

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

ГУДЗЬ СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 579.64:631.461:631.847.21:631.86/87

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МІКРОБІОЦЕНОЗУ ҐРУНТІВ
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ЗА РІЗНОГО СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОГО
НАВАНТАЖЕННЯ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН**

03.00.07 «Мікробіологія»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2021

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор біологічних наук, професор
Сківка Лариса Михайлівна,
Київський національний
університет імені Тараса Шевченка,
завідувач кафедри мікробіології
та імунології

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
Патика Тетяна Іванівна,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри фізіології,
біохімії рослин та біоенергетики

доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН
Волкогон Віталій Васильович,
Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН,
начальник відділу сільськогосподарської мікробіології

Захист відбудеться «29» квітня 2021 року о 9⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.02 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

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

Автореферат розіслано «26» березня 2021 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. О. Сикало

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В існуючих умовах господарювання в Україні недосконалість технологій вирощування сільськогосподарських культур, забруднення агроценозів полютантами, а також інші негативні процеси, призвели до значного погіршення екологічного стану довкілля і зниження родючості ґрунтів. Радикальним напрямом інтенсифікації сільськогосподарського виробництва передбачено інтенсивне застосування добрив, пестицидів, прогресивних сівозмін і способів обробітку ґрунту. В такий спосіб, екологічно не обґрунтоване антропогенне навантаження на агробіогеоценози призводить не лише до зниження їх біопродуктивності, а й до негативних змін біосфероутворюючих функцій у глобальному аспекті. Все частіше рівень продуктивності та якості сільськогосподарських культур почали обмежувати деформовані антропогенною діяльністю властивості ґрунтів. Погіршення стану сільськогосподарських земель вимагає вжиття невідкладних науково-обґрунтованих заходів, спрямованих на покращення ґрунтової родючості та умов вирощування якісної продукції рослинництва. Один із шляхів реалізації поставленої мети – це запровадження систем удобрення з елементами біологізації, пріоритетами яких є застосування альтернативних форм органічних добрив (сидерати, нетоварна частина врожаю), екологічно обґрунтованих доз пестицидів, ощадливий обробіток ґрунту. Поштовхом до переорієнтації традиційних способів утримання агрофітоценозів у бік «альтернативних» технологій стали не лише екологічні причини, пов'язані з проблемами забруднення довкілля, а й необхідність достатнього забезпечення населення якісною та безпечною продукцією харчування.

Дослідження, проведені Г. В. Добровольським, В. П. Патиною, В. В. Волкогоном, Г. О. Іутинською, Д. Г. Тихоненко, В. Т. Ємцевим, В. О. Єщенко, К. Б. Новосад, М. В. Патиною та іншими вченими, створили фундаментальні основи сучасного уявлення про мікробіоту ґрунту. Водночас недостатньо вивчено питання мікробної трансформації органічних речовин за застосування сучасних способів удобрення та нових форм органічних добрив у короткоротаційних сівозмінах. Не повною мірою досліджені комплексні закономірності та зв'язки між структурою мікробних угруповань і кількісними та якісними показниками стану ґрунтів. Також потребують додаткового вивчення питання формування метагеному та філотипової структури прокаріотних комплексів чорноземних ґрунтів.

Запровадження екологічно зорієнтованих технологій вирощування сільськогосподарських культур вимагає докладного вивчення особливостей функціонування агроценозів з метою встановлення закономірностей перебігу процесів формування продуктивності наземного фітоценозу та забезпечення сталого розвитку агросфери в цілому. Зважаючи на вищезазначене, тема роботи є актуальною, оскільки спрямована на вивчення особливостей розвитку мікробіоценозів ґрунту та закономірностей їх впливу на середовище та рослини за різного ступеня антропогенного навантаження в умовах короткоротаційних сівозмін.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертацію виконано в рамках теми наукових досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України «Вивчити зміни родючості ґрунту в умовах Лісостепу залежно від антропогенних чинників і розробити способи його відтворення і збереження» (номер державної реєстрації 0116U003169).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – встановлення особливостей мікробіологічного різноманіття, мікробіологічної і ферментативної активності, механізмів мікробної трансформації органічної речовини за використання різних систем удобрення культур короткоротаційної сівозміни.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

– встановити чисельність представників різних фізіологічних груп мікроорганізмів за різних систем удобрення культур короткоротаційної сівозміни;

– оцінити особливості формування метагеному за різних систем удобрення культур короткоротаційної сівозміни з використанням класичних та молекулярно-генетичних методів аналізу;

– визначити спрямованість мікробних процесів за різних систем удобрення культур короткоротаційної сівозміни;

– встановити показники фітотоксичності та ферментативної активності ґрунту за різних систем удобрення культур сівозміни;

– визначити особливості формування поживного режиму ґрунту за різних систем удобрення культур короткоротаційної сівозміни;

– встановити особливості формування біологічної та економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур.

Об'єкт дослідження – процеси зміни мікробіому ґрунтів за різного удобрення сільськогосподарських культур.

Предмет дослідження – структура та таксономічний склад мікробіому, фізіологічні групи мікроорганізмів, кількісні та якісні показники ґрунту, продуктивність сільськогосподарських культур.

Методи дослідження: аналітичні (для визначення технологічних якостей і хімічного складу основної та побічної продукції сільськогосподарських культур); лабораторний (для аналізу показників якості); польовий (для спостереження за ростом і розвитком рослин, умовами зовнішнього середовища); мікробіологічні (визначення чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів); спектрофотометричний і фотоколориметричний (визначення вмісту білка); вимірювально-ваговий (для обліку динаміки росту і врожайності); математично-статистичний (для оцінки достовірності відмінностей між варіантами досліджень); розрахунково-порівняльний (для встановлення економічної і енергетичної ефективності результатів досліджень).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше встановлено особливості таксономічної структури еубактеріального комплексу ризосфери культур короткоротаційної сівозміни за різних умов антропогенного

навантаження. Показано, що в умовах мінімального антропогенного навантаження за застосування біологічної та екологічної систем землеудобрення збільшується різноманіття мікробіоти ризосфери з підвищенням частки ризобактерій з рістстимулювальними (*Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*) властивостями та здатністю посилювати стресостійкість рослин (*Proteobacteria*).

Отримано нові дані стосовно позитивного впливу екологічної та біологічної систем землеудобрення на склад ґрунтової мікробіоти. Зокрема доведено, що удобрення сільськогосподарських культур з мінімальним антропогенним навантаженням сприяє зростанню таксономічного різноманіття мікробних угруповань ґрунту зі збільшенням частки мікроорганізмів, задіяних у біосферному колообігу макро- та мікроелементів; унеможливорює виснаження поживних речовин ґрунту у період активної вегетації культур сівозміни.

Розширено існуючі уявлення стосовно впливу систем удобрення з різним антропогенним навантаженням на алелопатичну та ферментативну активності ґрунту. Встановлено, що застосування екологічної та біологічної систем удобрення супроводжується мінімізацією алелопатичної активності ґрунту та оптимізацією ґрунтових ферментативних процесів.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дисертаційного дослідження науково обґрунтовують доцільність використання екологічної та біологічної систем удобрення для підтримання видової та функціональної різноманітності еубактеріального комплексу ризосфери культур короткоротаційної сівозміни та ґрунтової мікробіоти у контексті біологізації сільськогосподарського виробництва.

