

ВІДГУК

офіційного опонента Патики Тетяни Іванівни на дисертаційну роботу Гудзя Сергія Олександровича «Особливості формування мікробіоценозу ґрунтів Лісостепу України за різного ступеня антропогенного навантаження короткоротаційних сівозмін», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.07 – мікробіологія.

Актуальність теми дисертації. Важливим напрямом сучасного ведення аграрного виробництва є розробка біологічних основ високоефективних і наукоємних технологій, які здатні забезпечити відтворення родючості ґрунтів, збереження біорізноманіття ценозів і одержати якісну, сталу продуктивність сільськогосподарських культур. При правильній побудові та освоєнні систем новітніх технологій вирощування культурних рослин може бути розв'язано актуальні питання раціонального використання поживних ресурсів, формування генетичної варіабельності мікробіоти ґрунту, покращення стану агроєкосистем.

Важливою і багатовекторною складовою біому ґрунту є мікроорганізми (мікробні угруповання), які є найбільш чутливими та динамічними компонентами ґрунту в різних умовах середовища. На сьогодні вивчення особливостей різнорівневої взаємодії мікроорганізмів з рослинами, поліморфізму функціональних характеристик формування стійких мікробних комплексів різних ґрунтів мають науково-практичну цінність та актуальність.

Особливо цінним для сільськогосподарської мікробіології є всебічне та комплексне вивчення активності та функцій мікроорганізмів в агроценозах та доцільних технологій вирощування різних культур, а також об'єктивна та цілісна характеристика мікробіому різних ґрунтів з метою раціонального використання мікробіологічних факторів у сучасному агровиробництві.

Дисертаційна робота Гудзя Сергія Олександровича присвячена вивченню 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. Дисертаційну роботу виконано в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, польові експерименти – на базі Білоцерківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (БЦДСС) протягом 2016-2019 рр. у відповідності з тематикою наукових досліджень вищезазначеного інституту «Вивчити зміни родючості ґрунту в умовах Лісостепу залежно від антропогенних чинників і розробити способи його відтворення і збереження» (№ держреєстрації 0116U003169).

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків, пропозицій (рекомендацій) виробництву. Експериментальні дані, представлені в дисертаційній роботі, отримані здобувачем самостійно, дослідження проведені на належному науково-методичному рівні, статистично опрацьовані та є достовірними. Наукові положення, висновки, пропозиції

виробництву, які сформульовано у дисертації, мають об'єктивну аргументацію та узгоджуються з поставленими метою та завданнями. Висновки повністю відповідають змісту експериментальних даних і тематиці роботи. Достовірність отриманих результатів підтверджено використанням комплексу апробованих інформативних, сучасних методик, відповідно до міжнародних і державних стандартів (мікробіологічні, аналітичні, біохімічні, спектрофотометричні, фотоколориметричні методи), а також загальноприйнятих протоколів, статистичного аналізу і перевіркою ефективності в умовах виробництва.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що автором представлено дані щодо комплексного вивчення питань функціонування агробіоценозів за різних рівнів антропогенного навантаження (через системи землеробства, ланки сівозміни з короткою ротацією в умовах Правобережного Лісостепу України). Науково-обґрунтовано підходи щодо управління біопродуктивністю фітоценозів та створення передумов екологічно збалансованого землекористування (через оптимізацію структури мікробних ценозів, активізацію їх метаболічної і ферментативної активності). 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 (*Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*) з рістстимулювальними властивостями та здатністю посилювати стресостійкість рослин (*Proteobacteria*). На основі вивчення впливу систем землеудобрення на мікробіом ґрунту отримано нові дані щодо позитивної динаміки формування мікробоценозу. 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. Поглиблено знання про вплив систем удобрення з різним антропогенним навантаженням на алелопатичну та ферментативну активності ґрунту, що в комплексі забезпечує оптимізацію відповідних ґрунтових процесів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що автором визначено особливості формування мікробного комплексу та спрямованості мікробних процесів за умов короткоротаційних сівозмін при вирощуванні таких культур, як сої, пшениці озимої, буряків цукрових та кукурудзи. Обґрунтовано доцільність використання екологічної та біологічної систем удобрення для підтримання біорізноманіття ризосферних мікробних комплексів культур короткоротаційної сівозміни. Запропоновано науково-методичні підходи та прийоми щодо застосування біологічної системи удобрення, зокрема внесення біодобрив нової формуляції (біогумус «Екочудо», обробка насіння і вегетуючих

