцях, досушуючи в сушильній шафі.

Ґрунтово-біологічні дослідження проводили в період активної вегетації рослин (травень–червень) у 0–5 см, 5–20, 20–40 см шарах. Відбір, підготовку та зберігання зразків ґрунту для дослідження аеробної мікробіоти в лабораторних умовах проводили згідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Визначення чисельності різних груп ґрунтових мікроорганізмів проводили відповідно до методики Д. Г. Звягінцева посівом ґрунтової суспензії на тверді поживні середовища. На м'ясо-пептоновому агарі (МПА) вивчали загальну чисельність мікроорганізмів, що розкладають органічні сполуки, які містять азот. На крохмало-аміачному середовищі (КАА) вивчали мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту. Підрахунок, виділення бактерій та актиноміцетів проводили шляхом поверхневого посіву 0,05 мл ґрунтової суспензії з четвертого розведення на середовище Д. Г. Звягінцева. Кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів рахували на середовищі Гетчинсона з клітковиною, синтезуючих полісахариди – на середовищі Мартіна, синтезуючих меланіни – на середовищі Чапека при рН=5,0, розкладали гумати – на середовищі з гуматом натрію, педотрофи – на ґрунтовому агарі. Спрямованість мікробних процесів у ґрунті визначали за допомогою коефіцієнтів мінералізації-імобілізації азоту, оліготрофності, педотрофності, трансформації органічної речовини ґрунту (ДСТУ 3750-98, Титова В. І., 2012). Статистичну обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятими у ґрунтовій мікробіології методиками з використанням комп'ютерних програм *Microsoft Excel 2007*.

Таксономічну структуру прокаріотів визначено за методом піросеквенування (Ronaghi M., 2004, Патица М. В., 2009, Андронов Е. Е., 2013). Комп'ютерне опрацювання отриманих даних здійснено за допомогою програмного забезпечення *QIIME* версії 1.7.0 (Kuczynski J., 2012). Урожайність основної і побічної продукції визначали щорічно з кожної облікової ділянки, масу зерна перераховували на 1 га з урахуванням засміченості. Збір врожаю зернових і зернобобових культур здійснювали прямим комбайнуванням. Статистичний аналіз результатів проведено за допомогою дисперсійного та кореляційно-регресійного методів за Б. А. Доспеховим із використанням програм *Agrostat* та *Excel*.

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІНИ ЯКІСНОГО СКЛАДУ МІКРОБНИХ КОМПЛЕКСІВ ЧОРНОЗЕМІВ ЛІСОСТЕПУ І СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА РІЗНОГО ЇХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

**Зміна біогенності чорноземів за антропогенного навантаження.** Кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти, як чутливий індикатор стану агроєкосистеми, відображає ступінь антропогенного навантаження, тому використовується як діагностичний показник під час оцінки екологічного стану ґрунту і це дає можливість виявити певні зміни екосистеми ще на ранніх стадіях її трансформації (Патика М. В., 2013). Чисельність мікроорганізмів (показник біогенності ґрунту) та їхній видовий склад суттєво змінюється під впливом навколишнього середовища (температури, вологості, стану рослинного покриву тощо), глибини досліджуваного шару ґрунту й найбільше залежить від інтенсивності використання угідь. Чорнозем типовий «Михайлівської цілини» (шар 0–40 см) характеризувався найвищою біогенністю. Під природними ценозами – варіант лісосмуги, де показник цей показник досягав 39,9 млн/г, і абсолютною цілиною 31,0 млн/г, потім у порядку зменшення рілля (29,5 млн/г), переліг (26,2) і кошена цілина (23,1 млн/г).

Розорювання цілинних земель із активізацією додаткового надходження кисню обумовлює підвищення біогенності, а без достатньої кількості органіки у вигляді рослинних решток і добрив – розкладання гумусу. У чорноземах звичайних «Хомутовського степу» найбільші значення виявлено на ріллі як у верхньому, так і в нижньому шарах, що пов'язано із зростаючим доступом повітря і вологи за обробітку ґрунту в глибші шари. Ступінь збагачення чорноземів звичайних (шар 0–40 см) зменшувався до п'яти разів порівняно з типовими і характеризувався як дуже бідний в усіх варіантах досліджу.

**Вплив різного використання чорноземів на чисельність мікроорганізмів, що трансформують сполуки азоту.** Колообіг азоту включає процес мікробної його фіксації з атмосфери та входження в малий біологічний колообіг. Останній характеризує процеси деструкції азотовмісних органічних сполук до аміаку (амоніфікація), окиснення аміаку до нітратів (нітрифікація) і подальше їх відновлення до вільного азоту (денітрифікація). Саме мікроорганізмам належить основна роль у трансформації азоту в ґрунті (Андреюк К. І., Валагурова О. В., 1992). Різна інтенсивність використання ґрунту обумовлює неоднакові зміни чисельності мікроорганізмів, що беруть участь у азотному циклі. У чорноземах типових й звичайних кількість амоніфікаторів залежала від фітоценозу та змінювалась залежно від глибини (рис. 1).

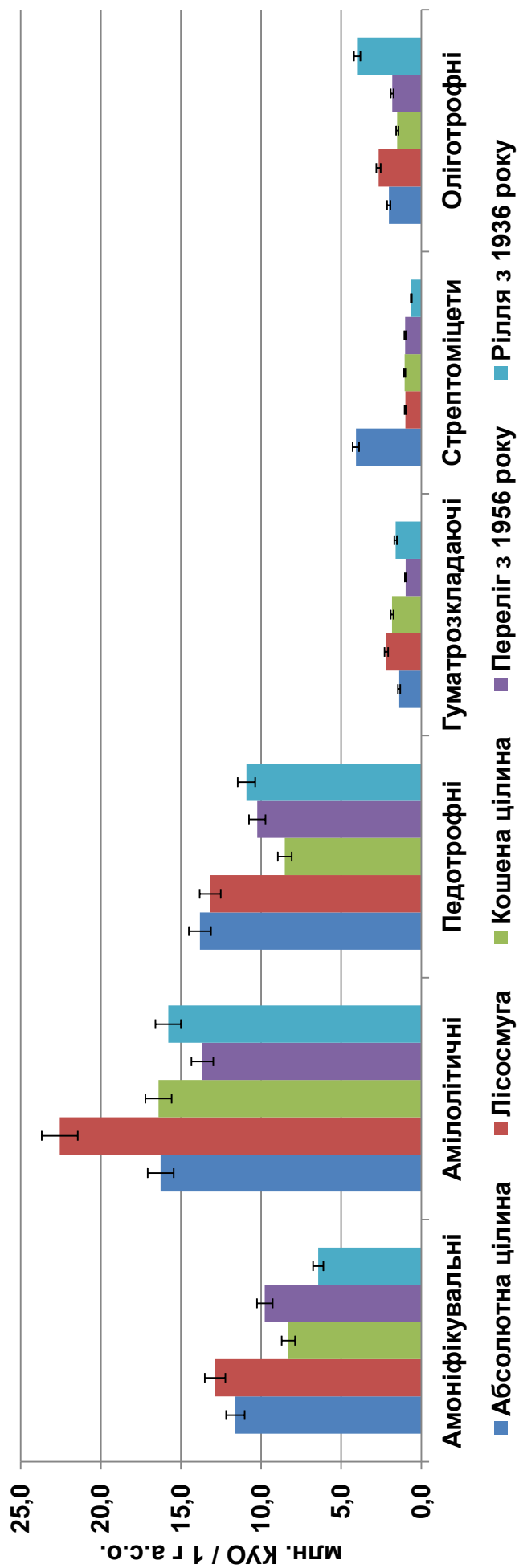
Найбільша чисельність амоніфікуючих і амілолітичних мікроорганізмів у всіх варіантах дослідження була характерна для кореневмісного шару (0–5 см). Вниз по профілю відбувалося її зменшення в 1,1–1,9 у шарі 5–20 см і 0,6–3,1 раза в шарі 20–40 см. За найбільш інтенсивного антропогенного використання (рілля) кількість органогетеротрофних мікроорганізмів у чорноземі типовому зменшувалась на 47,1–141 %, за викошування – на 8,6–60,0 %, на перелозі (56 років використання) – на 5,7–60,8 % порівняно з абсолютною цілиною. У лісосмузі чисельність вищезазначених мікроорганізмів менша на 15,0–29,3 %

порівняно з абсолютною цілиною. На чорноземі звичайному в усіх шарах залежність була протилежною – найменша кількість вищезазначених мікроорганізмів була характерною для природного ценозу (абсолютна цілина). За збільшення антропогенного навантаження (рілля) відбулося підвищення їх кількості на 25,6–228 % порівняно з останнім.

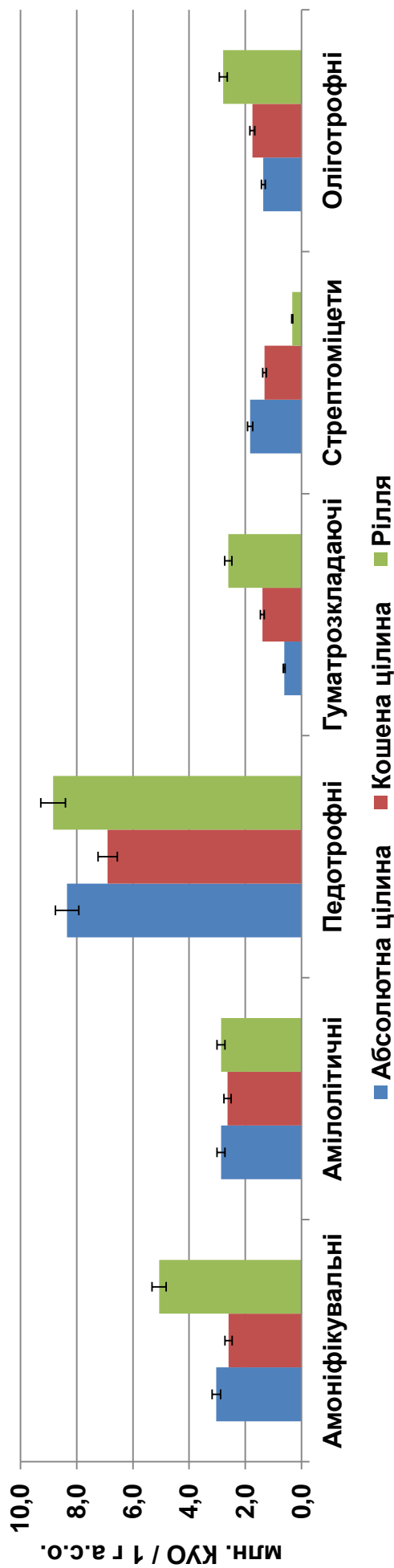
Порівняння чисельності копіотрофів у чорноземах звичайних природних заповідників «Хомутовська цілина» і «Михайлівська цілина» показало, що їх більше в останньому в 3,7 рази у варіанті з абсолютною цілиною, 3,3 – кошеною цілиною, 1,2 – ріллею. Тобто, умови й чинники ґрунтоутворення, зокрема сухіший клімат і гідротермічний режим ґрунтів, призвели до зменшення кількості вищезазначених мікроорганізмів у чорноземах звичайних не залежно від інтенсивності їх використання. Чорнозем типовий абсолютної цілини характеризувався високою кількістю амоніфікаторів порівняно з ріллею, а для чорнозему звичайного встановлена зворотня закономірність. Проте у вищезазначених ґрунтах (шар 0–40 см) кількість мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми не залежала від інтенсивності їх антропогенного використання (різниця не перевищувала 5,0 %).

**Оцінка кількості мікроорганізмів, що беруть участь у розкладі і синтезі органічних речовин у чорноземах за різного використання.** Для оцінки та управління процесами гумусоутворення варто володіти інформацією про склад і динаміку мікробіоценозів, особливо тих, що пов'язані з гуміфікацією і розкладом гумусових речовин. Наприклад, домінування стрептоміцетів відбувається за переважання важкодоступних субстратів і мінералізації напіврозкладених рослинних решток – детриту.