Оцінка біологічної та економічної ефективності застосування систем удобрення з низьким рівнем антропогенного навантаження створює науково-обґрунтовану доказову базу для впровадження екологічної та біологічної систем землеудобрення у практику сільськогосподарського виробництва.

Результати проведених досліджень впроваджено в практику агропідприємств Київської області. Застосування біологічної системи удобрення у 2019–2020 рр. на полях ТОВ «Агрофірма Київська» Макарівського району Київської області дозволило отримати високий рівень рентабельності сої та кукурудзи і прибуток з площі 20 га на 35,7 тис. грн більше порівняно з системою мінерального удобрення.

Особистий внесок здобувача. Дисертацію автором виконано самостійно. Здобувачем здійснено аналіз літературних джерел за темою дисертації, розроблено програму і схему дослідів, закладено і проведено польові та лабораторні досліді, визначено економічну ефективність досліджень, сформовано загальні висновки та рекомендації виробництву, за результатами проведених досліджень підготовлено наукові публікації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень було оприлюднено на: Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні агротехнології: теорія та практика» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Всеукраїнська науково-

практична конференція присвячена Всесвітньому дню ґрунтів» (м. Київ, 2019 р.).

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 12 наукових праць, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, у тому числі включених до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні іншої держави, включеному до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 4 статті в інших наукових виданнях, 2 тези наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, семи розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Роботу викладено на 227 сторінках. Основний зміст дисертації містить 66 таблиць та 9 рисунків. Список використаних джерел охоплює 224 найменування, з яких 54 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МІКРОБІОЦЕНОЗУ ҐРУНТІВ ЗА РІЗНОГО СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

За результатами аналізу досліджень вчених визначено роль мікроорганізмів у функціонуванні ґрунту та встановлено, що структура і різноманіття їх значною мірою залежить від удобрення культур сівозміни. А тому дослідження особливостей функціонування мікробного комплексу під впливом зовнішніх чинників технологій вирощування культурних рослин мають важливе значення для розуміння механізмів взаємодії у системі мікроорганізми – ґрунт – рослина.

Опрацьовані наукові матеріали стали підґрунтям проведення наукових досліджень з метою вивчення особливостей мікробіологічного стану та закономірностей функціонування агробіогеоценозів з позиції одержання екологічно чистої продукції за різних рівнів антропогенного навантаження

ОБ'ЄКТИ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження виконували в 2016–2019 рр. на Білоцерківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, яка розташована в Центральному Лісостепу України, у зоні нестійкого зволоження.

Ґрунт – чорнозем типовий глибокий малогумусний, вміст гумусу – 3,5 %, загального азоту – 0,31 %, гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв., рН – близька до нейтральної, вміст легкогідролізованого азоту (N) – 13,4 мг/100 г, P₂O₅ – 27,6, K₂O – 9,8 мг/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – 90 %.

За кількістю опадів найістотніші відхилення були в 2016–2017 та 2018 рр. Причому в 2016 р. за зволоженням ґрунту умови наближені до екстремальних були в травні, червні, липні, серпні і вересні, в 2017 р. – в квітні, червні, липні, серпні, в 2018 р. – в квітні, липні та серпні, а в 2019 р. – в квітні та червні. Спостерігали стабільне перевищення середньодобових температур по усіх місяцях в 2017 та 2018 рр. досліджень, а 2016 та 2019 рр. за коефіцієнтом

суттєвості відхилень показували як від'ємні, так і екстремально високі значення.

Загалом же кліматичні умови в роки проведення досліджень були характерними для зони нестійкого зволоження центрального Лісостепу України і сприятливими для вирощування усіх культур короткоротаційної сівозміни.

Таблиця 1

Система удобрення культур короткоротаційної сівозміни

Система	Основне удобрення	Передпосівне удобрення	По вегетації
Соя			
Біологічна	пожнивні рештки кукурудзи (8–12 т/га) + Біогумус «ЕКОЧУДО» 200 кг/га	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т	Квантум – ГУМАТ, 1 л/га
Екологічна	пожнивні рештки кукурудзи (8–12 т/га) + P ₃₀ K ₃₀	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т + під культивуацію N ₃₀	–
Промислова	P ₆₀ K ₆₀	під культивуацію N ₆₀	–
Пшениця озима			
Біологічна	пожнивні рештки сої (2–3 т/га) + Біогумус «ЕКОЧУДО» 500 кг/га	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т	Квантум – ГУМАТ, 0,7 л/га
Екологічна	пожнивні рештки сої (2–3 т/га) + N ₂₂ P ₂₂ K ₂₂	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т + під культивуацію N ₈ P ₈ K ₈	підживлення весною N _{16,5}
Промислова	N ₄₄ P ₄₄ K ₄₄	під культивуацію N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	підживлення весною N ₃₃
Буряки цукрові			
Біологічна	пожнивні рештки пшениці (8–10 т/га) + Біогумус «ЕКОЧУДО» 1000 кг/га	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т	Квантум – ГУМАТ, 0,7 л/га
Екологічна	пожнивні рештки пшениці (8–10 т/га) + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т + під культивуацію N ₅₅	–
Промислова	P ₉₀ K ₁₂₀	під культивуацію N ₁₂₀ P ₃₀ K ₄₀	підживлення N ₁₂₀ P ₂₀ K ₃₀
Кукурудза на зерно			
Біологічна	пожнивні рештки буряків цукрових (30–40 т/га) + Біогумус «ЕКОЧУДО» 750 кг/га	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т	Квантум – ГУМАТ, 1 л/га
Екологічна	пожнивні рештки буряків цукрових (30–40 т/га) + N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀	обробка насіння біодобрином Вермісол 10 л/т + під культивуацію N ₃₀	підживлення N ₁₅
Промислова	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	під культивуацію N ₆₀	підживлення N ₃₀

Мікробіологічний моніторинг ґрунтів. Під час проведення мікробіологічного моніторингу ґрунтів агроєкосистем використовували методичні підходи розроблені В. Патиною і О. Шерстобоевою.

Відбирання зразків ґрунту з дослідних ділянок короткоротаційної сівозміни проводили з шару ґрунту 0–20 см та ризосфери рослин, на посівах буряків цукрових проби відбирали з шару ґрунту 0–10 та 10–25 см.

Для визначення чисельності ґрунтової мікробіоти з кожної проби відбирали в колби по 10 г ґрунту та, додаючи 90 мл води, диспергували мікроорганізми з ґрунтових часточок за методом Д. Г. Звягінцева. Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних і таксономічних груп визначали методом висівання ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища: амоніфікуючі мікроорганізми – м'ясо-пептонний агар (МПА), спороутворювальні бактерії – на м'ясо-пептонному агарі із сушлом після прогріву при 75 °С упродовж 20 хв, оліготрофні мікроорганізми – на голодному агарі (ГА), стрептоміцети і бактерії, що використовують мінеральний нітроген (амілолітичні) – на крохмаль-аміачному агарі (КАА), педотрофні – на ґрунтовому агарі (ГА), мікроміцети – на середовищі Чапека.

