

До разової спеціалізованої вченої ради PhD 9453
Тернопільського національного педагогічного
університету імені Володимира Гнатюка
(46027, м. Тернопіль, вул. Максима Кривоноса, 2)

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Черніка Ігоря Валерійовича на тему «Фізіологічні основи продуктивності нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі 09 Біологія за спеціальністю 091 Біологія

Для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату особливої актуальності набуває впровадження екологічно безпечних технологій. Нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) є цінною зернобобовою культурою, яка завдяки своїй посухостійкості та здатності до симбіотичної азотфіксації може відігравати важливу роль у диверсифікації рослинництва та покращенні родючості ґрунтів. Використання мікробних препаратів для передпосівної обробки насіння є перспективним напрямком підвищення реалізації генетичного потенціалу продуктивності цієї культури.

Мікробні препарати на основі ефективних штамів бульбочкових бактерій та інших корисних мікроорганізмів здатні покращувати азотне живлення, стимулювати ростові процеси, підвищувати стійкість рослин до стресових факторів та, як наслідок, забезпечувати вищу продуктивність. Однак, інформація щодо впливу конкретних мікробних препаратів на фізіолого-біохімічні процеси, формування симбіотичних систем та продуктивність різних сортів нуту в умовах Західного Лісостепу України залишається недостатньо вивченою. Саме цим питанням присвячена дисертаційна робота Черніка Ігоря Валерійовича.

Зважаючи на все сказане, актуальність дисертації полягає в оцінці впливу передпосівної обробки насіння нуту звичайного бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 (БС) та комплексним мікробним препаратом Ризогумін на формування та функціонування симбіотичних систем, параметри ростових процесів, накопичення фотосинтетичних пігментів, показники водообміну, насінневу продуктивність та якість зерна в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що автором вперше в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) досліджено ефективність обробки насіння нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 та комплексним мікробним препаратом Ризогумін за параметрами формування бульбочок та їх азотфіксувальною активністю. Встановлено позитивний вплив препаратів на ростові процеси, накопичення фотосинтетичних пігментів, показники водного обміну (вміст води, водний дефіцит, водоутримувальна здатність), структуру урожаю та якість зерна. Поглиблено відомості про сортову специфічність реакції нуту на інокуляцію мікробними препаратами.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження можуть бути використані для розробки елементів екологічно безпечних технологій вирощування нуту звичайного в умовах Західного Лісостепу України, що сприятиме підвищенню його урожайності та якості зерна, а також зниженню хімічного навантаження на агроєкосистеми. Отримані дані використовуються в освітньому процесі при викладанні відповідних дисциплін на хіміко-біологічному факультеті ТНПУ, ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» та Західноукраїнському національному університеті.

Дисертація Черніка І.В. викладена на 208 сторінках машинописного тексту, в т. ч. 141 – основного тексту, включаючи 66 таблиць і 3 рисунки. Вона складається з україномовної та англійської анотацій, вступу, шести розділів, узагальнення результатів дослідження, висновків, списку використаних джерел наукової літератури, що нараховує 319 найменувань, з них 157 латиницею.

В огляді наукової літератури (розділ 1) дисертант надає всебічний огляд вирощування нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.), зосереджуючись на

його потенціалі як посухостійкої культури в умовах Західного Лісостепу України в контексті зміни кліматичних умов. У першій частині розділу нут представлено як перспективну культуру для зазначеного регіону, підкреслено його посухо- та жаростійкість, а також здатність до фіксації атмосферного азоту через симбіотичні відносини з ризобактеріями. Акцентується на зростаючому світовому значенні нуту, його харчовій цінності та різноманітних напрямках використання в харчовій промисловості, кормовиробництві та медицині.

Подальші підрозділи огляду заглиблюються у фізіологічні процеси бобових, зокрема нуту, під впливом мікробних препаратів. Обговорюється формування корневих бульбочок, процес азотфіксації та вплив різноманітних факторів середовища на ці процеси, як бактеріальні препарати впливають на фотосинтез, водний режим та загальну продуктивність рослин. На основі аналізу літературних джерел підкреслюється позитивний ефект інокуляції специфічними штамми *Mesorhizobium ciceri* на ріст, нодуляцію та азотфіксацію нуту.