Сільськогосподарське використання чорноземів зменшує їх кількість у шарі 0–40 см порівняно з абсолютною цілиною, а саме: сінокосіння на типових – у 1,9–7,7 рази, звичайних – 1,3–1,5, рілля відповідно – 3,7–8,6 та 1,4–7,5 рази, що пов'язано із меншим вмістом детриту у цих варіантах. На перелозі відбувається збільшення чисельності стрептоміцетів у 1,4–1,5 рази порівняно з ріллею. За даними Г. О. Іутинської (2011), у розкладі периферичних ланцюгів гумусових молекул беруть участь педотрофні мікроорганізми, а глибоку деструкцію здійснюють гуматрозкладаючі. За ріллі до ґрунту надходить недостатня кількість рослинних решток, що обумовлює мінералізацію гумусу. Так, чисельність гуматрозкладаючих мікроорганізмів збільшувалась порівняно з абсолютною цілиною на чорноземах звичайних до 4,0, типових – до 1,1 рази. Аналогічна тенденція за кількістю педотрофних мікроорганізмів спостерігалася у чорноземах Степу (14 %), а в Лісостепу встановлена зворотня залежність на 9,2–54,0 %. За викошування рослинності порівняно з абсолютною цілиною зменшувалась чисельність педотрофних мікроорганізмів у 1,21–1,62 рази, але підвищувалась кількість гуматрозкладаючих у 2,24 у чорноземах звичайних і на 1,32 рази – в типових. Багаторічна деревна рослинність збільшувала кількість педотрофних мікроорганізмів на 17–21 % і гуматрозкладаючих – на 12–14 % порівняно з абсолютною цілиною.



1. Михайлівська цілина



2. Хомутовська цілина

Рис. 1. Залежність чисельності основних фізіологічних груп мікроорганізмів у чорноземах типових і звичайних від інтенсивності їх антропогенного навантаження, 2006–2010 рр.

Аналіз закономірностей щодо чисельності мікроорганізмів, що беруть участь у розкладі гумусових речовин, дозволяє зробити припущення про руйнування периферичної та ядерної частини гумусових речовин за антропогенного навантаження на чорноземи.

Ґрунтові мікроріпти й водорості беруть активну участь у процесах гумусоутворення, оструктурення ґрунту і становлять значну частину біорізноманіття будь-яких біогеоценозів. За розорювання чорноземів типових чисельність мікроріпти зменшувалась у 2,6, звичайних – 1,1 раза. В умовах абсолютної і кошеної цілини обох заповідників формувалися сприятливі умови для формування периферійної частини гумусових речовин.

**Оцінка спрямованості мікробних процесів у чорноземах.** Глибокий аналіз структури мікробіоценозу за антропогенного навантаження дає можливість визначити спрямованість мікробних процесів у ґрунті. За Е. М. Мишустиним (1976) співвідношення між чисельністю мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, до органічних називається коефіцієнтом мінералізації-імобілізації (Км.-і.). Цей показник може опосередковано свідчити про підсилення мобілізаційних процесів і пов'язаної з ними мінералізації органічної речовини. Оптимальні умови складаються при значенні показника близького до одиниці. Виходячи з цього найбільш сприятливі умови накопичення органічної речовини забезпечувались у варіанті з абсолютною цілиною (Км.-і.=1,37–1,50) і перелогом (Км.-і.=1,22–1,72). Під лісосмугою вищезазначений коефіцієнт був меншим на 29 %, кошеною цілиною – на 43 %. За сільсько-господарського використання чорноземів типових, зокрема у варіантах рілля він був в межах 2,09–2,78, а з сінокосінням 1,73–2,24. Вищезазначені процеси можуть свідчити про руйнування органічної речовини. Якщо порівняти варіанти інтенсивного використання – рілля і кошена цілина – з оптимальними значеннями (1,0), то отримані відповідно у 2,5 і 2,0 рази більші показники на чорноземах типових. На ріллі чорнозему звичайного показник був у 2,0 рази меншим, що пов'язано із неоптимальним співвідношенням С:N в ґрунті й недостатнім забезпеченням рослин азотом. В підтвердження існування зазначених залежностей нами отримано тісний кореляційний зв'язок ( $r=0,87\pm 0,11$ ) між легкогідролізованим азотом і коефіцієнтом мінералізації-імобілізації. Для чорнозему звичайного (рілля) отримано Км.-і.=0,31–0,76, що свідчить про переважання синтезу органічної речовини над деструкцією і дуже вузьке співвідношення С:N.

Показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини вказує на ступінь напруження балансу вуглецю та азоту за вмістом органічних сполук різного характеру гуміфікованості. У чорноземах типових Лісостепу найвищими показниками характеризувалась абсолютна цілина (14–28). Найбільшим навантаженням характеризувалась рілля, про що свідчать найменші значеннями (5–14). Посушливість клімату взагалі та інтенсивність надходження кисню за обробітку ґрунту зокрема чорнозему звичайного призвели до зворотної залежності з найвищими показниками у варіанті з ріллею, потім у порядку зменшення була абсолютна цілина (2,2), кошена цілина (у 2,6 рази порівняно з найбільш навантаженим варіантом).

За коефіцієнтом педотрофності (Кп.=1,31–2,74) на чорноземах типових варіант рілля сприяв розвитку автохтонної мікробіоти та збільшував доступність рослинам елементів живлення із загального фонду, а в зоні Степу на чорноземах звичайних спостерігалася протилежна залежність, індекс педотрофності був до 4 разів меншим (Кп.=1,33–2,02) порівняно з абсолютною цілиною. Коефіцієнт оліготрофності на абсолютній цілині (Ко.=0,14–0,19), лісосмузі (Ко.=0,11–0,30), кошеній цілині (Ко.=0,13–0,28) й перелозі (Ко.=0,14–0,28) вказує на забезпечення ґрунтової біоти легкодоступними поживними речовинами. За ріллі встановлено посилення оліготрофності, що обумовлює конкуренцію за доступний азот між мікроорганізмами й рослинами. Підсумком таких взаємовідносин є втрата органічної речовини. Для чорноземів звичайних найбільші значення були характерними для кошеніої цілини (Ко.=0,33–0,76), що свідчить на напруження у забезпеченості рослин азотом. Абсолютна цілина мала більш оптимальні інтервали цього показника (Ко.=0,11–0,54).

**Ферментативна активність ґрунтів.** Поліфенолоксидаза бере участь у перетворенні органічних сполук в компоненти гумусових речовин, пероксидаза в процесі мінералізації гумусових речовин. Швидкість нагромадження гумусу в ґрунті визначається співвідношенням активностей поліфенолоксидази до пероксидази. Найвищою активністю першої в чорноземі типовому характеризувався варіант абсолютної цілини, що в 4 рази більше, ніж на ріллі. Варіант лісосмуги також характеризувався високими показниками, але в 1,3 раза меншими порівняно із цілинним варіантом. Найбільший коефіцієнт накопичення гумусу в шарі 0–40 см отримано у варіантах абсолютної цілини й перелозі, де він був у 1,9 раза більшим порівняно з ріллею.

**Оцінка прокаріотного комплексу чорноземів молекулярно-біологічними методами.** Мікробні угруповання в ґрунті представлено складним комплексом різних морфотипів і фізіологічних груп. Загальноприйнята ґрунтова мікробіологія досліджує мікроорганізми, які культивуються на поживних середовищах. Науковими дослідженнями таких зарубіжних вчених як V. Torsvik, D. N. Buckley (2000) і вітчизняних, як М. В. Патика (2008–2014) – доведено, що ці методи інформаційно обмежені щодо структури мікробних угруповань і за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) з відповідними праймерами (16S рРНК, 18S рРНК та ін.) є можливість подальшого вивчення мікробних співтовариств біогеоценозів. Прокаріотний комплекс чорноземів абсолютної цілини представлено 13 кластерами, що відповідають домінуючим генотипам і відносяться до представників 44 родів, 145 видів, з них 68 % є некультивованими. У варіанті рілля дендрограма складається із восьми основних кластерів, представлених 52 родами, 86 видами, з них 17 % – некультивовані. Таким чином, інтенсивне сільськогосподарське використання ґрунту зменшує в 1,7 раза кількість кластерів і видів мікроорганізмів.

У чорноземах як за абсолютної цілини, так і оранки було виявлено роди мікроорганізмів, що беруть участь у колообігу основних елементів живлення (нітрогену, фосфору, калію, сульфур, карбону та ін.): *Pseudomonas*, *Acetobacter*, *Halomonas*, *Shewanella*, *Azospirillum*, *Thalassospira*, *Ochrobactrum*, *Desulfovibrio*,

*Ralmella, Nitrosomonas, Beggiatoa, Streptotomyces, Allorhizobium, Bradyrhizobium, Alkalimonas, Actinobaculum, Citrobacter, Verrucomicrobium, Pantoea, Rhizobium.*

Молекулярно-генетичний аналіз складу мікробних ценозів чорноземів «Михайлівської цілини» дав змогу виявити чисельне домінування некультивованих на селективних середовищах видів мікроорганізмів у варіанті абсолютна цілина (до 68 %), тоді як за оранки їх було значно менше (до 17 %). Так, значна кількість бактерій варіанта абсолютної цілини не висівається на селективних середовищах, тому є проблема у визначенні їхньої функції і призначення для ґрунту. У чорноземах типових «Михайлівської цілини» як у варіанті абсолютної цілини, так і ріллі сформувалися мікробоценози, домінуюче положення в яких зайняли різні види бактерій. Оцінку екологічних параметрів прокаріотного ґрунтового комплексу з урахуванням екологічних індексів домінування та різноманіття наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Екологічна оцінка чорнозему типового за індексами домінування і мікробного біорізноманіття «Михайлівської цілини», 2006–2010 рр.**

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Екологічні індекси	
		домінування	різноманіття
Рілля (з 1936 року)	0–20	0,1978	0,7409
	20–40	0,0589	1,3250
Абсолютна цілина	0–20	0,2177	1,3516
	20–40	0,0625	0,8064

Різниця за індексом домінування між варіантами абсолютної цілини й ґрунтом в обробітку не перевищувала 5 %. За показником біорізноманіття останній суттєво поступався цілині (перевага досягала 37 %). До того ж, за індексом різноманіття на оброблюваній ділянці більші значення були в шарі 20–40 см, а у варіанті абсолютної цілини – у верхньому шарі ґрунту.

**ТРАНСФОРМАЦІЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЦІЛИННИХ І ОСВОЄНИХ ЧОРНОЗЕМІВ**

**Органічна речовина цілинних чорноземів та її зміни за антропогенного використання.** Цілинні ґрунти – це урівноважені системи, у яких кількість речовини, що виноситься з ґрунту й надходить до нього приблизно однакова. Маса, склад рослинних решток, процеси гуміфікації і мінералізації органічної речовини також врівноважені й забезпечують стабільність системи. Інтенсивне використання ріллі протягом 80 років призвело до зниження вмісту гумусу. Це найбільше проявлялося у шарі 0–5 см і становить 59,2 % від абсолютної цілини, з глибиною різниця зменшується: у шарі 5–20 см – 67,2, 20–40 см – 86,4 %, у середньому в шарі 0–40 см вона становить 73,1 %. Отже, найбільші зміни за сільськогосподарського використання відбуваються у шарі 0–5 см, що пояснюється меншою кількістю рослинних решток, широким використанням мінеральним добрив, а це призводить до перебудови мікробного ценозу та інтенсивної мінералізації органічної речовини. У чорноземах звичайних спостерігалась така ж закономірність втрат гумусу у профілі ґрунту. Але в чорноземах звичайних у шарі 0–40 см відбувалося на 13–15 % більше зменшення

порівняно з типовими, що пов'язано з меншою біомасою рослинних решток у Степу. Отже, антропогенне навантаження на чорноземи Лісостепу та Степу України обумовлює зниження вмісту загального гумусу у варіанті ріллі на 27 % (типові) й 39 % (звичайні), кошена цілина – на 13 і 10 % відповідно. Таке зменшення супроводжувалось втратою рухомих гумусових речовин на ріллі в чорноземах типових в 5 разів і звичайних у 3,6 раза, тому застосування різних технологій має сприяти збагаченню верхнього кореневмісного шару рослинними рештками й органічними добривами, що є джерелом утворення гумусу.

Водорозчинні органічні речовини безпосередньо впливають на мобілізацію поживних речовин і родючість ґрунту. Найбільші показники водорозчинної органічної речовини отримано в шарі 0–20 см на абсолютній цілині, що пов'язано із високою корененасиченістю чорнозему та значною кількістю кореневих виділень. Також високі значення (91,3 % від абсолютної цілини) отримано у варіанті – лісосмуга. Косіння цілинної рослинності зменшує до 72,8 % вміст водорозчинної органічної речовини, що, на нашу думку, пов'язано із зміною видового складу цілинних ценозів і кількістю кореневих решток, які вони продукують. Найменші значення в шарі 0–40 см отримано у найбільш антропогенно-навантаженому варіанті – ріллі, що становить 34,2 % від абсолютної цілини. У чорноземах степової зони зменшення кількості кореневих решток та низький вміст вологи у ґрунтовому профілі в літній період призводить до зниження інтенсивності мінералізації рослинних решток, тому показники вмісту водорозчинних органічних речовин менші в чорноземах звичайних у 1,3–1,5 раза порівняно з типовими.