Посіви проводили в трьох повтореннях. Після засіву біологічного матеріалу на живильні середовища їх інкубували при температурі 28 °С протягом 5–14 діб (залежно від швидкості росту мікроорганізмів).

Кількість мікроорганізмів виражали в колоній-утворювальних одиницях (КУО) на 1 г сухого ґрунту з урахуванням коефіцієнту вологості та розведення ґрунтової суспензії.

Спрямованість мікробіологічних процесів ґрунту визначали за наступними коефіцієнтами: коефіцієнт мінералізації – іммобілізації (K_{M-i}), коефіцієнт оліготрофності ($K_{ол}$), коефіцієнт педотрофності ($K_{пед}$).

Біологічну активність ґрунту визначали наступним чином:

Каталазну активність ґрунту – газометричним методом, що базується на вимірюванні об'єму кисню, що виділився за певний проміжок часу за рахунок розкладання перекису водню при його взаємодії з ґрунтом.

Протеазну активність ґрунту – за методом И. Н. Ромейко, за ступенем протеолітичного розкладу казеїну шляхом титрування хлорним залізом.

Фітотоксичність ґрунту визначали за методикою А. М. Гродзинського у модифікації Мочалова-Шерстобоева із застосуванням тест-культури *Raphanussativum*.

Різноманіття мікробіоти ґрунту визначали за індексами різноманіття Шеннона та Сімсона і насиченості ChaoI (порівняння прогнозованої кількості операційних таксономічних одиниць (ОТО) за параметрів вибірки з кількістю експериментально виявлених у зразках).

Для аналізу таксономічної структури та метагеному користувалися методикою розробленою М. В. Патиною, для цього виділяли нуклеїнові кислоти із мікроорганізмів ґрунту. Для аналізу використовували метод секвенування з наступними етапами роботи: створення бібліотеки з флуоресцентними праймерами, подвійна очистка ПЛР-продукту, секвенування, аналіз нуклеотидних послідовностей, визначення таксономічної структури.

Статистичний аналіз виконували за допомогою дисперсійного методу в програмі Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД ОСНОВНИХ ГРУП ПРОКАРІОТ ҐРУНТУ В УМОВАХ РІЗНИХ СИСТЕМ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Визначено, що основу еубактеріального комплексу озимої пшениці склали представники філ *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Armatimonadetes*, *Bacteroidetes*, *Chlamydiae*, *Chlorobi*, *Chloroflexi*, *Cyanobacteria*, *Elusimicrobia*, *Fibrobacteres*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Nitrospirae*, *Planctomycetes*, *Proteobacteria*, *Thermi*, *Verrucomicrobia*, а також архейних філ: *Euryarchaeota* та *Crenarchaeota*. Абсолютними домінантами були представники філ *Proteobacteria* – 79,1 %, *Actinobacteria* – 14,0 %. При цьому в агроценозі пшениці озимої за різних систем удобрення переважне поширення мали представники родин *Alcaligenaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Comamonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Gaiellaceae*, *Geodermatophilaceae*, *Intrasporangiaceae*, *Micrococcaceae*, *Nitrososphaeraceae*, *Nocardoidaceae*, *Rhodobiaceae*, *Solimonadaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomycetaceae*, *Xanthomonadaceae*. А от за біологічної системи удобрення збільшення видового різноманіття мікробіоти ґрунту відбувається за рахунок філ *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*, а за екологічної системи удобрення – за рахунок філ *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* та *Proteobacteria*.

Досліджено, що еубактеріальний комплекс сої в середньому по досліді представлений такими філами: *Proteobacteria* – 82,0 %, *Actinobacteria* – 12,1 %, *Acidobacteria* – 0,9 %, *Gemmatimonadetes* – 0,7 %, *Chloroflexi* – 0,5 %, *Firmicutes* – 0,5 %, *Verrucomicrobia* – 0,4 %, *Bacteroidetes* – 0,2 %, *Planctomycetes* – 0,1 %, а частка інших філ становила 2,6 %.

Системи удобрення не впливали кардинально на якісний склад мікробіоти ґрунту, але при цьому відмічено зміни кількісних характеристик представників різних філ. Так, серед великих філ у варіантах біологічної системи удобрення зростала частка *Proteobacteria* до 83,4 %, а чисельність представників *Actinobacteria* зменшувалася до 10,4 % порівняно з контрольним варіантом, для якого ці показники склали 80,6 та 13,5 % відповідно. Аналогічні, хоча дещо менші за величиною відхилення, результати зростання були відмічені за екологічної системи.

Дані з визначення метагеному прокариот ризосфери рослин сої за різних варіантів удобрення показали домінування таких порядків, як *Burkholderiales* та *Pseudomonadales*. Відмінності в структурі домінуючих та субдомінуючих порядків залежно від системи удобрення сої наведено на рис. 1.

Встановлено, що за біологічної та екологічної систем удобрення зростала чисельність представників порядку *Pseudomonadales* до 28,4 та 28,0 % одночасно зі зниженням чисельності представників порядку *Burkholderiales* до 42,5 та 44,0 %. А от найбільше субдомінуючих порядків виявлено серед представників *Actinomycetales*. Встановлено, що за умови використання біологічної та екологічної систем удобрення чисельність представників даного порядку зростала до 3,12 та 3,07 % відповідно.

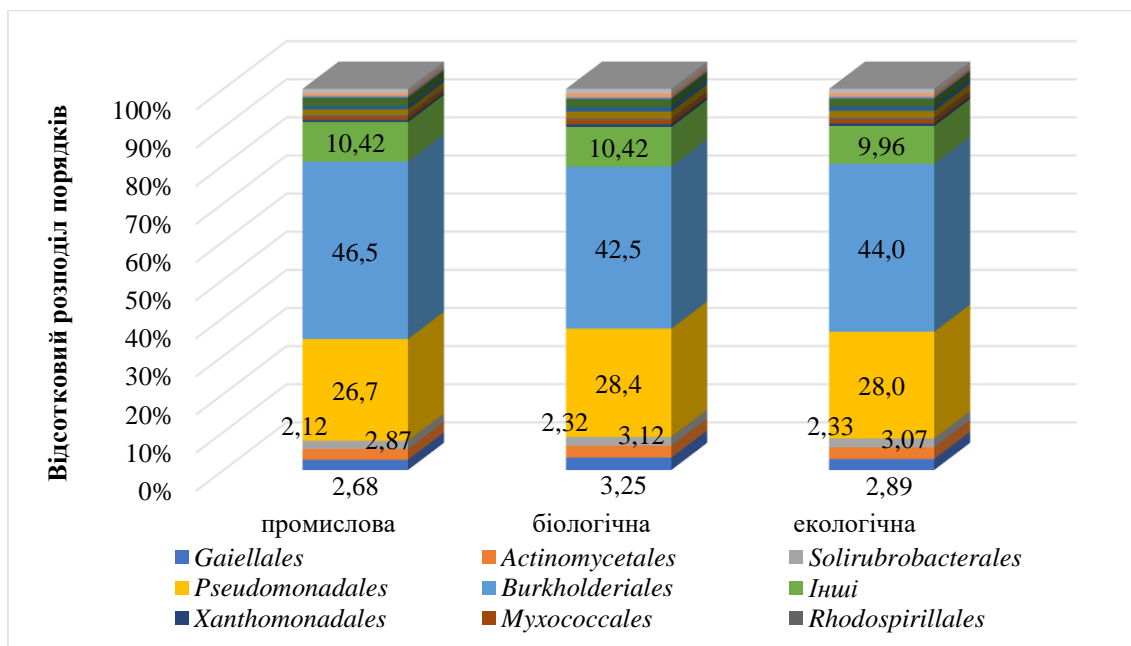


Рис. 1. Структура домінуючих та субдомінуючих порядків прокариот ризосфери сої за різних систем удобрення