Одним з ключових аспектів, висвітлених в огляді, є потенціал нуту як адаптивної культури в умовах зміни клімату, особливо в регіонах, що зазнають підвищення температур та зменшення кількості опадів. Обґрунтовується, що вирощування нуту може бути стійким рішенням для підтримки продовольчої безпеки, водночас покращуючи родючість ґрунту через біологічну фіксацію азоту. Дисертант також наголошує на важливості вибору відповідних мікробних препаратів та методів їх застосування для оптимізації продуктивності та якості нуту. В огляді підкреслюється необхідність подальших досліджень впливу бактеріальних препаратів на фізіологію та урожайність нуту в різних ґрунтово-кліматичних умовах України, особливо в регіоні Західного Лісостепу, де нут не є традиційною культурою. Логічно обґрунтовано актуальність та завдання дослідження.

Розділ «Умови, матеріали та методи дослідження» (розділ 2) надає детальний опис умов, матеріалів та методів, використаних у дослідженні. Польові дослідження проводилися протягом 2022-2024 років на важкосуглинистому чорноземі типовому агробіологічної лабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира

Гнатюка. Дисертант ретельно характеризує ґрунтово-кліматичні умови проведення експериментів, включаючи агрохімічні показники ґрунту (кислотність, вміст гумусу, основних елементів живлення, мікроелементів), а також кліматичні показники регіону (температура повітря, кількість опадів, відносна вологість повітря) впродовж періоду досліджень, що дозволяє оцінити їх вплив на ріст та розвиток рослин нуту.

Матеріалом дослідження слугували чотири сорти нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) – Пам'ять, Скарб, Буджак та Ярина, їх біоморфологічні особливості наведені в роботі. Для обробки насіння використовували бактеріальну суспензію селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та комплексний мікробний препарат Ризогумін, склад та спосіб застосування яких також описані. Схема польових дослідів представлена чітко, з описом варіантів, повторності та облікової площі.

У роботі детально описані методи дослідження, які включають визначення параметрів росту рослин, вмісту фотосинтетичних пігментів (спектрофотометрично), показників формування та функціонування симбіотичних систем (кількість та маса бульбочок), параметрів водообміну листків (загальний вміст води, водний дефіцит, водоутримувальна здатність), а також методи визначення насінневої продуктивності, структури урожаю та якісного складу насіння (вміст білка, олії, золи). Особлива увага приділяється методам дослідження азотфіксувальної активності (АФА) нутово-ризобіальних систем, які проводилися за допомогою ацетилен-редуктазного методу з використанням газового хроматографа, що підкреслює високий науковий рівень проведеного дослідження.

Цікавим аспектом методологічної частини цього дослідження є комплексний підхід до вивчення впливу мікробних препаратів на ріст та розвиток нуту звичайного. Дисертант демонструє, як поєднання агрохімічних, фізіологічних та мікробіологічних методів дозволяє отримати всебічну картину взаємодії рослин з мікроорганізмами та їх впливу на продуктивність культури. Автором застосовані перевірені класичні та сучасні методи досліджень з відповідною статистичною обробкою даних, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

Експериментальні результати та їх обговорення подані в розділах 3, 4, 5 та 6.

Третій розділ «Особливості формування і функціонування симбіотичних систем нуту звичайного за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами» присвячений дослідженню впливу бактеріальної суспензії (*Mesorhizobium ciceri* штам ND-64, БС) та комплексного мікробного препарату Ризогумін на нодуляцію та азотфіксувальну активність чотирьох сортів нуту (Буджак, Пам'ять, Скарб, Ярина) в умовах Західного Лісостепу України.

