

ВІДГУК

**офіційного опонента доктора сільськогосподарських наук, професора,
члена-кореспондента НААН Дем'янюк Олени Сергіївни
на дисертаційну роботу *Сасіної Тетяни Сергіївни*
«Біологічна модифікація мінеральних добрив як засіб підвищення їх
ефективності при вирощуванні картоплі», поданої на здобуття наукового
ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія,
галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство**

Актуальність теми наукового дослідження *Сасіної Тетяни Сергіївни* пов'язана з удосконаленням технологій вирощування сільськогосподарських культур шляхом підвищення ступеня засвоєння рослинами мінеральних добрив, зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище та підвищення рентабельності агровиробництва.

Для вітчизняного сільського господарства в умовах обмеження ресурсів та складної соціально-економічної ситуації вкрай необхідні ефективні технології вирощування сільськогосподарських культур, які б відповідали задекларованим у Європейському Зеленому Курсі та стратегії «Від ферми до виделки» скороченню використання мінеральних добрив на 20% до 2030 року, зберігаючи при цьому родючість ґрунтів та обсяги виробництва сільськогосподарської продукції.

Серед важливих завдань сучасної аграрної науки є створення нових інноваційних форм мінеральних добрив, зокрема біологічно модифікованих. Це новий напрям, який лише починає розвиватися у світі, та передбачає поєднання агрономічно цінних мікроорганізмів із мінеральними добривами через нанесення суспензій мікроорганізмів або їх ліофілізованих форм. Тому наукова робота Сасіної Т.С. безумовно є актуальною.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень і висновків. Дисертаційна робота Сасіної Т.С. виконана на належному науковому рівні за використання сучасних методів досліджень в агрономії, мікробіології, землеробстві, рослинництві. Науково обґрунтовані висновки і пропозиції виробництву мають теоретичну основу та підтверджено експериментальними дослідженнями. Достовірність отриманих результатів експериментів доведена їх статистичною обробкою з використанням відповідних програм.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідної роботи Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН у межах виконання ПНД НААН 08 «Оптимізація біологічних процесів в агроєкосистемах для забезпечення ефективного, екологічно збалансованого аграрного виробництва» («Сільськогосподарська мікробіологія»): 08.00.01.06 Пк «Біологічна модифікація мінеральних добрив як засіб підвищення їх ефективності» (№ ДР 0123U100363) та 08.00.01.01.Ф «Дослідження особливостей перебігу біологічних процесів трансформації

органічної речовини та сполук азоту в ґрунті за моделювання різних рівнів вуглецево-азотного співвідношення» (№ ДР 0121U108796).

Наукова новизна отриманих результатів. Здобувачкою *вперше* встановлено, що незалежно від виду мінеральних добрив (азотні, фосфорні, калійні, комплексні) їх гранули контаміновані бактеріями. Чисельність бактерій сягає десятків-сотень тисяч КУО/г добрив. У бактеріальних угрупованнях поверхні всіх видів добрив домінують представники *Bacillus amyloliquefaciens* (до 90–99%). На поверхні гранул виявлено також *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, *Micrococcus* sp. і *B. cereus*. Встановлено, що на гранулах мінеральних добрив відсутні мікроміцети.

З поверхні гранул добрив ізольовано бактеріальні штами, які володіють фосфатсолюбілізівною, рістстимулювальною, целюлозолітичною і антифунгальною властивостями. Отримано три бактеріальні штами (*B. amyloliquefaciens* B-22, *B. cereus* 3/7 та *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* 5/13) із високою ферментативною активністю.

Встановлено, що використання отриманих штамів, адаптованих до виживання в агресивному хімічному середовищі, для збагачення мінерального добрива азофоски, супроводжується тривалим виживанням клітин на гранулах.

Доведено, що застосування біологічно модифікованої азофоски за вирощування картоплі позитивно впливає на продукційний процес культури, сприяє суттєвому зростанню врожайності та покращенню якості бульб.

Практичне значення дисертаційної роботи. Результати наукового дослідження можуть бути основою для створення технологій отримання біологічно модифікованих добрив на заводах, в агрохолдингах та інших господарствах. Для господарств, що спеціалізуються на вирощуванні картоплі, рекомендується використання біологічно модифікованого мінерального добрива азофоска за участі *B. amyloliquefaciens* B-22 та *B. cereus* 3/7 для збільшення врожайності культури та покращення якості продукції.