Багато дослідників під час якісної оцінки органічної речовини ґрунтів пропонують звертати увагу не лише на групово-фракційний склад гумусу, а й на співвідношення в органічній речовині групи стійких (консервативних) речовин і групи лабільних сполук (Дегтярьов В. В., 2014). Сільськогосподарське використання чорноземів типових зменшує частку лабільних гумусових речовин у загальному гумусі, а саме: під час викошування цілини – у 1,4, на рілля – до 5,0, перелозі – до 2,0 разів порівняно з абсолютною цілиною. До того ж на ріллі мінералізація переважає над гуміфікацією, частина новоутворених гумусових речовин мінералізується мікроорганізмами. Активізуються педотрофні мікроорганізми, що для свого живлення використовують периферійну частину гумінових кислот, тому кількість гумусових речовин значно зменшується. Така ж тенденція спостерігалася на чорноземах звичайних, зокрема у варіантах ріллі й кошеної цілини відбулося зниження частки лабільних гумусових речовин на 1,5–2,4 і 1,2–1,3 раза відповідно.

**Груповий і фракційний склад гумусу і термічні перетворення чорнозему за різного використання.** У науковій літературі висвітлено величезний фактичний матеріал, що характеризує груповий і фракційний склад гумусу, зв'язок фракцій із мінеральною частиною ґрунту, властивостями окремих органічних сполук та їхньою роллю в родючості, однак багато аспектів проблеми органічної речовини ґрунтів вимагають подальшого розвитку й поглиблення.

Сільськогосподарське використання призводить до зміни групового й фракційного складу гумусу порівняно із абсолютною цілиною (рис. 2). Так,

зменшується сума гумінових і фульвокислот у варіанті кошеної цілини на 6–16 %, ріллі – на 22–35%, перелозі – на 16–22%, що призводить до підвищення вмісту негідролізованого залишку до 23–42 %.

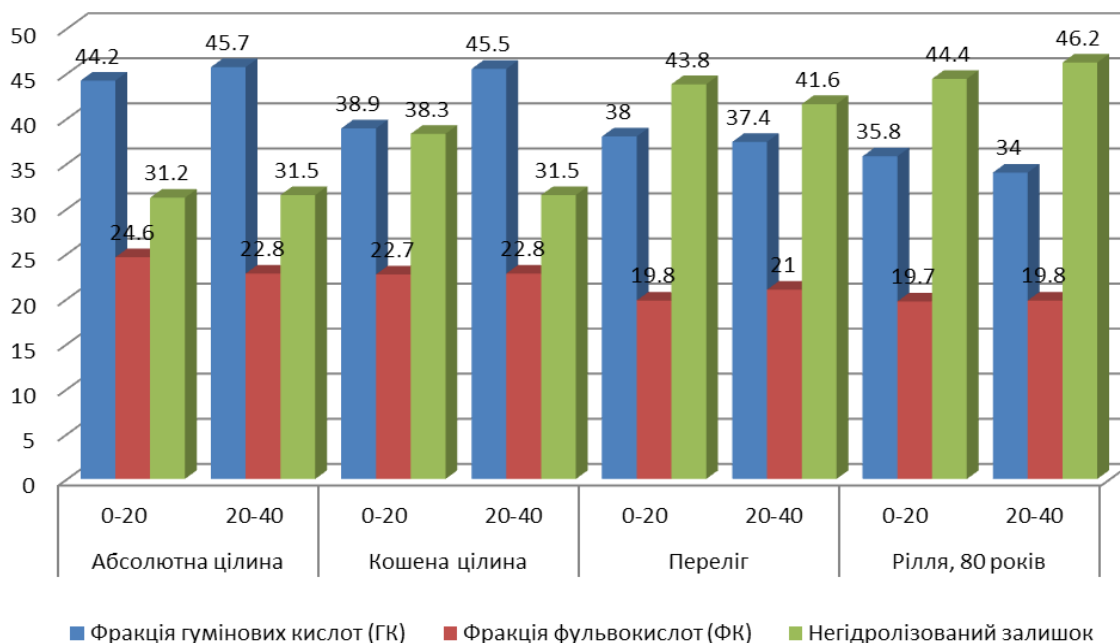


Рис. 2. Залежність фракційного складу гумусу чорнозему типового природного заповідника «Михайлівська цілина» від інтенсивності антропогенного навантаження, 2006–2010 рр.

Сільськогосподарське використання чорноземів типових, як і сінокосіння, призводить до зменшення вмісту фракції гумінових кислот у 1,1–2,0, фульвокислот – у 1,9 раза, а також до зростання частки негідролізованого залишку до 15 % порівняно з абсолютною цілиною. В умовах Степу відмічаються подібні закономірності (рис. 3), але негідролізований залишок підвищився на 10–20 %.

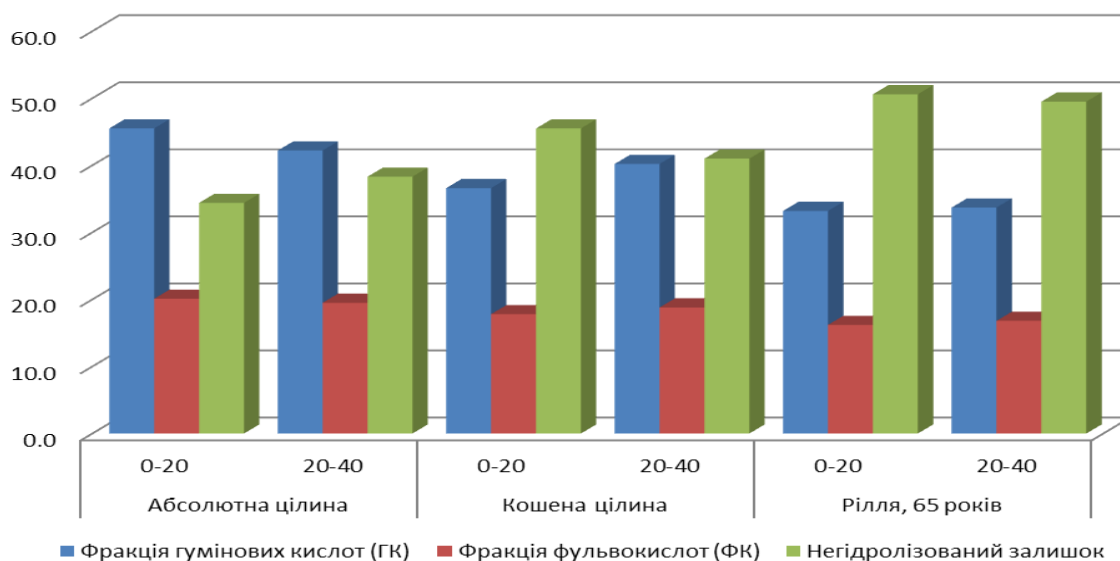


Рис. 3. Вплив антропогенного навантаження на фракційний склад гумусу чорнозему звичайного природного заповідника «Хомутовська цілина», 2007–2011 рр.

Термічний гідроліз чорнозему звичайного абсолютної цілини і ріллі мав подібний характер і характеризувалися максимумом стадії II термолізу ( $\approx 300$  °C). Біотрансформації лігніну і гумусових кислот відповідали максимумами кривих термодесорбції для  $m/z$  107, 94, 91, 67, а для  $m/z$  67 – азотовмісних складових органічної речовини ґрунту у тому числі у молекулярній формі піролу, що утворюється при розкладі порфіринового ядра хлорофілу.

**Математичне моделювання гумусного стану цілинних та освоєних чорноземів.** Для наукових досліджень з обґрунтування агрозаходів характерна загальна тенденція математизації природних процесів, зокрема й за сільськогосподарського використання.

За сучасними уявленнями система «гумус ґрунту – рослинний покрив» – це складна саморегулююча система із зворотними зв'язками, що сформувалися в процесі еволюції, коли склад і властивості гумусу залежали від біоти, так як біогеоценоз залежав від особливостей будови гумусового профілю. Зворотні зв'язки – це основний механізм, що відповідає за здатність природних систем до саморегуляції і підтримання рівноваги та стійкості. Ця апроксиматична залежність враховує позитивний зворотний зв'язок, за якого не лише кількість рослинних залишків впливає на темпи й рівень гумусонакопичення, а й від вмісту гумусу залежить продуктивність фітоценозу (рис. 4).

Залежність гумусу від біогенності й загальної продуктивності варіанту абсолютна цілина представлено в такому рівнянні:

$$\Gamma = (7,02724 + 0,05759 \times B - 0,00147 \times B^2)^{0,2} \times (0,93237 + 0,39855 \times \Pi - 0,00596 \times \Pi^2)^{0,8} \quad (1),$$

де  $B$  – біогенність,  $\Pi$  – загальна продуктивність, т/га.

Заміна природних ценозів на агроценози призводить до збільшення надземної біомаси за рахунок застосування технологічних елементів – добрив, пестицидів, обробітку ґрунту, високопродуктивних сортів, гібридів рослин тощо, але зменшує кількість пожнивних решток до 2,4–3,0 і корневих решток до 6,5–6,8 разів порівняно з цілинними варіантами, що призводить до зменшення біомаси й підвищує біогенність ґрунту, модель в цьому випадку від'ємна, а це свідчить про подальше зменшення вмісту гумусу на ріллі.

Математична залежність вмісту гумусу від біогенності, кількості пожнивних і корневих решток варіанту рілля, що надходять до ґрунту, наведено у формулі:

$$\Gamma = (-3,4051 + 0,8272 \times B - 0,02038 \times B^2 - 0,0000548994 \times B^3 + 0,00000487388 \times B^4)^{0,2} \times (6,10458 - 0,48334 \times P + 0,15442 \times P^2 - 0,02046 \times P^3 + 0,000939 \times P^4)^{0,8} \quad (2),$$

де  $\Gamma$  – гумус,  $B$  – біогенність,  $P$  – пожнивні й кореневі рештки, т/га.

Кліматичні умови зони Степу призводять до формування меншої біомаси рослинності навіть в умовах абсолютної цілини, що відображено в умовах заповідника «Хомутовський степ» апроксиматичною моделлю:

$$\Gamma = (8,22199 - 0,32098 \times B - 0,01093 \times B^2)^{0,17} \times (5,95334 + 0,17721 \times P - 0,00596 \times P^2)^{0,82} \quad (3),$$

де  $B$  – біогенність,  $\Pi$  – загальна продуктивність, т/га.