За промислової системи удобрення сої порівняно з біологічною та екологічними системами частка представників порядків *Acidimicrobiales* у структурі ґрунтової мікробіоти була вищою. Застосування екологічної та біологічної систем удобрення сприяло зростанню чисельності представників порядків *Gaiellales*, *Solirubrobacterales*, *Xanthomonadales*, *Muxococcales*, *Rhizobiales*, *Bacillales*, *Sphingomonadales* та *Gemmatimonadetes*.

Встановлено, що основу еубактеріального комплексу ризосфери рослин буряків цукрових складали представники філ *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Gemmatimonadetes*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria*, *Firmicutes*, *Planctomycetes*, *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*. Абсолютними домінантами були представники бактеріальних філ *Proteobacteria* – 76,9 %, *Actinobacteria* – 13,4 %. В агроценозі буряків цукрових за різних систем удобрення переважно поширення мали представники родин *Alcaligenaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Nitrososphaeraceae*, *Gaiellaceae*, *Micrococcaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomyetaceae*, *Intrasporangiaceae*, *Solimonadaceae*, *Syntrophobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Nocardiodaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Comamonadaceae*. Застосування біологічної системи удобрення супроводжується збільшенням видового різноманіття мікробіоти ґрунту за рахунок філ: *Alcaligenaceae*, *Gaiellaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomyetaceae*, *Solimonadaceae*, *Syntrophobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Nocardiodaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, екологічної системи удобрення – за рахунок таких філ як *Alcaligenaceae*, *Micrococcaceae*, *Streptomyetaceae*, *Intrasporangiaceae*, *Nocardiodaceae*, *Hyphomicrobiaceae* та *Hyphomicrobiaceae*.

За промислової системи удобрення кукурудзи порівняно з біологічною та екологічною частка представників порядків *Acidimicrobiales* та *Clostridiales* у структурі ґрунтової мікробіоти була вищою. Застосування екологічної та біологічної систем сприяло зростанню чисельності представників порядку

Gaiellales, Actinomycetales, Solirubrobacterales, Xanthomonadales, Muxococcales, Rhizobiales, Bacillales, Sphingomonadales та Gemmatimonadetes.

ЧИСЕЛЬНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ТА СПРЯМОВАНІСТЬ БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

Як показали результати обліку представників агрономічно корисних груп мікроорганізмів, їх чисельність змінювалася залежно від системи удобрення. Так, використання елементів біологізації обумовлювало зростання чисельності мікробіоти, задіяної в циклі біотрансформації органічної речовини (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка чисельності ґрунтових мікроорганізмів в агрофітоценозах сої за різних систем удобрення, середнє за 2016–2019 рр.

Етап вегетації сої	Мікроорганізм	Чисельність мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту			
		системи удобрення			НІР _{0,05}
		промислова	екологічна	біологічна	
Сходи	Амоніфікувальні (МПА)	3,77	5,25	4,64	0,23
	Амілолітичні (КАА)	5,73	4,36	2,80	0,41
	Педотрофні (ПА)	4,73	5,39	6,73	0,38
	Оліготрофні (ГА)	6,06	5,99	7,32	0,40
	Мікроміцети	19,72	21,20	26,24	0,87
Бутонізація	Амоніфікувальні (МПА)	5,15	8,35	7,41	0,41
	Амілолітичні (КАА)	7,07	6,04	5,23	0,39
	Педотрофні (ПА)	8,51	13,16	14,84	0,43
	Оліготрофні (ГА)	5,22	4,53	3,86	0,51
	Мікроміцети	34,31	40,41	50,01	0,92
Побуріння бобів	Амоніфікувальні (МПА)	8,39	8,01	8,79	0,32
	Амілолітичні (КАА)	13,02	11,16	8,70	0,87
	Педотрофні (ПА)	6,70	9,35	9,51	0,55
	Оліготрофні (ГА)	7,92	6,75	4,19	0,63
	Мікроміцети	36,94	49,96	55,9	0,94

Порівняно з максимально хімізованою промисловою системою удобрення на варіантах досліду, що передбачав застосування екологічної та біологічної систем чисельність амоніфікаторів зростала на 39,3 та 23,1 % відповідно.

За екологічної системи удобрення сої чисельність амілолітичних мікроорганізмів у фазу сходів була меншою на 23,9 %, у фазу бутонізації – на 14,6 та в фазу побуріння бобів – на 14,3 % порівняно з промисловою системою. Аналогічні результати отримано за застосування біологічної системи удобрення. Так, на відповідних варіантах кількість мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук була на 51,1 %, 26,0 та 33,2 % меншою, ніж на контролі.

Встановлено, що перевага в кількості педотрофних мікроорганізмів була за екологічного та біологічного варіантів удобрення. Так, у фазу сходів сої за даних систем удобрення чисельність педотрофних мікроорганізмів була на 14,0 та 42,3 % більше, ніж за промислової системи удобрення, у фазу

бутонізації – на 54,6 та 74,4 %, а в фазу побуріння бобів – на 39,6 та 41,9 % відповідно.

Аналіз особливостей перебігу біологічних процесів у ґрунті за вирощування досліджуваних культур показав, що найвища чисельність популяцій мікроорганізмів, які використовують органічний азот, була сформована за обмеження або ж відмови від застосування засобів хімізації. А от застосування мінеральних добрив суттєво посилювало розвиток мікроорганізмів, що використовують азот мінеральних сполук. Також встановлено, що більше педотрофних мікроорганізмів було у випадку достатньої кількості органічних добрив, тобто за екологічної та біологічної, а оліготрофів було більше за промислової системи удобрення. Також, за екологічної та біологічної систем удобрення чисельність мікроскопічних грибів була максимальною порівняно з промисловою системою.

Щільність мікробних клітин в одиниці об'єму ризосферного ґрунту була вищою по відношенні до усіх досліджуваних еколого-трофічних угруповань, а виявлені особливості перебігу процесів зберігалися в динамці вегетації рослин.

