

РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри фітопатології імені академіка В. Ф. Пересипкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктора сільськогосподарських наук, професора **Мирослава ПІКОВСЬКОГО** на дисертацію **Мідії КІРОЯНЦ** на тему: **«Формування ризосферного мікробного біому ячменю ярого за різних систем удобрення в чорноземі типовому»**, подану на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 «Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Актуальність обраної теми. Ячмінь ярий є важливою зерновою культурою в Україні. Вагомий вплив на продуктивність рослин має ризосферний мікробіом, який приймає активну участь в метаболізмі органічних речовин, трансформації та іммобілізації біогенних елементів і забезпеченні життєдіяльності всіх трофічних ланцюгів біоценозу. Ефективна взаємодія мікроорганізмів ризосфери є, зазвичай, синергічною. Вона відбувається на всіх рівнях, починаючи з молекулярного та має велику екологічну значимість. Дослідження рослинно-мікробних комплексів сфокусовані на агрономічно-значущих мікроорганізмах, які можуть використовуватися у сільському господарстві для оптимізації до 70 % росту та розвитку рослин, включаючи різні види симбіотичних фіксаторів азоту, ризобактерії, що стимулюють ріст і розвиток рослин, організми, які контролюють поширення патогенів і бактерій.

Водночас нині залишаються малодослідженими питання щодо формування метагеному та філотипової структури прокариотних комплексів ґрунтів, що утворюються під впливом різних агротехнічних заходів. Тому вивчення біорізноманіття та генетичного потенціалу ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері ячменю ярого має фундаментальне значення для розуміння біогеохімічних процесів ґрунтоутворення і являє значний інтерес для вирішення прикладних питань в агрономії щодо покращення родючості ґрунту та підвищення врожайності культури.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Метою дисертаційних досліджень було вивчення особливостей формування мікробного комплексу чорнозему типового в агрофітоценозі ячменю ярого (сорт Себастьян). Мета дисертації включала в себе такі завдання: визначити основні агрохімічні властивості ґрунту та продуктивні показники ячменю ярого за різних варіантів удобрення ґрунту; оцінити чисельність мікроорганізмів, ґрунтового біорізноманіття та структуру якісного складу мікробного комплексу ризосфери чорнозему типового в основні фази росту та розвитку ячменю ярого за різних систем удобрення; визначити екологічні індекси домінування та мікробного різноманіття мікробного комплексу ґрунту за різних систем удобрення; дослідити вплив різних варіантів удобрення на спрямованість мікробних процесів чорнозему типового при вирощуванні ячменю ярого; оцінити метагеном прокариотного комплексу

чорнозему типового за аграрного використання; ідентифікувати основні особливості домінантних морфотипів ризосфери ячменю ярого, визначити їх метаболічні, структурні та функціональні особливості; провести філогенетичний аналіз домінантних мікроорганізмів родів *Bacillus* і *Phyllobacterium*, ізольованих з ризосфери ячменю ярого; дослідити антагоністичну активність ризосферних домінантів ячменю ярого щодо фітопатогенних мікроміцетів; оцінити економічну та біологічну ефективності перспективних домінантних морфотипів бактерій для їх подальшого використання як агентів PGPR.

Здобувачкою методологічно вірно проведено дослідження з використанням низки сучасних і класичних методів досліджень: польових, агрохімічних, морфологічних, фізіологічних, мікробіологічних, молекулярно-біологічних, екологічних і статистичних.

Наукова новизна результатів досліджень полягає у наступному: уперше показано, що застосування побічної продукції (3,0 т/га) + N₄₅P₄₂K₅₅ дає можливість оптимізувати мікробіологічні процеси в період активної вегетації ячменю ярого, що сприяє створенню умов для формування більш складної філотипової структури та високого рівня біорізноманіття прокариот чорнозему типового; на основі мультисубстратного тестування було визначено фізіологічне різноманіття асоціації ґрунтових мікроорганізмів; за допомогою філогенетичного аналізу нуклеотидної послідовності гена 16S rPHK з використанням набору GeneJet Genomic DNA Purification Kit (ThermoScientific); проведено визначення таксономічного положення домінантних мікроорганізмів ризосфери ячменю ярого (штами *Phyllobacterium ifriqiense* 1 та *Bacillus velezensis* 10); штами *P. ifriqiense* 1 та *B. velezensis* 10 вперше виділено саме з ризосфери ячменю ярого та доведено їх позитивний функціональний вплив на ріст, розвиток рослин і високий ступінь антагоністичної активності проти фітопатогенів.