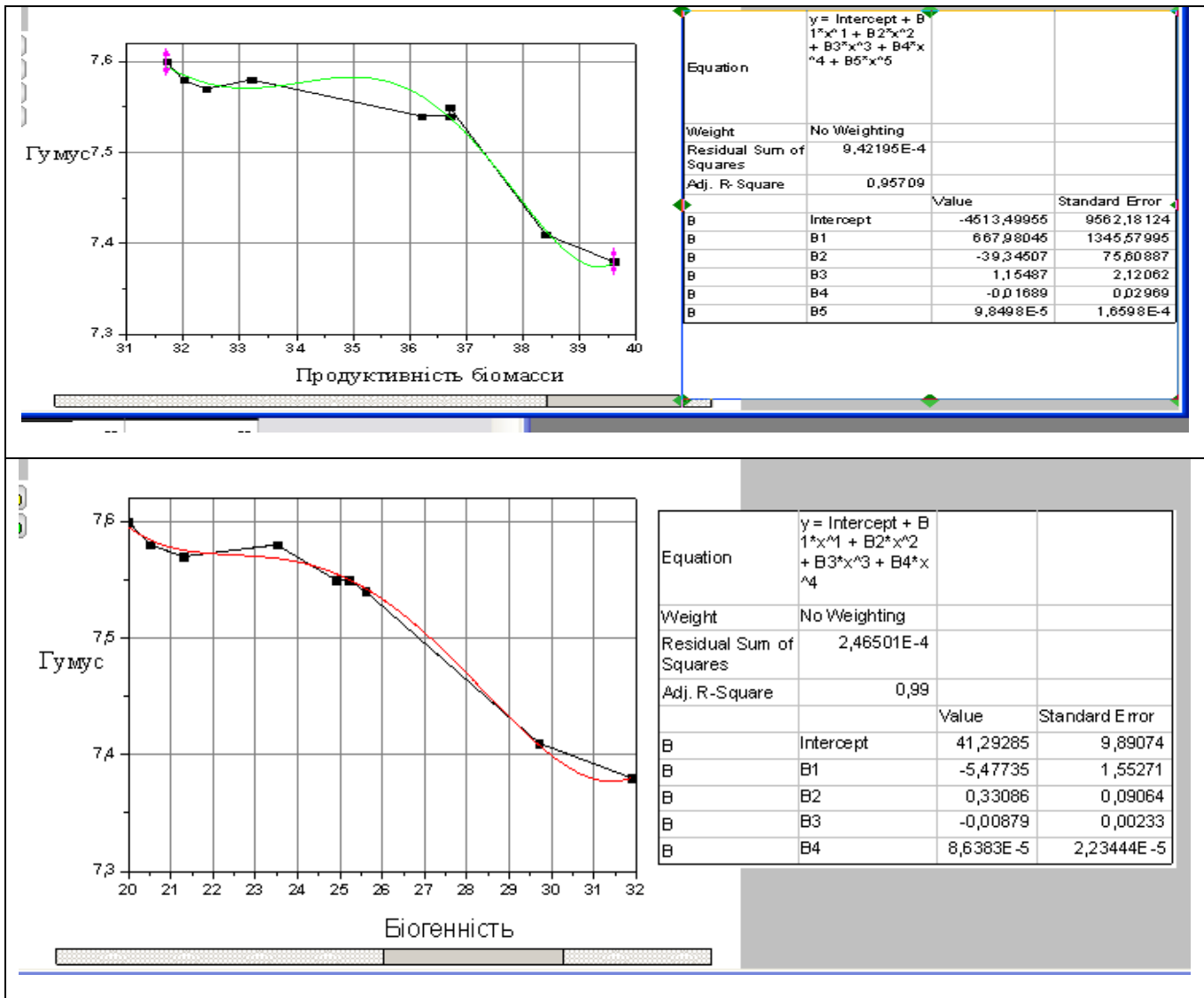


Рис. 4. Апроксиматична функція залежності гумусу від продуктивності біомаси (А) і біогенності (Б)

Отже, запропоновані апроксиматичні залежності відповідають умовам гумусоутворення в цілинному та освоєному чорноземах типових і звичайних Лісостепу й Степу України. За ними можна передбачити зміни вмісту гумусу Михайлівського і Хомутовського стаціонарів.

#### БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМІВ І СПРЯМОВАНІСТЬ МІКРОБНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ОБРОБІТКІВ ТА УДОБРЕННЯ

**Біогенність чорноземів за різних способів обробки ґрунту.** Спосіб обробки ґрунту визначає характер розташування основної маси органічних решток у ґрунті, що призводить до відмінностей у біогенності окремих його шарів. Виходячи із цього положення, розрізняють потенційну та ефективну біогенність ґрунту (Єщенко В. О., 2009). Остання залежить від здатності біологічних компонентів ґрунту мобілізувати наявний енергетичний потенціал для наступного використання його рослинами. Нашими дослідженнями встановлено, що впровадження ґрунтозахисних технологій вирощування сільсько-

господарських культур залежить від часового чинника й систем удобрення. Найвищий показник біогенності чорнозему типового обумовлювався 40-річним використанням мілкового обробітку й 16-річним різноглибинним безполицевим обробітком, а чорнозему звичайного – за біологічної і нульової технологій.

**Вплив різних обробітків ґрунту й удобрення на кількість мікроорганізмів циклу азоту.** Різноглибинний безполицевий обробіток впродовж 16 років підвищував чисельність амоніфікаторів (1,9–5,7 млн КУО) в шарі ґрунту 0–20 см, що пояснюється більшими порівняно з іншими варіантами вмістом у ньому органічної речовини (табл. 2). Порівняно із оранкою різниця становила від 1,1 на орґано-мінеральній системі удобрення з сидератами й соломною до 3 разів – у контролі. Без внесення добрив відбувалося зниження протеолітичної активності ґрунтових мікроорганізмів та інтенсивна мінералізація органічної речовини ґрунту, що особливо проявлялося за оранки. За 16 років використання різних обробітків найменш напружений трофічний режим мікроорганізмів циклу азоту формувався за різноглибинного безполицевого обробітку з орґано-мінеральною системою удобрення. За 40 років застосування різних обробітків найбільша кількість вищезазначених бактерій отримана за мілкового безполицевого обробітку (5,3–7,1 млн КУО), що на 9,2–9,6 % більше ніж у інших варіантах дослідю. На чорноземах звичайних Степу різниця за кількістю мікроорганізмів, які розкладають орґанічні форми азоту між технологіями вирощування сільськогосподарських культур не перевищувала 5 %.

Аналогічні тенденції отримано за чисельністю гуматрозкладаючих і педотрофних мікроорганізмів у чорноземі типовому на 16 рік застосування різних систем обробітку. У варіанті без добрив найбільша їх кількість виявлена за мілкового безполицевого обробітку, за внесення добрив – за оранки. Аналогічна залежність виявлена на 40 рік використання технологій на чорноземі типовому Дрґбівського стаціонарного дослідю, де найменші показники за чисельністю гуматрозкладаючих мікроорганізмів отримано за різноглибинного безполицевого обробітку. Отже, завдяки найменшій чисельності цих груп мікроорганізмів безполицеві обробітки сприяють збереженню орґанічної речовини ґрунту.

На чорноземах звичайних різниця за кількістю педотрофних мікроорганізмів між традиційною, мінімальною та нульовою технологіями не перевищувала 5,0 %. Застосування біологічної технології у 3,1 рази підвищувало чисельність вищенаведених мікроорганізмів порівняно з нульовою. Традиційна технологія формувала умови для найбільшого розвитку гуматрозкладаючих мікроорганізмів і розкладення ядерної частини гумусових речовин ґрунту, порівняно з нею мінімальна – на 94 % менше, нульова – 114 % і біологічна – 140 %.

Чисельність стрептоміцетів залежала від обробітку ґрунту, глибини й варіанту удобрення. Так, у контролі за усіх обробітків найвищі значення отримано в шарі 0–20 см, а у варіанті з внесенням соломи, сидератів і мінеральних добрив – в 20–40 см, що пов'язано з утворенням у цих шарах і розкладом актиноміцетами детриту. За тривалого використання (16 і 40 років) різних технологій найбільші значення стрептоміцетів отримано за безполицевих обробітків, що свідчить про формування значної кількості детриту за такого обробітку.

Таблиця 2

Чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів у чорноземах типових за різних систем обробітку ґрунту, млн КУО в 1 г а. с. г., 2009-2014 рр.

Фізіологічна група мікроорганізмів	Шар ґрунту, см	ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О. В. Музиченка», Дравівська дослідна станція, 40 років застосування								
		16 років застосування								
		варіант системи обробітку								
		1	2	3	1	2	3			
		система удобрення, на 1 га сівозмінної площі								
		без добрив (контроль)		солома 1,2 т/га + N <sub>12</sub> + сидерати + N <sub>78</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub>		4,5 т/га побічної продукції + N <sub>62</sub> P <sub>66</sub> K <sub>82</sub>				
Амоніфікуючі	0-20	2,5±0,3	7,1±0,4	7,3±0,3	5,1±0,3	8,9±0,3	10,8±0,4	6,2±0,3	7,1±0,4	6,5±0,4
	20-40	1,4±0,1	4,1±0,3	5,0±0,2	10,5±0,4	5,8±0,2	6,4±0,3	4,5±0,3	5,3±0,2	5,4±0,3
Амілітичні	0-20	9,8±0,7	11,4±0,8	8,2±0,6	9,8±0,6	10,9±0,8	11,5±0,7	17,3±0,5	16,8±0,5	14,3±0,6
	20-40	2,3±0,2	14,0±0,9	10,0±0,8	10,6±0,5	7,6±0,5	8,6±0,5	13,1±0,4	12,8±0,5	11,6±0,4
Педотрофні	0-20	2,9±0,2	3,9±0,4	7,6±0,3	7,5±0,4	10,8±0,4	11,7±0,5	14,9±0,2	15,5±0,2	11,2±0,2
	20-40	0,3±0,06	5,8±0,5	0,7±0,09	16,7±0,8	0,5±0,04	5,5±0,4	13,5±0,1	6,7±0,2	7,11±0,2
Гуматрозкладаючі	0-20	5,7±0,2	12,9±0,4	6,7±0,3	5,6±0,3	4,8±0,4	1,4±0,1	13,8±0,4	16,9±0,2	12,6±0,4
	20-40	0,5±0,06	11,7±0,3	0,6±0,07	6,1±0,2	6,4±0,5	3,2±0,2	14,5±0,5	9,3±0,5	9,50±0,4
Стрептоміцети	0-20	0,4±0,1	0,5±0,1	0,95±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,6±0,1	2,8±0,3	4,4±0,4	3,2±0,3
	20-40	0,07±0,05	0,2±0,06	0,56±0,1	0,3±0,09	0,4±0,08	0,8±0,1	1,5±0,3	2,4±0,3	2,6±0,3
Мікроміцети*	0-20	44,7±0,7	81,7±5,5	28,9±1,2	54,2±0,7	53,4±0,8	178±7,5	51,9±1,4	134±2,0	83,3±1,6
	20-40	75,8±6,9	58,5±1,6	17,4±0,9	75,6±2,5	53,4±1,6	13,7±0,4	29,1±0,8	16,2±0,8	34,5±0,8
Оліготрофні	0-20	3,1±0,2	0,5±0,006	4,6±0,3	4,0±0,3	3,8±0,4	6,7±0,4	20,5±1,2	20,5±0,8	20,3±0,8
	20-40	0,2±0,007	5,1±0,3	0,8±0,006	3,3±0,2	9,8±0,3	1,7±0,2	15,6±0,8	14,3±0,8	13,5±0,8

Примітки: \* тис. КУО/г а. с. г.; 1 – оранка; 2 – мілкий безполицевий обробіток; 3 – різноглибинний безполицевий обробіток.

Чисельність меланінсинтезуючих мікроорганізмів за 16-річного застосування ґрунтозахисних технологій з елементами біологізації була більшою на 12–85 % порівняно із цим показником за оранки, за 40-річного найменша їх кількість спостерігалась за оранки (51,9 тис. КУО/г ґрунту), а найбільші значення – на мілкого безполицевого обробітку (134 тис. КУО/г ґрунту). На чорноземах звичайних більша кількість цих мікроорганізмів була за мінімізації обробітків (мінімальний і нульовий), ніж за оранки. Також позитивно впливало на формування периферійної частини гумусових речовин заорювання додаткової органічної речовини – соломи й сидератів.

**Вплив застосування різних систем обробітків на спрямованість мікробних процесів в агроценозах.** Коефіцієнт мінералізації-імобілізації чорнозему типового залежав від обробітку ґрунту і удобрення. Так, 16-річне використання технологій без внесення добрив створює в ґрунті напружену ситуацію за рівнем забезпечення легкогідролізованим азотом, найбільший дефіцит якого проявився за оранки (Км.-і.=1,6–3,9), менший – за мілкого безполицевого обробітку (Км.-і.=1,6–3,4.) і найменший – за різноглибинного безполицевого (Км.-і.=1,1–2,1). За внесення органо-мінерального удобрення чорнозем був більш забезпечений азотом і найбільш оптимальні значення отримано за безполицевих обробітків (Км.-і.=1,1–1,3). Отже, за різних способів обробітку ґрунту, потрібно адаптувати систему удобрення, особливо застосовувати азот, дефіцит якого чітко проявився за 40-річного їх використання. Найбільш інтенсивні процеси мінералізації відбуваються під час оранки (Км.-і.=2,8–2,9), менші – за мілкого безполицевого обробітку (Км.-і.=2,4–2,6) і найменші – за різноглибинного безполицевого (Км.-і.=2,1–2,3). В умовах ґрунтово-кліматичної зони Степу за усіх технологій переважали процеси синтезу органічної речовини, але рослини були слабо забезпечені легкодоступними формами азоту за рахунок вузького співвідношення C:N.