В ризосфері рослин сої на варіантах екологічної та біологічної систем удобрення чисельність амоніфікаторів зростала на 81,3 та 6,0 %, а у фазу бутонізації, відповідно, на 55,5 та 24,2 % порівняно з промисловою системою. Така інтенсивність розвитку представників даної групи мікроорганізмів забезпечувалася за рахунок високого вмісту легкогідролізованих органічних речовин (табл. 3).

Таблиця 3

**Динаміка чисельності ґрунтових мікроорганізмів в ризосфері сої
за різних систем удобрення, середнє за 2016–2019 рр.**

Етап вегетації сої	Мікроорганізм	Чисельність мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту			
		системи удобрення			НІР _{0,05}
		промислова	екологічна	біологічна	
Бутонізація	Амоніфікатори (МПА)	15,00	27,20	15,90	0,44
	Амілолітичні (КАА)	28,00	21,90	18,90	0,75
	Педотрофні (ПА)	20,10	25,80	28,30	0,64
	Оліготрофні (ГА)	28,20	22,00	18,40	0,39
	Мікроміцети	22,11	57,80	44,10	0,78
Побуріння бобів	Амоніфікатори (МПА)	12,80	19,90	15,90	0,47
	Амілолітичні (КАА)	26,00	27,70	13,10	0,53
	Педотрофні (ПА)	24,00	29,20	25,90	0,55
	Оліготрофні (ГА)	9,70	3,39	3,20	0,48
	Мікроміцети	45,72	66,20	71,24	0,93

Встановлено, що за екологічної системи чисельність амілолітичних мікроорганізмів у фазу бутонізації сої була меншою на 21,8 % порівняно з промисловою системою удобрення, а за біологічної системи удобрення у фазу бутонізації на 32,5, та в фазу побуріння бобів – на 49,6 % менше, ніж на контролі.

Максимальна чисельність педотрофних мікроорганізмів у ризосфері рослин сої спостерігалася за екологічного та біологічного варіантів удобрення. Так, у фазу бутонізації за даних систем удобрення педотрофних мікроорганізмів було на 28,4 та 40,8 % більше, ніж за промислової системи удобрення, а в фазу побуріння бобів – на 21,7 та 7,9 % відповідно.

Таблиця 4

Мікробіологічні коефіцієнти інтенсивності ґрунтово-біологічних процесів в агрофітогеоценозах сої за різних систем удобрення, 2016–2019 рр.

Мікробіологічний коефіцієнт	Системи удобрення								
	промислова (контроль)			екологічна			біологічна		
	етапи вегетації культури								
	сходи	бутонізація	побуріння бобів	сходи	бутонізація	побуріння бобів	сходи	бутонізація	побуріння бобів
Мінералізації-імобілізації азоту (КАА/МПА)	1,52	1,37	1,55	0,83	0,72	1,39	0,60	0,71	0,99
Педотрофності (ПА/МПА)	1,25	1,65	0,80	1,03	1,58	1,17	1,45	2,00	1,08
Оліготрофності (ГА/МПА)	1,61	1,01	0,94	1,14	0,54	0,84	1,58	0,52	0,48

За результатами аналізу встановлено, що за біологічної системи удобрення показники коефіцієнту мінералізації-імобілізації азоту були найнижчим, що свідчить про врівноваження процесів мінералізації та імобілізації. А от підвищення величини коефіцієнту педотрофності, що свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, зокрема гумусових сполук, спостерігали за промислової системи удобрення. Також встановлено, що показники коефіцієнту оліготрофності за екологічної та біологічної систем удобрення свідчать про хорошу забезпеченість ґрунтової мікробіоти легкозасвоюваними органічними речовинами та формування оптимальних умов для функціонування ґрунтового мікробного комплексу.

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ТА ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР СІВОЗМІНИ

Визначено, що вміст токсинів у ґрунті зазнає постійних змін і наприкінці вегетації алелопатична активність ґрунту за промислової системи удобрення максимальна порівняно з іншими варіантами підживлення рослин (табл. 5).

На початку вегетації сої найбільшу фітотоксичну активність спостерігали за біологічної системи удобрення, що ймовірно за все викликано застосуванням великої кількості органіки та повільною нейтралізацією ґрунтовою мікробіотою алелопатичних виділень злакових культур. А от розвиток рослин на час повних сходів сприяв зниженню у ризосферному шарі ґрунту фітотоксичності. Так, за біологічної системи було зниження кумарину відносно контрольного варіанту – у 1,4 раза, а за екологічної у 1,76 раза.

**Фітотоксичність ґрунту за різних систем удобрення сої,
УКО*, 2016–2019 рр.**

Система удобрення	Етап вегетації культури					
	сходи		бутонізація		побуріння бобів	
	ґрунт	ризосфера	ґрунт	ризосфера	ґрунт	ризосфера
Промислова	15,02	13,71	16,04	9,85	14,36	8,65
Екологічна	6,32	7,81	6,47	10,54	7,44	13,36
Біологічна	9,80	9,78	10,81	7,43	8,55	7,23

Примітка. *УКО – умовні кумаринові одиниці

У фазу бутонізації рослин сої алелопатична активність ґрунту зростає і є максимальною за промислової системи удобрення. Це, на нашу думку, викликано активізацією процесів мінералізації від застосування мінерального удобрення. А от на системах внесення органічного добрива та рослинних решток фітотоксичність ґрунту зменшилася у 2,48 та 1,48 рази порівняно з контролем, що пов'язано з нейтралізацією ґрунтовою мікробіотою фізіологічно активних речовин, внесених з органічними добривами.

Активність протеази зростала від початку до кінця вегетаційного періоду, а максимальні показники активності каталази спостерігалися орієнтовно в середині вегетації досліджуваних культур, а до завершення її відбувалося зменшення цього показника. Отримані результати не суперечать працям інших науковців, в яких стверджується, що високі показники вмісту гумусу призводять до вищих значень активності гідролаз: протеази, фосфатази, уреаз, інвертази. Водночас, оксидоредуктазні ферменти: пероксидаза, каталаза, поліфенолоксидаза мають зворотну залежність від вмісту в ґрунті гумусу.

Результатами досліджень показано, що за біологічної системи удобрення сільськогосподарських культур сівозміни створюються оптимальні умови для перебігу мікробіологічних та ферментативних процесів. А висока ферментативна активність в цьому варіанті досліджу, очевидно є наслідком активізації трансформаційних процесів у ґрунті.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ

За результатами проведених досліджень визначено, що за застосування промислової системи удобрення на початку вегетаційного періоду культур попри вище агрохімічне навантаження створювалися кращі умови формування поживного режиму ґрунту порівняно з іншими системами удобрення. Відповідно на початку вегетації найменший рівень забезпечення елементами живлення був на біологічній системі удобрення, що пояснюється меншою доступністю елементів живлення до початку активних мікробіологічних процесів у ґрунті.

З початком активних мікробіологічних процесів у ґрунті доступність елементів живлення на біологічній системі зростала порівняно з промисловою системою удобрення і до часу активного споживання рослинами елементів живлення їх концентрація в ґрунті досягала хороших рівнів забезпечення.