Мета роботи досягнута, її результати відповідають завданням, сформульовані наукові положення належною мірою обґрунтовані та достатньо апробовані.

Висновки логічні та ґрунтуються на результатах особисто проведених здобувачкою досліджень, які проаналізовано та узагальнено, достовірність їх підтверджується наведеним в дисертації табличним, графічним, фотографічним матеріалом і результатами статистичної обробки даних.

Вищенаведене свідчить, що наукові положення, висновки та рекомендації дисертації достатньою мірою теоретично, методологічно та методично обґрунтовано.

Аналіз структури та змісту дисертації. Загальний обсяг дисертації становить 203 сторінки і складається з анотацій, вступу, огляду літератури, опису об'єктів, матеріалів та методів досліджень, результатів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів досліджень, обговорення результатів дослідження, висновків, пропозицій для виробництва, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 14 таблиць і 43 рисунки. Список використаних джерел налічує 308 найменувань.

У *вступі* авторкою обґрунтовано вибір теми дослідження, зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено мету, гіпотезу, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження; розкрито наукову новизну та окреслено практичне значення одержаних результатів, надано відомості щодо їх упровадження, кількості публікацій здобувачки, в яких відображено основні положення дисертації.

У першому розділі *«Формування структури та різноманіття мікробіоти в агроценозі ячменю ярого, її роль у ґрунтоутворенні»* здійснено аналіз наукових досліджень українських і зарубіжних авторів щодо ролі ризосфери у формуванні мікробного біому агрофітоценозу ґрунту. Акцентовано увагу на основні особливості рослинно-мікробних взаємодій, впливу агротехнічних заходів на структуру та функціонування мікробних ценозів ґрунту та значенні мікроорганізмів у регулюванні ґрунтово-мікробних процесів при створенні високопродуктивних агроєкосистем. У розділі визначено основні питання, які потребують подальшого вивчення та наведено висновки.

Другий розділ *«Об'єкти, матеріали та методи досліджень»* містить аналіз кліматичних умов проведення польового дослідження та схему стаціонарного експерименту. Детально розкрито методи польових, агрохімічних і мікробіологічних досліджень. Звернено увагу на особливості молекулярно-біологічного методу дослідження. Також окреслено методичку детермінованого факторного аналізу.

У третьому розділі *«Вплив різних варіантів удобрення на формування мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі ячменю ярого»* наведено результати вивчення особливостей кількісного формування різних фізіологічних груп мікроорганізмів у чорноземі типовому за різних варіантів удобрення. Розкрито формування якісного складу мікробного комплексу ґрунту в ризосфері ячменю ярого. Визначено спрямованість мікробних процесів чорнозему типового в агроценозі ячменю ярого. Авторкою також визначено екологічні індекси спрямованості мікробних процесів на основі біорізноманіття мікробного комплексу чорнозему типового.

За результатами аналізу чисельності мікроорганізмів різних фізіологічних груп чорнозему типового в агроценозі ячменю встановлено, що застосування системи із внесенням удобрення у вигляді побічної продукції (3,0 т/га) + N₄₅P₄₂K₅₅ сприяє формуванню відповідних трофічних зв'язків у структурі мікробного комплексу та збільшенню чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів, азотфіксаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, спороутворюючих, целюлозоруйнівних ґрунту у фазу цвітіння ячменю ярого. Водночас спостерігається зменшення чисельності мікроорганізмів оліготрофів і педотрофів у фазу воскової стиглості ячменю ярого.

Авторкою виявлено, що формування різноманіття мікробного комплексу, збільшення видового складу мікроорганізмів з незначною кількістю домінуючих форм до 11 % у фазу

цвітіння та до 9 % у фазу стиглості й більш рівномірним їх розподілом з високим ступенем різнонаправленості мікробних процесів обумовлено розкладом рослинних решток до більш легкозасвоюваних сполук. Загалом застосування комбінованого органо-мінерального удобрення дозволяє оптимізувати мікробні процеси, що супроводжують ріст і розвиток ячменю ярого у період його вегетації.