Результати досліджень пройшли виробничу перевірку на полі відділу агропромислового виробництва Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (Чернігівська обл.) на площі 1,2 га (Акт від 02.09.2024 р., Додаток Е).

Стиль викладення результатів дисертаційного дослідження. Дисертація Сасіної Т.С. написана українською мовою, є логічно завершеним і структурованим дослідженням. Складається з анотації, вступу, 8 розділів, висновків, пропозицій виробництву, додатків. Робота містить 51 таблицю та ілюстрована 9 рисунками. Робота викладена на 158 сторінках друкованого тексту. Список використаних джерел налічує 330 джерел, з них латиницею 204.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Результати дослідження відображено у 10 друкованих працях, з-поміж яких 4 статті у

наукових фахових виданнях України категорії «Б», 6 – тези доповідей на наукових конференціях.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом наукових досліджень здобувачки протягом 2021–2025 рр., якою проаналізовано наукову літературу, узагальнено експериментальні дані, проведено їх статистичну обробку та порівняльний аналіз із літературними даними. Планування роботи, формулювання основних положень і висновків дисертації проведено за безпосередньої участі керівника роботи, доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН В.В. Волкогона. Частка участі здобувачки у спільних публікаціях становить 70–80 %.

Загальний аналіз розділів дисертаційної роботи

У вступній частині дисертаційної роботи окреслено наукову проблему, обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету і завдання досліджень, наукову і практичну новизну одержаних результатів, задекларовано особистий внесок здобувачки. Подано відомості про апробацію матеріалів дисертації на наукових конференціях, наведено перелік публікацій, структуру і обсяг дисертації.

У Розділі 1 (С. 29–79) проаналізовано праці вітчизняних та зарубіжних учених щодо значення мінеральних добрив у забезпеченні культурних рослин поживними речовинами, способів підвищення ефективності мінеральних добрив. Особливу увагу приділено впливу біологічних чинників у забезпеченні ефективності мінеральних добрив. Проаналізовано наукові роботи щодо можливостей та перспективи поєднання мінеральних добрив з агрономічно цінними мікроорганізмами.

Розділ 2 «Об’єкти та методи досліджень» (С. 80–97). Дослідження проведено впродовж 2021–2025 рр. у лабораторії ґрунтової мікробіології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН та за умов вегетаційного, дрібно ділянкових та виробничого дослідів на дерново-підзолистому ґрунті Чернігівського Полісся.

Здобувачкою детально описано мікробіологічні методи, методи досліджень рослин картоплі, особливості проведення вегетаційних, польових дрібноділянкових та виробничого дослідів.

Загалом наведені матеріали, методи та умови досліджень відповідають поставленій меті і завданням дисертаційної роботи.

У Розділі 3 «ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБРИВ, ЗБАГАЧЕНИХ КОЛЕКЦІЙНИМИ ШТАМАМИ МІКРООРГАНІЗМІВ» (С. 98–107) наведено результати польових дослідів 2020–2022 рр. урожайності картоплі сорту Беллароза за застосування мінеральних добрив $N_{80}P_{80}K_{80}$ із

збагаченням корисними штамами *T. harzianum* PD3, *Bacillus* sp. B-22, *B. vallismortis* 44, *B. cereus* CB1. Встановлено, що в перший рік досліджень (2020 р.) ефективність мінерального добрива за обробки гранул *B. vallismortis* 44 і *B. cereus* CB1 не забезпечило позитивного ефекту і врожайність картоплі була нижчою за контроль. Серед інших досліджуваних штамів застосування *T. harzianum* PD3 для збагачення гранул мінерального добрива хоча і сприяло зростанню урожайності картоплі, проте штам не виживає в агресивному хімічному середовищі. Натомість збагачення азофоски *Bacillus* sp. B-22 демонструє високий ступінь зберігання клітин на гранулах.

Частково результати за Розділом 1 викладено у висновку № 1.