рослин Вермісолом, пріорювання пожнивних решток сільськогосподарських культур) з урахуванням мікробної складової та процесів, що відбуваються в конкретних агроценозах. Дана оцінка біологічної та економічної ефективності застосування систем удобрення з низьким рівнем антропогенного навантаження. Польова апробація біологічної системи удобрення у 2019-20 рр. (ТОВ «Агрофірма Київська» Макарівського району, Київської області) дозволила отримати високий рівень рентабельності сої та кукурудзи і прибуток з площі 20 га на 35,7 тис. грн. більше порівняно з системою мінерального удобрення.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 227 сторінках комп'ютерного тексту. Складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, узагальнення, пропозицій виробництву, додатків та списку використаних джерел. Робота містить 66 таблиць, 9 рисунків. Список використаних джерел охоплює 224 найменувань, з яких 54 латиницею.

У Вступі відображено актуальність досліджень, мета і завдання, об'єкт, предмет досліджень, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Наведено дані про особистий внесок здобувача з відомостями про апробацію результатів дисертаційних досліджень та публікаційну активність автора.

У першому розділі *«Особливості формування мікробіоценозу ґрунтів за різного ступеня антропогенного навантаження»* автор наводить розширений аналіз даних щодо фундаментальних і прикладних досліджень мікроорганізмів ґрунту. Акцентує увагу на структуру та мікробне різноманіття, яке залежить від факторів середовища, різних агрозаходів, в т.ч. фону удобрення, культури сівозміни. Представлено дослідження вчених щодо механізмів взаємодії мікробного комплексу у системі «ґрунт – рослина», закономірностей розвитку мікробіому ґрунтів, який надзвичайно важливий при формуванні родючості ґрунту.

У другому розділі *«Об'єкти, умови та методи проведення досліджень»* автором наведено опис використаних для вирішення поставлених завдань мікробіологічних, агрохімічних, аналітичних, спектрофотометричних, фото колориметричних, молекулярно-біологічних методів. Розділ містить інформацію щодо варіантів дослідів, систем удобрення культур короткоротаційної сівозміни, погодно-кліматичних умов в роки досліджень. Зазначено, що усі досліді проведено зі статистичним аналізом даних, розраховано економічну ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення.

У розділі 3 *«Таксономічний склад основних груп прокаріот ґрунту в умовах різних систем антропогенного навантаження»* наведено дані щодо особливості формування мікробного комплексу ризосфери чотирьох дослідних культур: пшениці озимої, сої, буряків цукрових та кукурудзи. Встановлено, що до прокаріотного (еубактеріального) комплексу озимої пшениці входять представники філогенетичних груп *Acidobacteria*, *Actinobacteria*,

Armatimonadetes, Bacteroidetes, Chlamydiae, Chlorobi, Chloroflexi, Cyanobacteria, Elusimicrobia, Fibrobacteres, Firmicutes, Gemmatimonadetes, Nitrospirae, Planctomycetes, Proteobacteria, Thermi, Verrucomicrobia. Архейні філогрупи *Euryarchaeota, Crenarchaeota*. Показано, що абсолютними домінантами є бактерії *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, Intraspangiaceae, Micrococcaceae, Nitrososphaeraceae, Nocardiodaceae, Rhodobiaceae, Solimonadaceae, Solirubrobacteraceae, Streptomycetaceae, Xanthomonadaceae*. За біологічної системи удобрення збільшення видового різноманіття мікроорганізмів ґрунту відбувається за рахунок *Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, Proteobacteria, Verrucomicrobia*, за екологічної системи удобрення проходить активізація *Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes* та *Proteobacteria*.