Крім того, здобувачкою проведено порівняльний аналіз екологічних індексів та доведено, що застосування удобрення побічною продукцією з меншою нормою мінерального добрива сприяє формуванню різноманіття бактеріального комплексу чорнозему типового в агроценозі ячменю ярого.

У четвертому розділі **«Оцінка метагеному прокариотного комплексу чорнозему за аграрного використання»** представлено результати дослідження сучасної метагеноміки у збереженні родючості ґрунту та впливу систем удобрення на формування метагеному ґрунтових прокариот. Так, за органо-мінеральної системи удобрення ґрунту формувалися більші показники біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів (в 3–5,7 рази порівняно з контролем). Системи удобрення ґрунту, значною мірою впливають на філотипове різноманіття ґрунтових мікроорганізмів із найскладнішою його будовою за використання побічної продукції рослинництва (3,0 т/га) + N₄₅P₄₂K₅₅.

П'ятий розділ **«Дослідження функціональних особливостей доміантних морфотипів ризосфери ячменю ярого»** містить експериментальні дані щодо визначення морфологічних, функціональних і біохімічних особливостей доміантних морфотипів ризосферних мікроорганізмів, значення молекулярної філогенетики як основи генетичної структури популяції екосистеми та визначення таксономічного положення доміантних ризосферних бактерій.

Здобувачкою виділено та ідентифіковано перспективні штами *Phyllobacterium ifriqiense* 1 та *Bacillus velezensis* 10, які можна інтродукувати у метагеном аборигенних формувань ґрунту. Вони є цінними агентами біопротекторної дії, індукції системної стійкості рослин проти патогенів.

У шостому розділі **«Дослідження антагоністичної активності доміантних бактерій, ізольованих із ризосфери ячменю ярого щодо фітопатогенних мікроміцетів»** наведено результати вивчення ризосферних бактерій *Bacillus velezensis* 10 та *Phyllobacterium ifriqiense* 1, які мають антагоністичну активність щодо збудників грибних хвороб рослин. Вони проявляли інгібуючий вплив на ріст і розвиток наступних мікроміцетів: *Fusarium sporotrichioides* Sherb, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. та *Nigrospora oryzae* (Berk. & Broome) Petch.

Сьомий розділ **«Оцінка біологічної та економічної ефективності перспективних доміантних морфотипів бактерій ризосфери ячменю ярого»** включає матеріали

щодо рiстстимулюючих ризосферних бактерiй як механiзмiв рiзних бiотичних процесiв екосистеми ґрунту, дослiдження ефективностi iнокуляцiї насiння ячменю ярого домiнантими морфотипами бактерiй ризосфери та економiчного обґрунтування вирощування ячменю ярого за рiзних систем обробiтку ґрунту.

Авторкою дисертацiї встановлено, що ключовими умовами для здорового росту i розвитку рослин вже на перших етапах вегетацiї є участь бiологiчної складової в ризосферi. Iнокуляцiя бактерiальними суспензiями *P. ifriqiense* 1 та *Bacillus velezensis* 10 стимулює морфологiчні показники рослин ячменю ярого та сприяє активiзацiї функцiй фотосинтетичного апарату рослин. Проведенi розрахунки засвiдчили, що вартiсть валової продукцiї була найвищою за використання рослинних решток (3,0 т/га) + N₄₅P₄₂K₅₅, що становила 44625 грн/га. Умовно чистий прибуток за цього варiанту був найбільшим та становив 32988 грн/га.

Висновки i рекомендацiї виробництву, наведенi в дисертацiї, вiдповiдають результатам дослiджень. У них чiтко пiдведено пiдсумки щодо особливостей формування кiлькiсної i якiсної структури мiкробного комплексу та спрямованостi мiкробних процесiв чорнозему типового для покращення родючостi ґрунту й пiдвищення продуктивностi рослин. Видiленi штами домiнуючих морфотипiв аборигенної мiкробiоти *P. ifriqiense* 1 та *B. velezensis* 10 є перспективними для бiотехнологiчної селекцiї агентiв бiопрепаратiв сiльськогосподарського призначення та отримання цiльових продуктiв мiкробного синтезу.