У Лісостепу на 16 рік використання безполицевого обробітку найвищі значення ПМТОР чорнозему типового в шарі 0–40 см отримано на різноглибинному безполицевому обробітку (14,1), на 40 рік – на мілкому безполицевому обробітку. Застосування сидератів на фоні органо-мінеральної системи удобрення із соломою збільшує вищенаведений показник на 64 %. В умовах Степу найбільші значення цього показника отримано за біологічної і нульової технологій – в 1,7 раза вище, ніж за традиційної. Індекс педотрофності, що, за визначенням К. І. Андреюк (1992), визначає ступінь освоєння органічної речовини, у шарі 0–40 см був найвищим у варіанті без добрив за оранки (Кп.=1,27), у 1,4 менше – за мілкого безполицевого і в 1,7 раза – за різноглибинного безполицевого. Під час використання органо-мінеральної системи удобрення із соломою найбільші значення індексу були за мілкого безполицевого обробітку (Кп.=1,26), за оранки спостерігалось зменшення у 2,5 раза й за різноглибинного безполицевого обробітку – в 1,7 раза. На чорноземі звичайному цей показник, навпаки, був найбільшим за біологічної технології, що пов'язано із значним надходженням і перетворенням рослинних решток, детриту й периферичної частини гумусових речовин.

## МОЛЕКУЛЯРНО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОКАРІОТНОГО КОМПЛЕКСУ ЧОРНОЗЕМІВ

Системи обробітку ґрунту впливають на надходження і розподіл поживних решток та добрив у чорноземах, їх фізико-хімічні й фізичні властивості, а також змінюють показники й будову філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів. Найбільш широка і складна будова різноманіття ґрунтових мікроорганізмів у чорноземі типовому була в шарі 0–20 см за різноглибинного безполицевого обробітку (рис. 5). Вона представлена 7 основними кластерами домінуючих генотипів, що відносяться до представників 98 видів, 31 % із яких некультивовані, на оранці було 7 кластерів, 45 видів, 40 % із яких є некультивованими.

Роди прокаріотів, які приймають участь в трансформації органічних сполук, колообізі нітрогену, фосфору, калію, сірки, карбону та ін.: *Acinetobacter*; *Halomonas*; *Bacillus*; *Beggiatoa*; *Nitrosomonas*; *Nisaea*; *Elioraea*; *Desulfovibrio*; *Thermodesulfovibrio*.

Оранка, 7 кластерів, 45 видів	Різноглибинний безполицевий обробіток, 7 кластерів, 98 видів	Мілкий безполицевий обробіток, 7 кластерів, 34 види
<i>Pectobacterium</i> (2 види на оранці, 5 – глибокому безполицевий); <i>Modicisalibacter</i> ; <i>Chromohalobacter</i> ; <i>candidatus Kuenenia</i> ; <i>Nitrospira</i> ; <i>Hippea</i> ; <i>Desulfobacca</i>	<i>Pseudomonas</i> ; <i>Thiohalorhabdus</i> ; <i>Dechlorimonas</i> ; <i>Borrelia</i> ; <i>Denitrobacterium</i> ; <i>Deferribacteres</i>	
<i>Thioalkalivibrio</i> (цикл сірки); <i>Vibrio</i> ; <i>Pelobacter</i> ; <i>Riernerell</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> (розкладення цукрів в ацетати, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , форміат, лактат, і етанол)	<i>Nanobacterium</i> ; <i>Seralab</i> ; <i>Phyllobacterium</i> ; <i>Ochrobastrum</i> ; <i>Pseudochrobastrum</i> ; <i>Mesorhizobium</i> (симбіотрофна азотфіксація); <i>Bradyrhizobium</i> (симбіотрофна азотфіксація); <i>Rubellimicrobium</i> ; <i>Brevundimonas</i> ; <i>Erythrobacter</i> , <i>Fluoribacter</i> ; <i>Haliaea</i> (3 види); <i>Enterobacter</i> (асоціативна азотфіксація); <i>Rheinheimera</i> ; <i>Alteromonas</i> ; <i>Sterolibacterium</i> ; <i>Azoarcus</i> ; <i>Frateruia</i> ; <i>Syntrophobacter sulfatireducens</i> ; <i>Desulfoglaeba</i> ; <i>Desulfobotulus</i> ; <i>Spirobacillus</i> ; <i>Bacteriovorax</i> ; <i>Planctomyces</i> ; <i>Coprothermobacter</i> ; <i>Treponema</i>  <i>Alkalimonas</i> амілолітична активність); <i>Alishewanella</i> ; <i>Shewanella</i> ; <i>Rahnella</i> ; <i>Idiomarina</i> ; <i>Nitrosococcus</i> ; <i>Azospirillum</i> (азотфіксувальні мікроорганізми); <i>Thalassospira</i> (нітратредуктаза, каталазна активність); <i>Methylobacillus</i> (забезпечує повернення вуглецю метану у загальний пул органічної речовини); <i>Methylophilus</i> ; <i>Rhodocyclus</i> (асимілюють вуглекислоту з повітря)	

Рис. 5. Метагеном прокаріотного комплексу чорнозему типового (на рівні родів) за використання різних систем обробітку ґрунту, насиченість солома 1,2 т/га + N<sub>12</sub> + сидерати + N<sub>78</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub>

Найбільш бідний мікробний комплекс порівняно з вищенаведеними обробітками був за мілкового безполицевого обробітку: 8 основних кластерів, 34 види, 18 % із яких некультивовані. Органо-мінеральна система удобрення ґрунту за безполицевих обробіток формує в 3–5,7 раза більше біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів порівняно з неудобреним варіантом, але в основному за рахунок мікроорганізмів, які не культивуються на селективних середовищах (до 70 %).

### **СПРЯМОВАНІСТЬ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГУМУСУ ЧОРНОЗЕМІВ ЗА ГРУНТОЗАХИСНИХ ОБРОБІТКІВ**

Вміст гумусу в чорноземах типових на 16 рік використання технологій залежав як від удобрення, так і від обробітку ґрунту. Найбільш ефективним для його накопичення було за насиченості сівозміни 1,2 т/га соломи, сидератів та  $N_{78}P_{68}K_{68}$  за різноглибинного безполицевого обробітку. На 40 рік застосування різних систем обробітку за оранки показники вмісту гумусу знизилися на 0,11 %, за безполицевого й поверхневого зросли на 0,06 і 0,17 % відносно початку досліджень. Дослідження 16- й 40-річного впливу органо-мінеральної системи удобрення на вміст гумусу показало, що за використання різноглибинного безполицевого обробітку відбувається гумусонакопичення, що становить 0,10–0,26 %. На чорноземах звичайних на 12 рік застосування ресурсоощадних технологій приріст вмісту гумусу становив 0,11–0,16 % порівняно з традиційною. Отже, застосування різноглибинного безполицевого обробітку на чорноземах типових Лісостепу за органо-мінеральної системи удобрення із соломою й сидератами, мінімального та нульового обробітку на чорноземах звичайних Степу сприяло гумусонакопиченню порівняно із оранкою.

Лабільні органічні речовини впродовж вегетації беруть участь у формуванні врожаю та біомаси рослин. Їх вміст у ґрунті залежить від біомаси рослинних решток, органічних і мінеральних добрив, що надходять до ґрунту, а також інтенсивності мікробіологічних процесів. За впливом на вміст водорозчинних органічних речовин у ґрунті агроприйоми, що вивчалися, можна розподілити в такий низхідний ряд: солома – безплужні обробітки – оранка. Різноглибинний безполицевий обробіток та органо-мінеральна система удобрення із соломою і сидератами також сприяла позитивним змінам групового й фракційного складу гумусу порівняно із оранкою. Одночасно зменшувався вміст негідролізованого залишку на 15 %. За тривалого застосування безполицевого обробітку чорноземів типових в умовах Драбівської дослідної станції розширювалося співвідношення  $C_{гк}:C_{фк}$  і C:N до 10,3 порівняно з оранкою 10,0. За безполицевого обробітку між співвідношенням  $C_{гк}$  до  $C_{фк}$  та вмістом гумусу ( $R=0,62-0,67\pm 0,03$ ) виявлено тісний кореляційний зв'язок. За систематичної оранки отримано обернену залежність. Отже, застосування різноглибинного безполицевого обробітку за органо-мінеральної системи удобрення підвищувало вміст гумусу й лабільних гумусових речовин, покращувало якість гумусу, розширювало співвідношення

$C_{гк}:C_{фк}$  і зменшувало вміст негідролізованого залишку, що сприяє «омолодженню» гумусу.

### ШЛЯХИ ВІДТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ТА ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМІВ ЗА ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

На сучасному етапі в землеробстві України досягти бездефіцитний баланс гумусу можливо за умови залучення всіх резервів свіжої органічної речовини та використання ґрунтозахисних технологій. За 16 років у варіанті без добрив відбулися значні зменшення вмісту гумусу, що становили 0,33–0,36 %, за використання соломи різниця не перевищувала 5 %, а найбільш ефективним у гумусонакопиченні виявився різноглибинний безполицевий обробіток із використанням соломи 1,2 т/га +  $N_{12}$  + сидерати +  $N_{78}P_{68}K_{68}$ , де приріст становив 0,26 %. Найбільш стійкими вважаються системи, що мають високі показники біорізноманіття. Дослідження впливу різних систем обробітків на індекси домінування і мікробного біорізноманіття чорнозему типового наведено в табл. 4. Без використання добрив за безполицевих обробітків збільшується домінування мікробоценозу, а найбільш широке біорізноманіття формується за оранки.

Таблиця 4

#### Вплив ґрунтозахисних обробітків на індекси домінування і мікробного біорізноманіття чорнозему типового (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О. В. Музиченка»), 2009–2014 рр.

Спосіб обробітку ґрунту	Система удобрення, на 1 га сівозмінної площі	Шар ґрунту, см	Індекс домінування	Індекс біорізноманіття	
Різноглибинний безполицевий обробіток	без добрив	0–20	0,54	0,67	
		20–40	0,16	1,01	
Оранка		0–20	0,12	1,11	
		20–40	0,15	1,03	
Мілкий безполицевий обробіток		0–20	0,12	0,92	
		20–40	0,21	0,89	
Різноглибинний безполицевий обробіток		солома 1,2 т/га + $N_{12}$ + сидерати + $N_{78}P_{68}K_{68}$	0–20	0,12	1,38
			20–40	0,17	1,29
Оранка	0–20		0,16	1,01	
	20–40		0,10	1,10	
Мілкий безполицевий обробіток	0–20		0,17	0,96	
	20–40		0,28	0,98	

Найкращим варіантом за індексом біорізноманіття був різноглибинний безполицевий обробіток на органо-мінеральній системі удобрення із соломою й сидератами (1,29–1,38), що й призвело до гумусонакопичення, де приріст за 16 років використання становив 0,26 %.

**Моделювання відтворення родючості чорноземів Лісостепу І Степу України в агроценозах.** Збереження і підвищення потенційної родючості ґрунтів є основою сталого розвитку суспільства й умовою якісного навколишнього середовища. За В. В. Медведєвим (1998) сталість ґрунту необхідно розглядати як комплексну властивість, що забезпечує його фізичну, хімічну й біологічну буферність, а також здатність до трансформації і живлення. Найбільш суттєвим показником відновлення родючості чорноземів і критерієм оцінки ефективності технологічних заходів є вміст у них органічних речовин, кількісний і видовий склад мікроорганізмів. Для їх моделювання запропоновано достатньо математичних моделей, наприклад: І. М. Рижової, В. М. Володіна, Ю. П. Сухановського, А. В. Чередніченко, В. Д. Василевської, Є. А. Александрова, О. Ф. Гнатенко, Л. Р. Петренко, А. Д. Балаєва, С. І. Веремеєнко, І. В. Шевчука, О. О. Цюка та ін. Це перспективні методи оцінки гумусового стану ґрунтів.

Якщо система гумусових сполук є відкритою динамічною системою, то аналітичну структуру її моделі представлено диференціальним рівнянням:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = (1 - k_2)x_1 + k_1x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = k_4x_1 + k_3a \end{cases}, \quad (5)$$

де  $x_1$  – вміст гумусу в чорноземі типовому, %;

$x_2$  – кількість рослинних решток та органічних добрив, що надходить до ґрунту (органічна мортмаса), т/га;

$\frac{dx_1}{dt}$  – зміна вмісту гумусу в часі;

$\frac{dx_2}{dt}$  – зміна органічної мортмаси в часі;

$k_1$  – коефіцієнт накопичення органічного вуглецю, тобто відношення гуматсинтезуючих мікроорганізмів до загальної біогенності;

$k_1 = 0,058 \dots 0,850$ ;  $k_2$  – коефіцієнт мінералізації органічного вуглецю, тобто відношення гуматрозкладаючих мікроорганізмів до загальної біогенності;

$k_2 = 0,62 \dots 0,91$ ;  $k_3$  – коефіцієнт використання поживних речовин з органічних і мінеральних добрив, що надходять до ґрунту;

$k_4$  – коефіцієнт використання рослинами поживних речовин з гумусу;

$k_4 = 0,2 - 0,56$ ;

$a$  – кількість поживних речовин, що надходить на одиницю площі, кг/га.