У Розділі 4 «МІКРООРГАНІЗМИ НА ГРАНУЛАХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ» (С. 108–116) наведено результати мікробіологічних досліджень поверхні гранул різних мінеральних добрив та встановлено відсутність мікроміцетів, а наявні бактерії на 78,6–97,9% відносяться до одного морфотипу. З поверхні гранул мінеральних добрив виділено 112 ізолятів бактерій. Здійснено ідентифікацію представників чотирьох морфотипів ізолятів бактерій. Виявлено такі бактерії: *B. amyloliquefaciens*, *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, *Micrococcus* sp., *B. cereus*.

Узагальнені результати викладено у висновках № 2–3.

У Розділі 5 «ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІЗОЛЯТІВ, ВИДІЛЕНИХ З ПОВЕРХНІ ГРАНУЛ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ» (С. 117–147) наведено результати визначення основних властивостей виділених ізолятів. Встановлено, що жоден ізолят не мав азотфіксувальні властивості, 84,8% ізолятів – виявляли целюлозоруйнівні, 25% ізолятів – фосфатмобілізівні, 20% – рістстимуляторні властивості. За результатами досліджень відібрано та ідентифіковано три штами, які віднесено до видів: *B. amyloliquefaciens*, *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* та *B. cereus*. Встановлено, що досліджувані штами бактерій *B. amyloliquefaciens* B-22, *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* 5/13 та *B. cereus* 3/7 проявляють фунгістатичну дію до фітопатогенних мікроорганізмів. Визначено, що штами *B. amyloliquefaciens* B-22 та *B. cereus* 3/7 є непатогенними, їх депоновано в Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Перевірено збереженість штамів *B. amyloliquefaciens* B-22^{Rif}, *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* 5/13^{Rif} та *B. cereus* 3/7^{Rif} на гранулах мінеральних добрив та встановлено, що вихідне забезпечення гранул азофоски бактеріями у кількості не менше 200 тис./г є достатнім для збагачення і тривалого зберігання мікроорганізмів на гранулах.

Узагальнені результати викладено у висновках № 4–5.

У Розділі 6 «ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЧНО ЗБАГАЧЕНОЇ АЗОФОСКИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ» (С. 148–190) наведено результати польового дрібно ділянкового дослід (2023, 2024 рр.) із визначення чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері картоплі, впливу біологічно модифікованих добрив на ріст і розвиток рослин картоплі та врожайність. Показано, що за внесення збагачених мікроорганізмами добрив відбуваються зміни чисельності досліджуваних груп мікроорганізмів. Зокрема виявлено підвищення активності розвитку фосфатсолубілізівних мікроорганізмів, що вплинуло на рухомість фосфатів у ризосфері картоплі. В умовах вегетаційного дослід з'ясовано вплив вологості ґрунту вологою (40% і 60% ПВ) на чисельність мікроорганізмів у ризосфері. Також здобувачкою детально проаналізовано вплив біологічно модифікованої азофоски на розвиток рослин картоплі впродовж вегетації, урожайність та якість урожаю.

Найбільший приріст урожайності картоплі сорту Беллароза отримано за використання азофоски, збагаченої *B. cereus* 3/7 – 30,1–39,4%. За збагачення добрива штамом *B. amyloliquefaciens* В-22 урожайність зростала на 24,7–29,2%. Найменший показник приросту врожайності культури отримано за збагачення добрива *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* 5/13. Позитивний вплив біологічно модифікованої азофоски (за використання *B. amyloliquefaciens* В-22) на врожайність картоплі (зростання на 17,5%) підтверджено у виробничому досліді.

Узагальнені результати викладено у висновках № 6–9.

Результати Розділу 7 «ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЗБАГАЧЕНОЇ МІКРООРГАНІЗМАМИ АЗОФОСКИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ» (С. 191–199) засвідчили економічну доцільність застосування біологічно модифікованої азофоски за вирощування картоплі. Зокрема, за застосування варіантів біологічно модифікованого добрива штамми *B. amyloliquefaciens* В-22 і *B. cereus* 3/7 прибуток з 1 га зростає на 56–71% за окупності додаткових витрат 9,50–10,35 грн/грн. Водночас додатково отримана енергія збільшується на 60,3–77,1 МДж/га.

Узагальнені результати викладено у висновку № 10.