Найбільша інтенсивність споживання елементів живлення була у період інтенсивного накопичення вегетативної маси рослин і вміст азоту на промисловій системі удобрення на кінець вегетації досягав критично низьких значень. А от засвоюваність фосфору та калію з мінеральних добрив є відносно низькою, а тому за цієї ж системи удобрення рослини залишали максимальні концентрації фосфору та калію в ґрунті. А от динаміка формування поживного режиму ґрунту за екологічної та біологічної систем удобрення була кращою з фізіологічного плану споживання культурами основних макроелементів.

Максимальний винос азоту з урожаєм був в сої – 201,8 кг/га, фосфору в кукурудзи – 72,7 кг/га, а калію в буряків цукрових – 149,9 кг/га. А за усередненим споживанням елементів живлення лідером є азот – 168,3 кг/га. Тому заходи спрямовані на підтримання активності мікробіоти ґрунту повинні бути направлені на раціональне використання азоту.

БІОЛОГІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

За урожайністю сої максимум отримано за промислової системи удобрення – 4,21 т/га, а от за біологічної отримано 4,18 т/га, що було в межах довірчого інтервалу. Причому за вмістом жиру та білка кращою виявилася саме остання система удобрення. Аналогічно урожайність зерна пшениці озимої за промислової системи удобрення склала 7,9 т/га, а за біологічної – 7,7 т/га. Тобто відхилення в 0,3 т/га було статистично недостовірними. Однак, приріст біомаси за промислової системи удобрення показав не раціональну витрату ресурсів мінерального живлення, адже прибавка зерна склала 0,3 т/га, тоді як соломи було на 0,5 т/га більше.

Досліджено, що за біологічної системи удобрення відмічається підвищення вмісту цукру у коренеплодах буряків цукрових. Причому за збором цукру найбільшу ефективність відмічено в біологічній системі удобрення, яка забезпечила збір цукру в досліді на рівні 12,7 т/га. Також використання біологічної системи удобрення дозволило отримати добрі якісні показники зерна кукурудзи за урожайності 11,5 т/га, що відповідала кращим параметрам отриманого рівня продуктивності в досліді.

Аналіз економічної ефективності вирощування культур сівозміни засвідчив високі рівні їх окупності врожаєм. Так, на біологічній системі: в сої отримано прибуток 32410 грн/га за рентабельності 183 %, в пшениці озимої – відповідно 31185 грн/га та 180 %, в буряків цукрових – відповідно 36516 грн/га та 129 %, в кукурудзи – відповідно 33863 грн/га та 151 %.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне обґрунтування та практичне вирішення важливого наукового завдання щодо оптимізації агробіогеоценозів короткоротаційної сівозміни Правобережного Лісостепу України за різних рівнів антропогенного навантаження.

1. Визначено, що в агроценозі пшениці озимої за різних систем удобрення переважне поширення мали представники родин *Alcaligenaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Comamonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Gaiellaceae*, *Geodermatophilaceae*, *Intrasporangiaceae*, *Micrococcaceae*, *Nitrososphaeraceae*, *Nocardioideae*, *Rhodobiaceae*, *Solimonadaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomycetaceae*, *Xanthomonadaceae*. За біологічної системи удобрення збільшується видове різноманіття мікробіоти ґрунту за рахунок філ *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*, а за екологічної системи удобрення – за рахунок таких філ, як *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* та *Proteobacteria*.

2. Досліджено, що еубактеріальний комплекс сої в середньому по досліді представлений такими філами: *Proteobacteria* – 82,0 %, *Actinobacteria* – 12,1 %, *Acidobacteria* – 0,9 %, *Gemmatimonadetes* – 0,7 %, *Chloroflexi* – 0,5 %, *Firmicutes* – 0,5 %, *Verrucomicrobia* – 0,4 %, *Bacteroidetes* – 0,2 %, *Planctomycetes* – 0,1 %, а частка інших філ становила 2,6 %.

3. Встановлено, що в агроценозі буряків цукрових за різних систем удобрення переважне поширення мали представники родин *Alcaligenaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Nitrososphaeraceae*, *Gaiellaceae*, *Micrococcaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomycetaceae*, *Intrasporangiaceae*, *Solimonadaceae*, *Syntrophobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Nocardioideae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Comamonadaceae*. Застосування біологічної системи удобрення супроводжується збільшенням видового різноманіття мікробіоти ґрунту за рахунок філ: *Alcaligenaceae*, *Gaiellaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomycetaceae*, *Solimonadaceae*, *Syntrophobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Nocardioideae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, екологічної системи удобрення – за рахунок таких філ як: *Alcaligenaceae*, *Micrococcaceae*, *Streptomycetaceae*, *Intrasporangiaceae*, *Nocardioideae*, *Hyphomicrobiaceae* та *Hyphomicrobiaceae*.

4. Досліджено, що за використання промислової системи удобрення кукурудзи порівняно з біологічною та екологічними системами частка представників порядків *Acidimicrobiales* та *Clostridiales* у структурі ґрунтової мікробіоти була вищою. Застосування екологічної та біологічної систем удобрення сприяло зростанню чисельності представників порядку *Gaiellales*, *Actinomycetales*, *Solirubrobacterales*, *Xanthomonadales*, *Mucococcales*, *Rhizobiales*, *Bacillales*, *Sphingomonadales* та *Gemmatimonadetes*.

5. За визначення особливостей перебігу біологічних процесів у ґрунті при вирощуванні досліджуваних культур встановлено, що найвища чисельність популяцій мікроорганізмів, які використовують переважно органічний азот, була сформована за обмеження або ж відмови від застосування засобів хімізації. Застосування мінеральних добрив суттєво посилювало розвиток мікроорганізмів, що переважно використовують азот мінеральних сполук, тому за біологічної системи удобрення мікробний ценоз ґрунту збіднено представлений видами, здатними утилізувати мінеральні сполуки азоту. Чисельність педотрофних мікроорганізмів була вищою за достатньої кількості органічних добрив, тобто за екологічного та біологічного варіантів удобрення.

Водночас, кількість оліготрофів була вищою за промислової системи удобрення. За екологічної та біологічної систем удобрення чисельність мікроскопічних грибів була максимальною порівняно з промисловою системою, що пояснюється достатнім вмістом клітковини в ґрунті для активізацію розвитку мікобіоти.

6. За біологічної системи удобрення показники коефіцієнту мінералізації-імобілізації азоту були найнижчими, що свідчить про врівноваження процесів мінералізації та імобілізації. Водночас, підвищення величини коефіцієнту педотрофності, який свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, зокрема гумусових сполук спостерігали за промислової системи удобрення. Показники коефіцієнту оліготрофності за екологічної та біологічної систем удобрення свідчать про забезпеченість ґрунтової мікробіоти легкозасвоюваними органічними речовинами, та формування оптимальних умов для функціонування ґрунтового мікробного комплексу.

7. Вміст токсинів у ґрунті зазнає постійних змін і наприкінці вегетації алелопатична активність ґрунту за промислової системи удобрення максимальна порівняно з іншими системами. У ризосферному ґрунті відмічено мінімальні значення фітотоксичності в усіх досліджуваних культур. Умови ґрунтового середовища при вирощуванні сої за біологічної системи землеробства виявилися найбільш сприятливими для розвитку наступних сільськогосподарських культур: сої, пшениці, цукрових буряків, кукурудзи.