Прототипом в наших дослідженнях виступають розрахункові дані математичної моделі, зокрема зміна процесу гумусонакопичення в часі в чорноземі типовому залежно від обробітку ґрунту й удобрення (табл. 3).

**Зміна процесу гумусонакопичення в часі залежно від обробітку ґрунту й удобрення на чорноземі типовому**

Час, (Т), роки	Варіант досліджу		
	оранка	різноглибинний безполицевий обробіток	мілкий безполицевий обробіток
10	0,07	0,14	0,05
15	0,06	0,20	0,08
20	0,12	0,28	0,10
25	0,20	0,32	0,15
30	0,25	0,38	0,26
35	0,29	0,42	0,34

У результаті обрахунку результатів математичної моделі динаміки процесів гумусонакопичення, отриманої під час розв'язування системи диференціальних рівнянь, вдалося встановити відповідні математичні залежності органічної речовини й біологічної активності в чорноземах.

**ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦІЛИНИХ ТА ОСВОЄНИХ ЧОРНОЗЕМІВ**

Величину біологічної продуктивності можна встановити як суму врожайності (для агроценозів) та кількості рослинних решток (пожнивних і корневих). Найвищі показники в чорноземах типових «Михайлівської цілини» формуються в умовах абсолютної цілини, де залежно від кліматичних умов року вона становила 31,7–39,6 т/га і була представлена корневищно-злаковими спільнотами з переважаючими лучними й лучно-степовими фітоценозами. Загальна біологічна продуктивність на кошеній цілині становила 30,7 т/га, що на 14,5 % менше порівняно з варіантом абсолютної цілини. Для гумусонакопичення чорноземів важливим є надходження свіжої органічної речовини до ґрунту. Хоч у варіанті кошена цілина біологічна продуктивність була менше на 1,7 т/га порівняно з абсолютним степом, але це майже до 3 раз більше порівняно з ріллею.

Заміна природних ценозів на агроценози призводить до збільшення надземної біомаси рослин за рахунок застосування технологічних елементів – добрив, пестицидів, обробітку ґрунту, високопродуктивних сортів, гібридів рослин тощо, але зменшує кількість пожнивних решток до 2,4–3,0 і корневих решток до 6,5–6,8 раз порівняно із цілинними варіантами. Це призводить до зменшення кількості свіжої органічної речовини в 4,5–5,1 раз, що надходить до ґрунту та сприяє його поповненню органічною речовиною. В агроценозі частка надземної маси до 2,9 раз більше порівняно з абсолютною цілиною, а пожнивних і корневих решток була, навпаки, найменшою. Більш посушливий клімат у зоні Степу призвів до зменшення надземної маси, яка формується на чорноземах звичайних, на 0,6–1,8 т/га, а корневих решток – на 0,7–3,1 т/га порівняно із чорноземами типовими Лісостепу. Продуктивність чорноземів

звичайних агроценозу була менше на 4,5 т/га, а надходження до ґрунту – на 0,9 т/га порівняно з чорноземами типовими Лісостепу.

Традиційно урожайність сільськогосподарських культур і їхня продуктивність вважається інтегральним показником родючості ґрунту, оскільки вона показує, як культури реагують на динаміку комплексу фізичних, агрохімічних, фізико-хімічних властивостей ґрунту, і на застосування того чи іншого агротехнічного прийому. Найвища продуктивність сівозміни (табл. 5) за 16 років використання різних технологій була за різноглибинного безполицевого обробітку із застосуванням органо-мінеральної системи удобрення із соломною й сидератами (10,93 т/га), тоді як за оранки вона була меншою на 0,81 т зернових одиниць.

Таблиця 5

**Вплив способу обробітку ґрунту та удобрення на загальну продуктивність сільськогосподарських культур у короткоротаційній сівозміні (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В.Музиченка»)**

Показник	Без добрив	N <sub>78</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub>	Сидерати +N <sub>78</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub>
		1,2 т/га соломи + N <sub>12</sub> сівозмінної площі	
Вихід зернових одиниць, т/га			
<b>Оранка на 22–27 см</b>			
Вихід зернових одиниць основної продукції, т/га	3,07	4,92	5,02
Поверхневі й кореневі рештки, т/га	3,63	4,84	5,10
Загальна продуктивність, т/га	6,70	9,76	10,12
<b>Різноглибинний безполицевий обробіток на 22–27 см</b>			
Вихід зернових одиниць основної продукції, т/га	3,10	5,11	5,30
Поверхневі й кореневі рештки, т/га	3,70	5,17	5,63
Загальна продуктивність, т/га	6,80	10,28	10,93
<b>Мілкий безполицевий обробіток на 10–12 см</b>			
Вихід зернових одиниць основної продукції, т/га	2,96	5,11	4,98
Поверхневі й кореневі рештки, т/га	3,62	5,02	5,23
Загальна продуктивність, т/га	6,58	10,13	10,21
НІР <sub>0,95</sub> обробітку	0,26		
НІР <sub>0,95</sub> удобрення	0,37		

Виконання різноглибинного безполицевого обробітку протягом 40 років у контролі й за одинарної норми мінеральних добрив забезпечило вихід зернових одиниць з 1 га сівозміни на рівні оранки. Найвища середня продуктивність на чорноземі типовому отримана за використання подвійної дози мінеральних добрив на різноглибинному безполицевому обробітку (6,97 т/га), а на чорноземі звичайному за нульової технології і становила 8,98 т/га, що на 8,7 % більше ніж під час оранки.

## ВИСНОВКИ

У дисертації на основі комплексних багаторічних досліджень (2000–2016 рр.) наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення фундаментальної проблеми збереження біорізноманіття, мікробного пулу, органічної речовини та відтворення родючості чорноземів на основі вивчення видової структури мікробного комплексу цілинних та освоєних чорноземів, біомаси й видового складу мікробних ценозів, еколого-трофічних груп мікроорганізмів, кількісних і якісних показників гумусного стану чорноземів, продуктивності природних ценозів і сівозмін. Це дає змогу зробити висновки та розробити практичні рекомендації для збільшення продуктивності культур і збереження ґрунтової родючості:

1. Тривале інтенсивне сільськогосподарське використання чорноземів типових Правобережного й Лівобережного Лісостепу та чорноземів звичайних Північного Степу України зменшувало потенційну родючість через втрати гумусу й погіршення його якості, збіднення видового складу мікробних ценозів і часткової втрати механізмів саморегуляції ґрунтових процесів.

2. Природні фітоценози характеризуються високою біогенністю і продуктивністю: на чорноземах типових заповідника «Михайлівська цілина» біомаса рослин становила 31,7–39,6 т/га, а на чорноземах звичайних «Хомутовської цілини» вона була меншою в 1,2–1,4 раза – 25,4–34,2 т/га. Шар 0–40 см абсолютної цілини характеризувався найбільшими показниками біогенності (31,7 млн/г) та чисельністю амоніфікуючих і мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту (16,3 млн/г), показником мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини (14–28), педотрофних мікроорганізмів (13,8 млн КУО/г), мікроміцетів (33 тис. КУО/г а. с. г.), найменшим коефіцієнтом мінералізації-імобілізації і гуматрозкладаючих мікроорганізмів (1,38 млн/г).

3. Чорноземи звичайні «Хомутовської цілини» мали збіднений до 5 разів мікробний ценоз порівняно з чорноземами типовими «Михайлівської цілини». Кількість мікроорганізмів, що розкладають органічні азотовмісні сполуки в чорноземах звичайних, була меншою у варіанті абсолютна цілина в 3,7, кошена цілина – 3,3, рілля – 1,2 раза порівняно з чорноземами типовими.

4. Розорювання цілинних чорноземів майже у 2 раза збіднювало генетичні ресурси мікрофлори ґрунтів (із 145 до 86 видів) та докорінно змінювало їхній якісний склад. Абсолютна цілина характеризувалася 13 основними кластерами і 44 родами, а за обробітку – 8 кластерами та 52 родами з домінуванням видів, що є характерними для несприятливих умов відновлення родючості. За показником біорізноманіття абсолютна цілина переважала розорану ділянку на 37 %, а за індексом домінування майже не відрізнялися.

5. Викошування цілинної рослинності обумовлювало зменшення у верхньому шарі ґрунту показника біогенності в 1,1–1,4 раза, кількості гетеротрофів на МПА – на 25,5–41,5 %, показника мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини – до 1,5–1,8 раза, стрептоміцетів – у 4,5 раза,

педотрофних мікроорганізмів – у 1,7 раза й до збільшення гуматрозкладаючих мікроорганізмів – до 4 разів порівняно з абсолютною цілиною. Показник біогенності може бути біоіндикатором підтипів чорноземів, де його значення в типових ґрунтах становить від 10 до 45 млн в 1 г а. с. г. і в звичайних – 3,5–10 млн в 1 г а. с. г.

6. Розорювання цілинних ґрунтів та їх сільськогосподарське використання обумовлювало зменшення чисельності стрептоміцетів до 8, чисельності мікроміцетів, що беруть участь у синтезі периферичної частини гумусових кислот, до 1,6, кількості гетеротрофів на МПА – в 1,5 – 1,8 разів. Крім того ці прийоми підвищують коефіцієнт мінералізації-іммобілізації азоту до 1,8 та чисельність гуматрозкладаючих мікроорганізмів до 1,1 разів.

7. Спосіб обробітку ґрунту визначає характер розміщення основної маси органічних решток у ґрунті й біогенність чорноземів типового й звичайного, в яких у верхньому шарі 0–20 см вона до 3 разів вища за нижній 20–40 см. Найвищі показники біогенності чорнозему типового та звичайного отримано за використання безполицевих обробітків. Використання різноглибинного безполицевого на чорноземах типових і нульових або мінімальних обробітків на чорноземах звичайних на фоні органо-мінерального удобрення сприяє збереженню органічної речовини ґрунту, що обумовлюється зменшенням коефіцієнта мінералізації-іммобілізації на 22–28 %, педотрофних – до 30 % і гуматрозкладаючих мікроорганізмів – у 2,4 раза, а також підвищенням на 17 % коефіцієнта накопичення гумусу порівняно з оранкою.

8. Використання чорноземів ріллі без внесення добрив призводить до поступової деградації їх мікробіологічних властивостей, що особливо проявляється за безполицевих обробітків, де відзначається прискорений розвиток бактерій, особливо тих, які не культивуються на селективних середовищах. Внесення добрив змінює напрям мікробіологічних процесів і відновлює родючість чорноземів. Органо-мінеральна система удобрення ґрунту формує в 3–5,7 раза більші показники біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів порівняно з неудобреним варіантом.

9. Системи обробітку ґрунту, впливаючи на надходження та перерозподіл поживних решток і добрив в оброблюваному шарі, змінюють показники й будову філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів. Найбільш широка і складна будова філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів відмічена у шарі 0–20 см за різноглибинного безполицевого обробітку й представлена 7 основними кластерами домінуючих генотипів, що відносяться до представників 98 видів, із яких 31 % – некультивовані. На варіантах з оранкою і мілким безполицевим обробітком відповідно 7 кластерів, 57 видів, 40 % і 8 кластерів, 33 види, 18 % некультивованих мікроорганізмів. Оранка, на відміну від безполицевих обробітків, зумовлює диференціацію в 1,7 раза за кількістю мікроорганізмів верхнього 0–20 см і нижнього 20–40 см шарів ґрунту.

10. Сільськогосподарське використання чорноземів зменшує вміст загального гумусу на 14–41 відносний відсоток, рухомих гумусових речовин у 5,4–6,3 раза, водорозчинних у 2,9–3,2, частки лабільних сполук у 2,4–3,0,

гумінових кислот в 1,6–1,8, фульвокислот у 1,3–1,9 й одночасно збільшує нерозчинний залишок до 1,2–1,3 раза, хоча зміни показників не виходять за межі, характерні для цього типу гумусоутворення. Без внесення добрив втрати органічної речовини (гумусу на 0,31–0,36 абсолютних відсотка) за 16 років використання були зумовлені зменшенням вмісту лабільних фракцій – водорозчинних органічних речовин на 1,3–1,4, рухомих гумусових речовин у 2,2–2,3 та підвищенням частки негідролізованого залишку на 1,1–1,3 раза порівняно з удобреними варіантами, що свідчить про «старіння» гумусових речовин.