Автором виявлено, що мікробний комплекс сої представлений такими філогенетичними групами як *Proteobacteria* (82,0%), *Actinobacteria* (12,1%), *Acidobacteria* (0,9%), *Gemmatimonadetes* (0,7%), *Chloroflexi* та *Firmicutes* відповідно по 0,5%, *Verrucomicrobia* (0,4%), *Bacteroidetes* (0,2%), *Planctomycetes* (0,1%), а також часткою інших груп (2,6%).

Встановлено, що до еубактеріального комплексу ризосфери рослин буряків цукрових входять представники *Proteobacteria, Actinobacteria, Gemmatimonadetes, Chloroflexi, Acidobacteria, Firmicutes, Planctomycetes, Verrucomicrobia, Bacteroidetes*. Абсолютними домінантами виявлено *Proteobacteria* (76,9%), *Actinobacteria* (13,4%). Крім цього, 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, Myxococcales, Rhizobiales, Bacillales, Sphingomonadales* та *Gemmatimonadetes*.

У розділі 4 «Чисельність мікроорганізмів та спрямованість мікробних процесів за різних систем удобрення» автором проаналізовано зміни ґрунтової мікробіоти, що відбувались за дією різних систем удобрення в процесі ротації сівозміни по культурах окремо. Показано, що чисельність мікроорганізмів ґрунту активно змінювалась залежно від системи удобрення, зокрема, використання біологічного удобрення обумовлювало зростання чисельності мікроорганізмів, задіяних у циклі трансформації органічної речовини, а чисельність амоніфікуючих форм мікроорганізмів підвищувалась на 39,3 та 23,1% відповідно за варіантами дослідів з екологічною та біологічною системами удобрення. У фазу бутонізації сої чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів зростала на 62,1% та 43,9% порівняно з промисловою системою удобрення сої.

Отже, активне застосування добрив спричиняло зростання чисельності амоніфікуючих, амілолітичних і педотрофних бактерій (перевагу в кількості педотрофних мікроорганізмів зафіксовано за екологічним та біологічним варіантами удобрення, щодо оліготрофних форм – активізація спостерігалася за промислової системи удобрення). Чисельність мікроскопічних грибів за екологічною та біологічною системами удобрення виявилася максимальною (порівняно з промисловою системою). Ґрунтовно представлено дані щодо визначення основних агрономічно корисних груп мікроорганізмів залежно від фаз розвитку конкретної дослідної культури та систем удобрення. Так, встановлено, що щільність мікробних клітин в одиниці об'єму ризосферного ґрунту сої була вищою стосовно усіх досліджуваних еколого-трофічних угруповань та закономірно зберігалась в динамці вегетації. Встановлено, що за біологічної системи удобрення показники коефіцієнту мінералізації-імобілізації азоту були найнижчим, що свідчить про врівноваження процесів мінералізації та імобілізації. Підвищення величини коефіцієнту педотрофності свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту (за промислової системи удобрення). Встановлено, що показники коефіцієнту оліготрофності за екологічної та біологічної систем удобрення інформативно вказують на забезпеченість ґрунтових мікроорганізмів легкозасвоюваними органічними речовинами, а також формування оптимальних умов для їх функціонування.

У розділі 5 «Фітотоксичність та ферментативна активність ґрунту за різних систем удобрення культур сівозмінні» представлено дані щодо динаміки фітотоксичності та ферментативної активності ґрунту за різних систем удобрення з точки зору активності та функціонування мікробіому як індикаторного показника при оцінці екологічного стану агроценозів і родючості ґрунту. Показано, що на початку вегетації рослин сої найбільша фітотоксична активність спостерігалась на варіанті з біологічною системою удобрення (застосування пожнивних решток кукурудзи (8-12 т/га) і Біогумусу-вермикомпосту «Екочудо» 200 кг/га), що пов'язано із застосуванням великої кількості органіки та повільною нейтралізацією ґрунтовою мікробіотою алелопатичних виділень сільськогосподарських культур. Спостереження за розвитком рослин сої на час повних сходів показало зниження у ризосферному шарі ґрунту показника фітотоксичності (наприклад, за біологічної системи удобрення зафіксовано зниження концентрації кумарину відносно показників контрольного варіанту – у 1,4 рази, а за екологічної у 1,76 рази). У досліді зростання умовних одиниць токсичності ґрунту відмічено за екологічної системи удобрення від середини до кінця вегетації культури відносно початкового значення, що викликано повільним розкладанням рослинних решток кукурудзи та вивільненням алелопатично активних речовин. На системах внесення органічного добрива та рослинних решток фітотоксичність ґрунту зменшилась у 2,48 та 1,48 рази порівняно з контролем, що пов'язано з нейтралізацією