8. Визначено, що активність протеази зростала від початку до кінця вегетаційного періоду, а максимальні показники активності каталази спостерігалися орієнтовно в середині вегетації досліджуваних культур, а до завершення її відбувалося зменшення цього показника. Протеазна активність ґрунту впродовж вегетації зростає, активність каталази знижується, що яскраво помітно в другій половині вегетації сільськогосподарських культур досліджуваної сівозміни.

9. Досліджено, що впродовж вегетації культур сівозміни запаси елементів живлення в ґрунті виснажувалися і на час передзбиральної стиглості вони були мінімальними порівняно з іншими фазами росту та розвитку культур. Найбільша інтенсивність споживання азоту з ґрунту спостерігалася у період інтенсивного накопичення вегетативної маси рослин і його вміст за промислової системи удобрення на кінець вегетації сягав критично низьких рівнів забезпечення. Водночас, динаміка формування поживного режиму ґрунту за екологічної та біологічної систем удобрення була кращою з фізіологічної точки зору споживання культурами основних макроелементів.

10. За урожайністю сої, пшениці, цукрових буряків та кукурудзи максимальні показники забезпечувала промислова система удобрення, показники біологічної системи удобрення були дещо нижчими, хоча статистично не відрізнялися. Використання біологічної системи удобрення дозволило отримати найкращі в досліді якісні показники зерна та коренеплодів.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України для підвищення функціональної активності та формування гомеостазу ґрунту, та як наслідок – отримання високого рівня продуктивності культур короткоротаційної сівозміни (соя, пшениця озима, буряки цукрові, кукурудза) пропонується застосовувати біологічну систему удобрення з внесенням біодобрив нової формуляції: біогумус «ЕКОЧУДО», та обробки насіння і рослин по вегетації біодобривом Вермісол, а також приорювання пожнивних решток культур.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України,

у тому числі включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Гудзь С. О. Поживний режим ґрунту в умовах екологізації землеробства та мікробіологічні аспекти його формування. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 267–276.

2. Сківка Л. М., Гудзь С. О., Присяжнюк О. І., Цвей Я. П. Біологічна ефективність вирощування культур агроценозу. Новітні агротехнології. 2019. № 7. URL: http://plant.gov.ua/sites/default/files/rosl-vo_-_skivka_-_verstka_gotovo_-_bez_doi.pdf. *(Здобувачем проведено дослідження, обробку матеріалів і формування висновків).*

3. Гудзь С. О. Вплив різних систем землеробства на поживний режим ґрунту в ланці зерно-просапної сівозміни з позиції мікробіологічних засад його формування. Цукрові буряки. 2019. № 5. С. 23–26.

4. Гудзь С. О. Аспекти екологізації землеробства та стан мікробних угруповань ґрунту, як активного компонента агробіогеоценозів. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 108. С. 198–204.

5. Сківка Л. М., Гудзь С. О., Цвей Я. П., Присяжнюк О. І. Економічна ефективність вирощування культур сівозміни. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. Вип. 28. С. 121–129. *(Здобувачем проведено дослідження, обробку матеріалів і формування висновків).*

Стаття у науковому виданні іншої держави,

включеному до міжнародної наукометричної бази даних Scopus

6. Skivka L. M., Hudz S. O., Prysiazhniuk O. I., Svystunova I. V., Voitsekhivska O. V., Poltoretskyi S. P., Belava V. N. Enzymatic activity of soil microbiota under different fertilizer systems. EurAsian Journal of BioSciences. 2020. № 14. P. 6113–6118. *(Здобувачем проведено дослідження, обробку матеріалів і формування висновків).*

Статті в інших наукових виданнях

7. Гудзь С. О., Сківка Л. М., Присяжнюк О. І., Цвей Я. П. Мікробіологічна активність ґрунту за вирощування сої з різними варіантами

добрив. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія. 2020. Т. 80. № 1. С. 57–63. (Здобувачем проведено дослідження, обробку матеріалів і формування висновків).

8. Гудзь С. О., Сківка Л. М. Особливості формування еубактеріального комплексу ризосфери пшениці озимої (*Triticum durum*) за різних систем удобрення. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія. 2020. Т. 81. № 2. С. 31–36. (Здобувачем проведено дослідження, обробку матеріалів і формування висновків).

9. Гудзь С. О., Сківка Л. М. Динаміка фітотоксичності ґрунту за різних систем удобрення. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2021. № 1 URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/14704> (Здобувачем проведено дослідження, обробку матеріалів і формування висновків).

10. Hudz S. O., Skivka L. M. Formation of the eubacterial complex of the rhyosphere of sugar beet (*Beta vulgaris*) under different fertilization systems. *Biotechnologia acta*. 2021. № 14 (1). P. 81–87. (Здобувачем проведено дослідження, обробку матеріалів і формування висновків).

Тези наукових доповідей

11. Гудзь С. О. Мікробіологічні аспекти впливу на формування продуктивності буряків цукрових на чорноземах типових малогумусних Правобережного Лісостепу України. Всеукраїнська науково-практична конференція присвячена Всесвітньому дню ґрунтів, м. Київ, 10–11 грудня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 39.

12. Гудзь С. О. Аспекти екологізації землеробства та стан мікробних угруповань ґрунту, як активного компонента агробіогеоценозів. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: VIII Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, с. Центральне, 24 квітня 2020 року: тези доповіді. Центральне, 2020. С. 49.

АНОТАЦІЯ

Гудзь С. О. Особливості формування мікробіоценозу ґрунтів Лісостепу України за різного ступеня антропогенного навантаження короткоротаційних сівозмін. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.07 «Мікробіологія». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2021.

В агроценозі пшениці озимої за біологічної системи удобрення зростало видове різноманіття за рахунок філ *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*. А от еубактеріальний комплекс сої представлений такими філами: *Proteobacteria* – 82,0 %, *Actinobacteria* – 12,1 %, *Acidobacteria* – 0,9 %, *Gemmatimonadetes* – 0,7 %, *Chloroflexi* – 0,5 %, *Firmicutes* – 0,5 %, *Verrucomicrobia* – 0,4 %, *Bacteroidetes* – 0,2 %, *Planctomycetes* – 0,1 %.

Planctomycetes – 0,1 %. В агроценозі буряків цукрових за біологічної системи удобрення зросло видове різноманіття мікробіоти ґрунту за рахунок філ: *Alcaligenaceae*, *Gaiellaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomycetaceae*, *Solimonadaceae*, *Syntrophobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Nocardoidaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, в посівах кукурудзи за екологічної та біологічної систем удобрення – зростання чисельності представників порядку *Gaiellales*, *Actinomycetales*, *Solirubrobacterales*, *Xanthomonadales*, *Mycococcales*, *Rhizobiales*, *Bacillales*, *Sphingomonadales* та *Gemmatimonadetes*.