Значення одержаних результатiв для науки й практики та рекомендацiї щодо їх можливого використання полягає в тому, що отриманi данi стосовно формування ризосферного мiкробного бiому ячменю ярого за рiзних систем удобрення в чорноземi типовому мають практичне значення для аграрного виробництва, яке полягає у корегуваннi агротехнiчних заходiв пiд час вирощування культури. Зокрема – застосування удобрення ячменю ярого рослинними рештками попередника (3,0 т/га) та мiнеральним добривом у нормi + N₄₅P₄₂K₅₅.

Вилученi штами домiнуючих морфотипiв аборигенної мiкробiоти є перспективними для виробництва бiопрепаратiв сiльськогосподарського призначення.

Повнота викладення наукових положень, висновкiв i рекомендацiй у наукових публiкацiях, захищених за темою дисертацiї. Науковi положення та результати дослiдження викладено у 9 наукових працях здобувачки, з яких 2 статтi у перiодичних наукових виданнях, включених до категорiї «А» Перелiку наукових фахових видань України та/або у закордонних виданнях, проiндексованих у базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 4 статтi у наукових виданнях, включених до Перелiку наукових фахових видань України, 3 тези наукових доповiдей.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково-обґрунтованими висновками та рекомендаціями, які подано авторкою для публічного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела. У роботі відсутнє привласнення чужих ідей, результатів або слів без оформлення належного цитування. Таким чином, у дисертаційному дослідженні Мідії Кіроянц відсутні порушення академічної доброчесності.

Питання для дискусійного обговорення та недоліки дисертації щодо її змісту та оформлення. Даючи загальну високу оцінку дисертації Мідії Кіроянц, вважаю за доцільне виділити окремі дискусійні питання, зауваження та побажання:

1. У розділі 1 авторка зазначає: «Ще одним негативним наслідком впливу застосування високих доз мінеральних добрив на структуру мікробоценозу є погіршення фітосанітарного стану ґрунтів. В умовах застосування високих доз мінеральних добрив збільшується кількість фітопатогенних і токсинуотворюючих мікроміцетів». Однак дана теза не підкріплена посиланням на наукові джерела.

2. Було б доречно у розділі 2 охарактеризувати систему захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів.

3. Із назви таблиці 6.1 незрозуміло, на які мікроорганізми поширюється інгібуюча взаємодія домінантних бактерій ризосфери ячменю ярого?

4. Розділ 6, який розкриває результати дослідження антагоністичних властивостей домінантних морфотипів PGPR проти фітопатогенних мікроміцетів, доцільно було б об'єднати з розділом 5.

5. У розділі 7 здобувачці варто було б обґрунтувати найвищу урожайність ячменю ярого у варіанті «побічна продукція (3,0 т/га) + N₄₅P₄₂K₅₅», порівняно з варіантом дослідження «побічна продукція (3,0 т/га) + N₆₀P₅₀K₆₅».

6. Текст дисертації містить окремі орфографічні неточності на с. 25, 135, 141 і невдалі вирази: «різновиду Fusarium», «фузаріозний фітофтороз колоса», «високий врожай дають».

Загальний висновок. Вважаю, що дисертація Мідії Кіроянц на тему: «Формування ризосферного мікробного біому ячменю ярого за різних систем удобрення в чорноземі типовому» виконана із застосуванням сучасних методів досліджень, має сформовану наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, характеризується можливістю впровадження результатів наукового дослідження у виробництво. Зміст дисертації відповідає меті і поставленим завданням та повністю розкриває тему, за якою виконувалася робота. За змістом і оформленням дисертація відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 261 від 23 березня

2016 року (із змінами, внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 283 від 03 квітня 2019 року, № 502 від 19 травня 2023 року та № 507 від 03 травня 2024 року), наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства освіти і науки України № 759 від 31 травня 2019 року) і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (із змінами, внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 року, № 502 від 19 травня 2023 року та № 507 від 03 травня 2024 року), а її авторка Мідія Кіроянц заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство».

Рецензент професор кафедри фітопатології імені академіка В. Ф. Пересипкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор сільськогосподарських наук, професор Мирослав ПІКОВСЬКИЙ