У Розділі 8 «УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ» (С. 200–210) проведено узагальнення результатів польових дослідів та більш глибока їх оцінка, наведено коефіцієнти кореляції між досліджуваними показниками для підтвердження сформульованих висновків.

Закінчується дисертація висновками (С. 211–213) і пропозиціями виробництву (с. 214) – логічне завершення наукової роботи. Десять висновків повною мірою у стислій формі відображають результати наукових

досліджень. Висновки обґрунтовані, направлені на вирішення завдання щодо можливості біологічної модифікації мінеральних добрив за використання агрономічно корисних бактерій. Вперше досліджено ступінь контамінації добрив мікроорганізмами та потенційне використання бактеріальних штамів, ізольованих з поверхні гранул туків, з властивостями рістстимулювання, фосфатсолубілізації та фунгістатичної дії, для збагачення азофоски. У **пропозиції виробництву** запропоновано використання біологічно модифікованого (за участі *B. amyloliquefaciens* B-22 та *B. cereus* 3/7) мінерального добрива азофоска для збільшення врожайності картоплі та покращення якості бульб.

Дисертаційна робота добре структурована та ілюстрована, висновки здобувачки базуються на отриманих експериментальних даних. Водночас, під час ознайомлення з результатами роботи Сасіної Т.С. виникли **зауваження, побажання та дискусійні питання:**

1. Розділ 1 не має назви. Також, варто було б скоротити підрозділ 1.1, присвячений впливу елементів мінерального живлення на формування врожайності сільськогосподарських культур, натомість розширити інформацію щодо шляхів підвищення ефективності мінеральних добрив.

2. У Розділ 2 або Додатках варто було надати інформацію про етичні норми поведінки з піддослідними тваринами при визначенні патогенності штамів.

3. Назва Розділу 3 різниться у змісті та в дисертації.

4. Потребує роз'яснення, чому серед багатьох видів добрив для досліджень було обрано азофоску.

5. Виникає запитання: висока ефективність модифікованого мінерального добрива пояснюється його локальним застосуванням, чи набутими властивостями?

6. Доволі громіздкою є табл. 5.3, яка займає майже три сторінки (С. 121-124). Доречніше було навести її в Додатках.

7. У розділі 6 автор наводить негативні результати від поєднання бактерій і крохмалю для збагачення добрива, проте не наводить причини цього ефекту.

8. У таблицях Розділу 6 по різному прописано варіанти дослідів і контроль (наприклад, $N_{80}P_{80}K_{80}$, контроль; Добриво без збагачення мікроорганізмами, контроль).

9. Не обґрунтованим є висновок №2 до Розділу 6 (С. 186) щодо «... Вміст P_2O_5 зменшується в ризосферному ґрунті окремих дослідних варіантів, що свідчить про інтенсивніше засвоєння фосфору рослинами за цих умов», оскільки здобувачкою не наведено вміст P_2O_5 у рослинах.

10. Хоча в останньому розділі розкрито механізми впливу модифікованої азофоски на продукційний процес картоплі, які залежать від бактеріального штаму, здобувачка чомусь не винесла це в наукову новизну.

11. У Розділі 8 варто було зазначити про перспективи використання біологічно модифікованих добрив у технологіях вирощування інших, крім картоплі, сільськогосподарських культур.

Виявлені зауваження та неточності не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи. Зазначені недоліки, на які потрібно звернути увагу, можуть слугувати підґрунтям для наукової дискусії, подальших досліджень та їх поглиблення.

Висновок про дисертаційну роботу. Вважаю, що дисертаційна робота *Сасіної Тетяни Сергіївни* на тему «Біологічна модифікація мінеральних добрив як засіб підвищення їх ефективності при вирощуванні картоплі» виконана на належному науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має значення для галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6-9 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 від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами). Здобувачка *Сасіна Тетяна Сергіївна* заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія.

Офіційний опонент:

**доктор сільськогосподарських наук,
професор, член-кореспондент НААН,
заступник директора з наукової роботи
Інституту агроекології і
природокористування НААН**

Олена ДЕМ'ЯНЮК

Людмила Р. Дем'янюк
В. секр. ІАП НААН  *Людмила Р. Дем'янюк*
Людмила Р. Дем'янюк