Найвища чисельність мікроорганізмів, що використовують органічний азот була за екологічної та біологічної систем удобрення, а от застосування мінеральних добрив суттєво посилювало розвиток мікроорганізмів, що використовують азот мінеральних сполук. Також, більше педотрофних мікроорганізмів було за достатньої кількості органічних добрив, а чисельність оліготрофів була вищою за промислової системи удобрення.

За біологічної системи удобрення коефіцієнт мінералізації-іммобілізації азоту був найнижчим, що свідчить про зрівноваження процесів мінералізації та іммобілізації. А от підвищення коефіцієнту педотрофності свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, зокрема гумусових сполук за промислової системи удобрення.

Встановлено, що за відсутності застосування органічного удобрення процеси розкладу органічних решток та синтезу гумусових сполук проходять більш інтенсивно, що й показує активність окисно-відновних ферментів. Отже, протеазна активність ґрунту впродовж вегетації зростає, а активність каталази знижується, що яскраво помітно в другій половині вегетації культур досліджуваної сівозміни. За біологічної системи удобрення створюються оптимальні умови для перебігу мікробіологічних та ферментативних процесів, а висока ферментативна активність в цьому варіанті досліджу, очевидно є наслідком активізації трансформаційних процесів у ґрунті.

За біологічної системи удобрення отримано найвищі показники економічної ефективності вирощування культур сівозміни.

Ключові слова: мікробні процеси, система удобрення, ґрунтова мікробіота, ферментативна активність ґрунту.

АННОТАЦІЯ

Гудзь С. О. Особенности формирования микробиоценоза почв Лесостепи Украины при разной степени антропогенной нагрузки короткоротационных севооборотов. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.07 «Микробиология». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2021.

В агроценозах озимой пшеницы при биологической системе удобрения росло видовое разнообразие за счет фил *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*. А вот эубактериальный комплекс сои представлен такими филами: *Proteobacteria* – 82,0 %, *Actinobacteria* – 12,1 %, *Acidobacteria* – 0,9 %, *Gemmatimonadetes* – 0,7 %, *Chloroflexi* – 0,5 %, *Firmicutes* – 0,5 %, *Verrucomicrobia* – 0,4 %, *Bacteroidetes* – 0,2 %, *Planctomycetes* – 0,1 %. В агроценозах сахарной свеклы при биологической системе удобрения росло видовое разнообразие микробиоты почвы за счет фил: *Alcaligenaceae*, *Gaiellaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomyacetaceae*, *Solimonadaceae*, *Syntrophobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Nocardioideaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Hyphomicrobiaceae*. В посевах кукурузы экологическая и биологическая системы удобрения способствовали росту численности представителей порядка *Gaiellales*, *Actinomycetales*, *Solirubrobacterales*, *Xanthomonadales*, *Мухососкаль*, *Rhizobiales*, *Bacillales*, *Sphingomonadales* та *Gemmatimonadetes*.

Самая высокая численность микроорганизмов, использующих органический азот была при экологической и биологической системах удобрения, а вот применение минеральных удобрений существенно усиливало развитие микроорганизмов использующих азот минеральных соединений. Также, больше педотрофных микроорганизмов было при достаточном количестве органических удобрений, а численность олиготрофов была выше в условиях промышленной системы удобрения.

При использовании биологической системы удобрения коэффициент минерализации-иммобилизации азота был самым низким, что свидетельствует о уравнивании процессов минерализации и иммобилизации. Повышение коэффициента педотрофности свидетельствует об увеличении интенсивности разложения органического вещества почвы, в частности гуминовых соединений в условиях промышленной системы удобрения.

Установлено, что при отсутствии применения органического удобрения, процессы разложения органических остатков и синтеза гумусовых соединений проходят более интенсивно, что и показывает активность окислительно-восстановительных ферментов. Протеазная активность почвы в течение вегетации растет, а активность каталазы снижается, что особенно заметно во второй половине вегетации культур исследуемого севооборота. А вот при использовании биологической системы удобрения создаются оптимальные условия для протекания микробиологических и ферментативных процессов. Высокая ферментативная активность в этом варианте опыта, очевидно является следствием активизации трансформационных процессов в почве.

При использовании биологической системы удобрения получено высокие показатели экономической эффективности выращивания культур севооборота.

Ключевые слова: микробные процессы, система удобрения, почвенная микробиота, ферментативная активность почвы.

ANNOTATION

Hudz S. O. Peculiarities of Formation of Microbiocenosis of Soils of the Forest-Steppe of Ukraine at Different Degree of Anthropogenic Loading of Short-Rotation Crop Rotations. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences on a specialty 03.00.07 «Microbiology». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2021.

Established that in the winter wheat biological fertilizer system is accompanied by an increase in the species diversity of soil microbiota due to *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* and the use of ecological system *Bacteroidetes*, *Firmicutes* and *Proteobacteria*. But the eubacterial complex of soybeans is represented by the following fillets: *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Acidobacteria*, *Gemmatimonadetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Planctomycetes*. In sugar beet by biological system increased species diversity microbiota soil through phil: *Alcaligenaceae*, *Gaiellaceae*, *Solirubrobacteraceae*, *Streptomyetaceae*, *Solimnadaceae*, *Syntrophobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Nocardiodaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Hyphomicrobiaceae*. But in maize crops with the use of ecological and biological fertilizer systems contributed to the growth of *Gaiellales*, *Actinomycetales*, *Solirubrobacterales*, *Xanthomonadales*, *Myxococcales*, *Rhizobiales*, *Bacillales*, *Sphingomonadales* and *Gemmatimonadetes*.

The highest number of microorganisms using organic nitrogen was observed in ecological and biological fertilizer systems, but the use of mineral fertilizers significantly enhanced the development of microorganisms using nitrogen mineral compounds. It was also found that more pedotrophic microorganisms were with a sufficient amount of organic fertilizers, i.e. with the use of ecological and biological fertilizer options. But the number of oligotrophs was higher than the industrial fertilizer system. Also, with the use of ecological and biological fertilizer systems, the number of microscopic fungi was maximum compared to the industrial system.

In the biological system of fertilizers, the indicators of the coefficient of mineralization-immobilization of nitrogen were the lowest, which indicates a balance of the processes of mineralization and immobilization. But the increase in the coefficient of pedotrophic indicates an increase in the intensity of decomposition of soil organic matter, in particular humic compounds was in the industrial fertilizer system. Also, the indicators of the coefficient of oligotrophic nature of ecological and biological fertilizer systems indicate a good supply of soil microbiota.

It is established that in the absence of organic fertilizer the processes of decomposition of organic residues and synthesis of humic compounds are more intense, which shows the activity of redox enzymes. Consequently, the protease activity of the soil during the growing season increases, and the activity of catalase decreases, which is clearly visible in the second half of the growing season

of the crops under study. But the biological system of fertilizers creates optimal conditions for microbiological and enzymatic processes.

The biological fertilizer system has the highest indicators of economic efficiency of crop rotation.

Key words: microbial processes, fertilizer system, soil microbiota, enzymatic activity of soil.

Підписано до друку 25.03.21
Ум. друк. арк. 1,4
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Зам. № 210190

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55