грунтовою мікробіотою фізіологічно активних речовин, внесених з органічними добривами. Загальна ґрунтова фітотоксичність зафіксована вищою порівняно з ризосферною на усіх етапах росту та розвитку пшениці озимої.

Оскільки ферментативна активність ґрунту перебуває в прямій залежності від інтенсивності розвитку та складу мікробних угруповань, в цьому контексті автором показано, що активність протеази зростає від початку до кінця вегетаційного періоду, а максимальні показники активності каталази спостерігались 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. Отримані результати узгоджуються з іншими даними науковців відносно того, що високі показники вмісту гумусу призводять до вищих значень активності гідролаз (протеази, фосфатази, уреази, інвертази).

У розділі 6 дисертації *«Особливості формування поживного режиму ґрунту»* продемонстровано результати досліджень автора відносно динаміки вмісту нітратного азоту в орному шарі ґрунту за різних систем удобрення та мікробіологічні аспекти формування поживного режиму ґрунту. Аналіз даних при вирощуванні сої показав низький рівень цього показника за всіх систем удобрення. Пшениця озима впродовж вегетації потребує більш інтенсивного забезпечення азотом, так як на відміну від бобових культур не може активно проводити симбіотичну азотфіксацію. 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. Засвоюваність фосфору та калію з мінеральних добрив була відносно низькою, а тому за цієї ж системи удобрення рослини залишали максимальні концентрації фосфору та калію в ґрунті. Показано, що динаміка формування поживного режиму ґрунту за екологічної та біологічної систем удобрення була кращою з фізіологічного плану споживання культурами основних макроелементів. Досліджено, що в середньому по сівозміні максимальний винос азоту спостерігався в сої (201,8 кг/га), фосфору в кукурудзи (72,7 кг/га), а калію в буряків цукрових (149,9 кг/га). Найбільш споживаним є азот (168,3 кг/га), отже, заходи, які спрямовано на підтримку активності мікробіоти ґрунту, доцільно скеровувати на раціональне використання азоту.

У розділі 7 *«Біологічна та економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення»* автор представляє дані з біометричних показників сільськогосподарських культур, які пов'язані з параметрами формування рівня урожайності та якості продукції. Показано, що вирощування сої за застосування екологічної та біологічної систем удобрення дозволяє отримати якісне насіння за показниками вмісту жиру та білку. За врожайністю сої максимум отримано за промислової системи удобрення (4,21 т/га), за біологічної відповідно 4,18 т/га.

Встановлено, що за застосування промислової системи удобрення було отримано максимальні показники урожайності зерна пшениці озимої – 7,9 т/га, за біологічної системи 7,7 т/га відповідно.

Аналогічно іншим культурам застосування високих доз мінерального удобрення сприяло формуванню значної вегетативної маси буряків цукрових. Так, максимальні значення визначено на промисловій системі удобрення – 109 т/га, а біологічна система забезпечувала 103 т/га, причому різниця в площі листової поверхні була доволі суттєва – 5,8 тис. м²/га. Найвищий врожай отримано за промислової системи удобрення (70,0 т/га), а за умови використання екологічної та біологічної систем удобрення отримано 64,5 та 68,9 т/га відповідно. Крім того, за біологічної системи удобрення відмічається підвищення вмісту цукру у коренеплодах буряків цукрових. За збором цукру найбільшу ефективність відмічено в біологічній системі удобрення, яка забезпечила збір цукру в досліді на рівні 12,7 т/га.