11. Ґрунтозахисні технології сприяють збереженню запасів гумусу, позитивним змінам якості й забезпечують відтворення родючості чорнозему типового Лісостепу. В умовах короткоротаційної сівозміни за внесення на гектар сівозмінної площі соломи (1,2 т/га) з  $N_{12}$  і сидератами та  $N_{78}P_{68}K_{68}$  забезпечувалось підвищення вмісту гумусу у верхньому шарі на 0,26 % і зменшення частки негідролізованого залишку на 15 %.

12. Переведення природних ценозів Лісостепу й Степу в агроценози зменшує надходження до ґрунту рослинних решток до 3,0 і кореневих решток – до 6,5 разів. Кількість поверхневих і корневих решток залежала від вирощуваної культури, системи удобрення та обробітку ґрунту. За вирощування кукурудзи на зерно у варіанті без внесення добрив різниця між обробітками ґрунту не перевищувала 5,0 %, за органо-мінеральних систем удобрення різноглибинний безполицевий обробіток на 13,3–16,4 % переважав над оранкою. Під час вирощування пшениці озимої найбільша біомаса поверхневих і корневих решток отримана за безполицевих обробітків (5,0–35,0 % порівняно з оранкою). Системи удобрення мали достовірний позитивний вплив на загальну біомасу рослинних решток і збільшували її величину за органо-мінеральної системи удобрення із соломою до 69,0 %, із соломою і сидератами до 96,0 %.

13. Загальна продуктивність сільськогосподарських культур на чорноземах типових найбільше залежала від системи удобрення (58 % приросту порівняно з неудобреним варіантом) і менше – від обробітку ґрунту. Органо-мінеральна система удобрення із соломою й сидератами за застосування різноглибинного безполицевого обробітку обумовлювала найбільший вихід зернових одиниць основної продукції і загальну продуктивність (5,30 і 10,93 т/га, що на 7,0 % більше порівняно з оранкою). В умовах Драбівської дослідної станції (40 років використання різних технологій) найвища середня продуктивність забезпечена за використання подвійної дози мінеральних добрив на різноглибинному безполицевому обробітку (6,97 т/га), на чорноземах звичайних за нульової і мінімальної технології.

## РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

1. Із метою створення оптимальних показників біологічної активності й підвищення продуктивності короткоротаційних сівозмін Правобережного Лісостепу України необхідно застосовувати ресурсоощадні технології, що базуються на різноглибинному безполицевому обробітку, залишенні соломи озимої пшениці, компенсації азотної нестачі, вирощуванні сидератів і внесенні на 1 га сівозмінної площі  $N_{78}P_{68}K_{68}$ .

2. Для поповнення запасів гумусу й відтворення родючості чорноземів типових Лівобережного Лісостепу рекомендується застосовувати ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні з різноглибинним безполицевим обробітком на 22–27 см і внесенням у якості органічних добрив  $N_{62}P_{66}K_{62} + 4,5$  т/га побічної продукції.

3. У Північному Степу на чорноземах звичайних для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур рекомендується застосовувати ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні, в основі яких лежить мінімальний обробіток на 10–12 см із внесенням  $N_{62}P_{62}K_{67} + 4,0$  т/га побічної продукції як органічних добрив.

4. Для діагностики різновидів чорноземів доцільно використовувати показник їх біогенності, зокрема в чорноземах типових вона становить від 10 до 45 млн КУО в 1 г а. с. г., а у звичайних – 3,5–10 млн в 1 г а. с. г.

5. Для оцінки впливу різних технологій вирощування сільськогосподарських культур на вміст і запаси гумусу запропоновано динамічну математичну модель гумусонакопичення в часі.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Монографії:

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів: [монографія] / [Присяжнюк М. В., Мельник С. І., Майстренко М. І., Жилкін В. А., Греков В. О., Мельник А. І., Кривда Ю. І., Панасенко В. М., Ситник В. П., Безуглий М. Д., Заришняк А. С., Балюк С. А., Медведєв В. В., Фатєєв А. І., Мірошніченко М. М., Лісовий М. В., Трускавецький Р. С., Дрозд О. М., Лазєбна М. Є., Носоненко О. А., Пліско І. В., Скрильник Є. В., Соловей В. Б., Тімченко Д. О., Христенко А. О., Цапко Ю. Л., Шимель В. В., Момот Г. Ф., Балаєв А. Д., **Тонха О. Л.**]. – К.: ТОВ «Вік Принт», 2010. – 107 с. (20 % авторства: *аналіз літератури, узагальнення, написання монографії*).

2. Tonkha O. Soils and plant roots / **O. Tonkha**, Ya. Dzyazko // Structural properties of porous materials and powder used in different fields of science and technology. – Springer. – London, 2014. – P. 221–248. (70 % авторства: *планування і виконання досліджень, узагальнення, написання монографії*).

**Статті в наукових фахових виданнях України:**

3. Шикула М. К. Адаптація ґрунтозахисних технологій в Степу України / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**, В. О. Франко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2000. – № 32. – С. 287–293. *(70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

4. Залежність продуктивності сільськогосподарських культур від швидкості малого біологічного кругообігу речовин і енергії / [Тонха **О. Л.**, Шикула М. К., Франко О. В., Майстренко В. Г., Франко О. В.] // Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. – 2003. – С. 696–702. *(70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

5. Парниковий ефект і ґрунтозахисне землеробство / [Шикула М. К., Рідей Н. М., **Тонха О. Л.**, Бикова О. Є., Майстренко В. Г.] // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2004. – № 1. – С. 261–265. *(60 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

6. Шикула М. К. Вміст гумусу та азоту в чорноземі звичайному під впливом мінімалізації обробітку / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**, О. В. Піковська // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2004. – № 6. – С. 21–25. *(60 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

7. До питання оцінки якості земель та їх еколого-агрохімічної паспортизації / [Рідей Н. М., **Тонха О. Л.**, Наумовська О. І., Бережнюк Є. М., Радчук В. В.] // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2007. – № 117. – С. 28–34. *(60 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

8. Тонха О. Л. Агроекологічні особливості застосування ресурсощадних технологій вирощування культур в умовах Північного степу України / **О. Л. Тонха**, Т. М. Мельник // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2008. – № 2. – С. 188–192. *(80 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

9. Балаєв А. Д. Родючість чорноземів звичайних за різних технологій вирощування культур / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха**, Т. М. Мельник // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство,

екологія». – 2009. – № 1. – С. 85–89. (60 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

10. Тонха О. Л. Біогенність чорнозему типового за різного обробітку ґрунту / **О. Л. Тонха**, Т. В. Євтушенко, О. В. Демиденко // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2010. – № 5. – С. 86–91. (70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

11. Тонха О. Л. Мікробний ценоз і органічна речовина чорноземів Українського степового природного заповідника (відділення «Михайлівська цілина») за різного їх використання / О. Л. Тонха // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2011. – № 1. – С. 101–107.

12. Тонха О. Л. Біогенність та склад мікробних ценозів цілинних і освоєних чорноземів Українського степового заповідника (відділення «Михайлівська цілина») / О. Л. Тонха // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія». – 2011. – Вип. 162. – Ч. 2. – С. 100–106.

13. Тонха О. Л. Мікробна трансформація органічної речовини чорнозему типового за різних обробітків ґрунту / **О. Л. Тонха**, Т. В. Євтушенко // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2012. – № 4. – С. 61–66. (70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

14. Тонха О. Л. Молекулярно-генетична оцінка прокаріотного комплексу чорнозему типового / **О. Л. Тонха** // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 1. – С. 38–41.

15. Тонха О. Л. Оцінка поліморфізму прокаріотного комплексу чорноземів типових молекулярно-генетичними методами / **О. Л. Тонха**, М. В. Патица // Біоресурси і природокористування. – 2012. – Т. 4. – № 1–2. – С. 58–66. (70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

16. Паляниця Б. Б. Використання методу десорбційної мас-спектрометрії для характеристики якісного складу гумусових речовин чорноземів // Б. Б. Паляниця, **О. Л. Тонха**, Т. В. Кулик // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2013. – № 1. – С. 45–50. (60 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

17. Балаєв А. Д. Грунтозахисна біологічна система землеробства і відтворення родючості ґрунтів / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки». – 2013. – Вип. 3 (63). – С. 3–15. (75 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

18. Демиденко О. В. Біофізична саморегуляція родючості чорноземів при ґрунтозахисному землеробстві / О. В. Демиденко, **О. Л. Тонха**, О. Є. Бикова // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавства, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». – 2014. – № 1. – С. 29–35. (60 % авторства: проведення експериментальних досліджень, підготовка статті до друку).

19. Демиденко О. В. Гумусний стан чорнозему типового за різних способів обробітку в агроценозах Лівобережного Лісостепу / О. В. Демиденко, І. С. Шаповал, **О. Л. Тонха** та ін. // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 4. – С. 58–63. (50 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

20. Демиденко О. В. Про мінливість запасів органічного вуглецю та азоту за різних способів обробітку чорноземів / О. В. Демиденко, **О. Л. Тонха**, В. А. Величко // Зерно і хліб. – 2015. – № 2 (78). – С. 16–18. (50 % авторства: проведення експериментальних досліджень, підготовка статті до друку).

#### **Статті в наукових фахових виданнях України,**

##### **включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

21. Балаєв А. Д. Відновлення родючості чорноземів Лісостепу в сучасному землеробстві / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія». – 2014. – Вип. 195. – Ч. 1. – С. 14–19. (70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

22. Тонха О. Л. Ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур і якісний склад органічної речовини чорноземів: [електронний ресурс] / **О. Л. Тонха**, О. В. Піковська // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2015. – № 2 (51). – Режим доступу: [http://nd.nubip.edu.ua/2015\\_2/16.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2015_2/16.pdf). (70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

#### **Статті в наукових виданнях інших держав:**

23. Сравнительная характеристика качественного состояния гумусовых веществ целинных и обрабатываемых почв методом десорбционной масс-спектрометрии / [Паляница Б. Б., Бережняк М. Ф., **Тонха О. Л.**, Ласло К., Менихард А., Тот А., Дудик О. А., Чернявская Т. В., Кулик Т. В.] // Поверхность. – 2012. – Вып. 4 (19). – С. 174 – 185. (30 % авторства: аналіз літератури,

отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

24. Tonkha O. L. Features of microbocenoses formation in virgin and cultivated chernozems of Ukrainian steppe nature reservation (department «Khomutovska tsilyna») // **O. L. Tonkha**, O. Ye. Bykova, T. V. Ievtushenko // Annals of Agrarian Science. – 2013. – Vol 11. – № 1. – P. 23–30. (70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

25. Тонха О. Л. Микробная трансформація органічного вещества черноземов Лесостепи и Степи Украины при различном их использовании / **О. Л. Тонха**, А. Д. Балаев, В. Н. Недбаев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 50–54. (70% авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

26. Tonkha O. L. Structure of prokaryotic complex of chernozem typical and its changes under conservation tillage / **O. L. Tonkha**, A. D. Balayev // Annals of Agrarian Science. – 2015. – Vol 13. – № 1. – P. 60–63. (70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

#### **Статті в інших виданнях:**

27. Шичула М. К. Ґрунтозахисні, енерго-, ресурсо- і вологозберігаючі технології вирощування культур / [Шичула М. К., Балаєв А. Д., **Тонха О. Л.**, Стрюк Л. І., Сенчук С. М., Майстренко В. Г.] // Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. – 2003. – С. 784–791. (60 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

28. Ґрунтозахисні енерго-, ресурсо- і вологозберігаючі технології вирощування культур / [Шичула М. К., Балаєв А. Д., Доля М. М., **Тонха О. Л.**, Рідей Н. М., Стрельченко В. П., Погорілий Л. В., Ковтун В. Й.] // Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України. – 2003. – С. 275–300. (30 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

29. Ґрунтозахисні технології вирощування екологічно чистої продукції харчування / [Шичула М. К., Доля М. М., **Тонха О. Л.**, Рідей Н. М., Стрельченко В. П.] // Наукове забезпечення сталого розвитку в Поліссі України. – 2004. – С. 313–322. (40 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).