Показано, що використання біологічної системи удобрення дозволяє отримувати якісні показники зерна кукурудзи за продуктивністю до 11,5 т/га, що відповідає оптимальним параметрам рівня продуктивності в досліді.

Аналіз економічної ефективності вирощування культур сівозміни свідчить про високі рівні їх окупності врожаєм при біологічній системі удобрення. Отримано найвищі показники за дослідними культурами: соя – прибуток 32410 грн./га та рівень рентабельності 183,0%; пшениця озима – прибуток 31185 грн./га та рівень рентабельності 180,0%; буряк цукровий – прибуток 36516 грн./га та рентабельність 129,0%; кукурудза відповідно прибуток 33863 грн./га, рівень рентабельності 151,0%.

Завершують дисертаційну роботу узагальнення результатів досліджень, що забезпечує цілісне сприйняття результатів, представлено загальні висновки. Автореферат відповідає змісту дисертації. Апробація результатів досліджень пройшла на вітчизняних та міжнародних наукових конференціях та викладена у 10 наукових працях (8 статей у фахових виданнях), з них 5 у виданнях, які входять до наукометричних баз даних; 1 - в іноземному науковому виданні, включеному до бази *Scopus* та 2 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій. В дисертації є пропозиції виробництву, які науково-обґрунтовані, апробовані. Акти впровадження науково-дослідної роботи у виробництво розміщено у додатках.

Зауваження, недоліки, упущення, побажання.

1. За мету досліджень автором обрано «... встановлення особливостей мікробіологічного різноманіття, мікробіологічної і ферментативної активності, механізмів мікробної трансформації органічної речовини за використання різних систем удобрення культур короткоротаційної сівозміни». Потребується пояснення щодо механізмів трансформації органічної речовини в контексті власних експериментальних даних.

2. Об'єкт дослідження представлений як «процеси зміни мікробіому ґрунтів ...», не конкретизовано які саме процеси? Так само щодо предмету досліджень – «кількісні та якісні показники ґрунту» автором не досліджувалось, можливо мова йде про мікробні комплекси ґрунту та їх кількісні та якісні характеристики?
3. «Мікробіологічний моніторинг ґрунтів агроєкосистем» автором дисертації не проводився, тому коректніше представляти власні результати в аспекті мікробіологічних методів досліджень (визначення чисельності мікроорганізмів та ін.).
4. Висновки за п. 5,6 перевантажені деклараційними висловами та не достатньо інформативно несуть конкретний цифровий блок одержаних експериментальних даних. Потребується пояснення відносно того, що за екологічної та біологічної систем удобрення чисельність мікроскопічних грибів була максимальною порівняно з промисловою системою (через достатній вміст клітковини? в ґрунті).
5. В дисертаційній роботі трапляються орфографічні та технічні помилки, вживаються термінології загального характеру (наприклад, агробіогеоценози, мікроорганізми, задіяні у біосферному колообігу макро- та мікроелементів, біологізація сільськогосподарського виробництва, низький або високий рівень антропогенного навантаження та ін.).

Разом з цим відмічені недоліки, зауваження і побажання суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Всебічний розгляд дисертації дає підстави вважати, що дисертаційна робота Гудзя С.О. «Особливості формування мікробіоценозу ґрунтів Лісостепу України за різного ступеня антропогенного навантаження короткочасних сівозмін» відповідає вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій і характеризується завершеністю, самостійністю. Дисертація містить результати комплексних досліджень з актуальної проблематики, а отримані дані мають наукове і практичне значення для сільськогосподарської мікробіології та інноваційних технологій аграрного виробництва. Враховуючи вищезазначене, вважаю, що автор дисертаційної роботи Гудзь Сергій Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.07 – мікробіологія.

Офіційний опонент:

професор кафедри фізіології, біохімії рослин
та біоенергетики Національного університету
біоресурсів і природокористування України,
доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

«___» _____

Підпис засвідчую
Начальник відділу кадрів



Т.І. Патика

М.В. Михайліченко