30. Ґрунтозахисні енерго-, ресурсо- і вологозабезпечуючі технології вирощування культур / [Шичула М. К., Доля М. М., **Тонха О. Л.**, Рідей Н. М., Стрельченко В. П.] // Наукове забезпечення сталого розвитку в Поліссі України. – 2004. – С. 233–259. (40 % авторства: аналіз літератури,

*отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

31. Система удобрення ґрунтів в біологічному землеробстві / [Шикула М. К., Рідей Н. М., **Тонха О. Л.**, Майстренко В. Г.] // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2004. – № 79. – С. 43–54. *(60 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

32. Актуальні проблеми стану земель сільськогосподарського призначення в Україні / [Мельничук Д. О., Рідей Н. М., **Тонха О. Л.**, Бикова О. Є.] // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – 2007. – Вип. 15. – Т. 1. – С. 9–13. *(70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

33. Demydenko O. V. Biophysical self-regulation in the fertility of chernozem soil under soil-conservation agriculture / O. V. Demydenko, **O. L. Tonkha** // Edukacija-technika-informatyka. – 2014. – № 5. – P. 373–378. *(70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

#### **Науково-методичні рекомендації:**

34. Методичні рекомендації з застосування ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур в Правобережному Лісостепу України / [Балаєв А. Д., Богданович Р. П., **Тонха О. Л.**, Предоляк М. О.]. – Київ, 2008. – 35 с. *(60 % авторства: планування і виконання експериментів, узагальнення, підготовка матеріалів до друку).*

35. Методичні рекомендації з застосування ресурсощадних технологій вирощування озимої пшениці в короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу України / [Балаєв А. Д., **Тонха О. Л.**, Козак В. М., Карабач К. С.]. – Київ, 2011. – 35 с. *(60 % авторства: планування і виконання експериментів, узагальнення, підготовка матеріалів до друку).*

36. Методичні рекомендації з застосування ресурсощадних технологій вирощування озимої пшениці в короткоротаційних сівозмінах / [Бикін А. В., Балаєв А. Д., **Тонха О. Л.**, Козак В. М., Карабач К. С.]. – Київ, 2014. – 35 с. *(60 % авторства: планування і виконання експериментів, узагальнення, підготовка матеріалів до друку).*

#### **Тези наукових доповідей:**

37. Tonkha O. L. Biological Activity of Chernozems in the Nature Reservation «Mykhailivska Tsilyna» and under Agricultural Use / **O. L. Tonkha**, O. Ye. Vykova // 100 years Bulgarian soil science: International conference, 16–20 May. – Sofia, 2011. – P. 285–290. *(80 % авторства: планування і виконання експериментів, узагальнення, підготовка тез до друку).*

38. Tonkha O. L. Fertility of chernozem ordinary under different cultivation and tillage systems / O. L. Tonkha // New advances in research and management of

world mollisoil: International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols, 13–16 July 2010, Harbin. – China, 2010. – P. 134–135.

39. Тонха О. Л. Особливості мікробної трансформації гумусових речовин цілинних і освоєних чорноземів українського степового природного заповідника (відділення «Хомутовська цілина») / **О. Л. Тонха** // Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикули, 29–30 травня. – Київ, 2012. – С. 133–136.

40. Тонха О. Л. Біогенність і вміст гумусу чорнозему звичайного залежно від технологій вирощування культур // **О. Л. Тонха**, О. В. Піковська // Українське товариство ґрунтознавців і агрохіміків, 30.06–4.07.2014. – Харків, 2014. – С. 280–282. *(70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

41. Балаєв А. Д. Оцінка родючості та якості ґрунтів у агро- і природних ценозах // А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха**, Р. П. Богданович // Вісник Львівського національного університету імені Івана Франка. – 2013. – № 19. – С. 35–40. *(70 % авторства: аналіз літератури, отримання експериментальних даних, статистична обробка, підготовка матеріалів до друку).*

42. Балаєв А. Д. Збереження і відновлення родючості чорноземів України у сучасному землеробстві / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** // Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави: Міжнародна науково-практична конференція з нагоди 50-річчя агрохімічної служби України. – Київ, 2014. – С. 9–12. *(80 % авторства: планування і виконання експериментів, узагальнення, підготовка тез до друку).*

## АНОТАЦІЯ

**Тонха О. Л. Відновлення біологічної активності і гумусного стану чорноземів типових і звичайних України.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2016.

У дисертації на основі комплексних довготривалих мікробіологічних і молекулярно-біологічних досліджень цілинних та освоєних чорноземів доведено, що в агроценозах Лівобережного й Правобережного Лісостепу, Північного Степу України збереження мікробного біорізноманіття і оптимізація гумусного стану ґрунтів можлива лише за тривалого застосування ґрунтозахисних технологій із мінімізацією обробітку ґрунту, використання соломи, сидератів і мінеральних добрив. Вивчено мікробну трансформацію органічної речовини цілинних та освоєних (розораних) чорноземів, встановлено в них механізми втрат і відновлення гумусу.

Молекулярно-біологічним методом оцінено різноманіття метагеному прокаріотів цілинних і розораних чорноземів ґрунтів природного заповідника «Михайлівська цілина». Доведено, що антропогенне навантаження на чорноземи збіднює їх різноманіття і на ріллі порівняно із цілиною кількість видів мікроорганізмів зменшується майже у 2 рази – із 145 до 86. Найбільш широка й складна будова філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів у шарі 0–20 см формується за різноглибинного безполицевого обробітку. Вона представлена 7 основними кластерами домінуючих генотипів, що відносяться до представників 98 видів, із яких 31 % є некультивованими.

Ґрунтозахисні технології сприяють збереженню запасів гумусу й забезпечують відтворення родючості чорнозему типового Лісостепу. Разом із кількісними відбулися і якісні зміни гумусу, що найбільше залежать від удобрення. В умовах короткоротаційної сівозміни за внесення на гектар сівозмінної площі соломи (1,2 т/га) з  $N_{12}$  і сидератами та  $N_{78}P_{68}K_{68}$  забезпечувалось підвищення вмісту гумусу у верхньому шарі на 0,26 % і зменшення частки негідролізованого залишку на 15 %. Загальна продуктивність сільськогосподарських культур на чорноземах типових на 16 рік використання різних технологій вирощування залежала найбільше від системи удобрення (до 58 % порівняно з неудобреним варіантом) і менше – від обробітку ґрунту.

Для оцінки впливу різних технологій вирощування сільськогосподарських культур на вміст і запаси гумусу запропоновано динамічну математичну модель гумусонакопичення в часі.

**Ключові слова:** біогенність, еколого-трофічні групи мікроорганізмів, групово-фракційний склад гумусу, вміст гумусу, лабільні гумусові речовини, ґрунтозахисні технології вирощування культур.

## АННОТАЦІЯ

**Тонха О. Л. Восстановление биологической активности и гумусного состояния черноземов типичных и обычных Украины.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.03 – агропочвоведение и агрофизика. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2016.

В диссертации на основе комплексных многолетних стационарных микробиологических и молекулярно-биологических исследований целинных и освоенных черноземов доказано, что в агроценозах Левобережного и Правобережного Лесостепи, Северной Степи Украины сохранение микробного биоразнообразия и гумусного состояния почв возможно при долгосрочном применении почвозащитных технологий с минимализацией обработки почвы, использованием соломы, сидератов и минеральных удобрений. Изучена микробная трансформация органического вещества целинных и освоенных (распаханных) черноземов, установлены в них механизмы потерь и восстановления гумуса.

Молекулярно-биологическим методом оценено многообразие метагенома прокариотов целинных и распаханых черноземов природного заповедника «Михайловская целина». Доказано, что антропогенная нагрузка на черноземы обедняет их многообразие и на пашне по сравнению с целиной количество видов микроорганизмов уменьшается почти в 2 раза – с 145 до 86. Наиболее широкое и сложное строение филотипичного разнообразия почвенных микроорганизмов получено в слое 0–20 см за разноглубинной безотвальной обработки. Оно представлено 7 основными кластерами доминирующих генотипов, которые относятся к представителям 98 видов, из них 31 % – некультивируемые.

Почвозащитные технологии способствуют сохранению запасов гумуса и воспроизводству плодородия чернозема типичного Лесостепи. В условиях короткоротационного севооборота при внесении на гектар севооборотной площади соломы (1,2 т / га) с  $N_{12}$ , сидератов и  $N_{78}P_{68}K_{68}$  содержание гумуса повысилось в верхнем слое на 0,26% и уменьшилась часть негидролизованного остатка на 15%. Продуктивность сельскохозяйственных культур на черноземах типичных на 16 год использования различных технологий выращивания больше зависела от системы удобрения (до 58% по сравнению с неудобренным вариантом) и меньше - от обработки почвы.

**Ключевые слова:** биогенность, эколого-трофические группы микроорганизмов, группово-фракционный состав гумуса, содержание гумуса, лабильные гумусовые вещества, почвозащитные технологии выращивания культур.

## ANNOTATION

**Tonkha O. L. Restoration of biological activity and humus stage of chernozems typical and ordinary of Ukraine.** – The manuscript.

The thesis for the degree of doctor in agricultural sciences, specialty 06.01.03 – agropedology and argophysics. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

In the thesis, based on complex of long-term stationary microbiological and molecular-biological studies of virgin and arable chernozems, it is proved that agrocenoses of the Left-Bank and Right-Bank Forest-Steppe, Northern Steppe of Ukraine preservation of microbial biodiversity and humus stage of soil is possible under prolonged use of soil conservation technologies of minimizing tillage, use of straw, green manures and fertilizers. The microbial transformation of organic matter of virgin and arable chernozems is studied, the mechanisms of loss and recovery of humus in these soils are established.

By molecular-biological method the diversity of metagenome of prokaryotes of virgin and arable chernozem soils in Natural Reserve «Mikhailivska Tsilyna» is assessed. It is proved that human pressure on chernozem soils impoverishes their biodiversity, and under plowing the number of species of microorganisms compared to the virgin spot decreased almost in 2 times – from 145 to 86. The most extensive and complex structure of phylotype diversity of soil microorganisms was observed in the 0–20 cm soil layer under different-depth conservation tillage. It is represented

by 7 major clusters of dominant genotypes belonging to members of 98 species, of which 31 % – uncultivated.

Use of arable chernozem soils without fertilization leads to a gradual degradation of their microbiological properties, particularly evident under non-plowing (conservation) tillage, where there is accelerated growth of bacteria, especially those that are not cultivated on selective media. Fertilization changes direction of microbiological processes and restores fertility of chernozems. Organic and mineral fertilization system of soil creates in 3–5.7 times greater biodiversity of soil microorganisms compared to the option without fertilizers. Tillage systems, affecting the input and redistribution of crop residues and fertilizers residues in the tilled layer, change parameters and structure of phylotype diversity of soil microorganisms. The most extensive and complex structure of phylotype diversity of soil microorganisms is marked in the 0–20 cm soil layer under different-depth conservation tillage and is represented by 7 major clusters of dominant genotypes belonging to members of 98 species, of which 31 % – uncultivated. On options with plowing and shallow cultivation respectively were found 7 clusters, 57 species, 40 % and 8 clusters, 33 species, 18 % of uncultivated microorganisms. Plowing, unlike conservation tillage causes differentiation in 1.7 times of the number of microorganisms in the top 0–20 cm and lower 20–40 cm soil layers.

Soil conservation technologies help to preserve humus stocks and ensure the reproduction of fertility of chernozem typical of the Forest-Steppe. Along with the quantitative, also the qualitative changes occurred in humus stage, that are most depending on fertilization. Restoration of humus in chernozem typical low-humus of the Forest-Steppe of Right-Bank Ukraine in conditions of intensive grain-beet crop rotation (40 % of hoed crops) is achieved by inputting of straw 1,2 t/ha + N<sub>12</sub> + green manure + N<sub>78</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> per hectare of crop rotation area, due to the increase humus accumulation to 0.26 % and to decrease in content of non-hydrolyzed remaining to 15 %. The overall productivity of crops in the chernozem typical on 16-years use of various technologies was most dependent on the system of fertilization (up to 58 % compared to non-fertilized option) and less - on cultivation.

**Key words:** biogeny, ecological and trophic groups of microorganisms, group-fractional composition of humus, humus content, labile humic substances, soil conservation technology of crop growing.

Автор вважає потрібним пом'янути словами вдячності свого вчителя, нині покійного доктора сільськогосподарських наук, професора **Шиколу Миколу Кіндратовича** за формування наукової ідеї відтворення гумусного стану за застосування ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Автор висловлює подяку науковому консультантові доктору сільськогосподарських наук, професору **Балаєву Анатолію Джаліловичу** за натхнення й допомогу під час підготовки дисертації, доктору сільськогосподарських наук, професору **Патиці Миколі Володимировичу** за допомогу під час дослідження таксономічної структури прокариотів ґрунту.





Підписано до друку 15.10.2016 р. Зам. № 1014.  
Формат 60x90 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.  
Наклад 100 прим. Ум. друк. арк. 1,9.  
Друк «ЦП «КОМПРИНТ», Свідоцтво ДК №4131, від 04.08.2011 р.  
м. Київ, вул. Предславинська, 28  
528-05-42, 067-209-54-30  
email: komprint@ukr.net