У підрозділі 3.1 «Формування бульбочок на коренях нуту звичайного за впливу мікробних препаратів» показано, що обробка насіння обома мікробними препаратами значно стимулювала нодуляційні процеси у рослин нуту, призводячи до формування ефективних азотфіксувальних симбіотичних систем. Порівняно з контрольними рослинами (спонтанна інокуляція), оброблені рослини у фазах бутонізації, цвітіння та формування бобів утворювали в середньому на 25,8-65,8%, 9,8-92,2% та 16,7-72,2% більше бульбочок із вищою на 13,9-39,8%, 19,0-67,5% та 16,3-105,0% сухою масою відповідно. Дисертант детально аналізує динаміку цих показників для кожного сорту, виявляючи сортові відмінності у реакції на інокуляцію. Наприклад, сорт Скарб за впливу Ризогуміну формував найбільшу кількість бульбочок у фазі бутонізації (27,27 шт./рослину проти 16,45 у контролі), що свідчить про його високу чутливість до даного препарату.

У підрозділі 3.2 «Інтенсивність фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами *Cicer arietinum* – *Mesorhizobium ciceri* за інокуляції мікробними препаратами» встановлено, що азотфіксувальна активність (АФА) бульбочок була вищою за впливу досліджуваних препаратів. Дослідження виявило декілька важливих аспектів: підтверджено наявність сортоспецифічної реакції на штами *M. ciceri* в мікробних препаратах, причому сорт Буджак стабільно демонстрував найвищу азотфіксувальну активність за всіх варіантів обробки та у всіх фазах росту. Крім того, продемонстровано, що ефективність мікробних препаратів варіювала між сортами нуту: одні сорти краще реагували на БС, інші – на Ризогумін. Також встановлено, що найвища азотфіксувальна активність для всіх сортів спостерігалася у фазі масового цвітіння. Ці результати підкреслюють важливість вибору відповідних мікробних препаратів

для конкретних сортів нуту з метою оптимізації формування та функціонування симбіотичних систем в умовах Західного Лісостепу України.

Четвертий розділ «Ростові процеси та накопичення фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* за впливу бактеріальних препаратів» присвячений дослідженню впливу передпосівної обробки насіння бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 (БС) та комплексним мікробним препаратом Ризогумін на параметри росту та вміст фотосинтетичних пігментів у чотирьох сортів нуту (Буджак, Пам'ять, Скарб, Ярина) в умовах Західного Лісостепу України.

У підрозділі 4.1 «Ефективність застосування мікробних препаратів за параметрами росту нуту звичайного» дисертант демонструє позитивний вплив препаратів на ключові морфометричні показники. Було встановлено, що передпосівна обробка насіння бактеріальними препаратами суттєво впливала на процеси росту стебла, сприяла формуванню 2-3 стеблових кущів з пагонами першого порядку та посилювала облистяність рослин. Висота досліджуваних сортів в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу була вищою порівняно з показниками установи-оригінатора. Бактеріальні препарати також сприяли формуванню більшої сирової маси надземних органів нуту впродовж онтогенезу. Наприклад, у сорту Пам'ять за впливу Ризогуміну висота у фазі стиглого бобу сягала 107,2 см проти 99,9 см у контролі.

У підрозділі 4.2 «Вплив передпосівної обробки насіння мікробними препаратами на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного» показано, що вміст зелених пігментів у листках сортів нуту залежав від передпосівної обробки насіння, періоду індивідуального розвитку та сортових особливостей рослин. Препарати сприяли інтенсивнішому накопиченню хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів. Наприклад, у сорту Буджак у фазі зеленого бобу вміст хлорофілу *a* за дії Ризогуміну становив 1,87 мг/г проти 1,73 мг/г у контролі.

Виявлено диференційований вплив бактеріальних препаратів на різні сорти нуту. Зокрема, Ризогумін мав більш значний вплив на підвищення вмісту зелених пігментів у листках сорту Буджак, тоді як БС була ефективнішою у накопиченні пігментів у листках сортів Пам'ять, Скарб та Ярина. Крім того, дослідження виявило, що бактеріальні препарати мали більш суттєвий вплив на

біосинтез хлорофілу *a* порівняно з хлорофілом *b* впродовж онтогенезу рослин. Ці результати свідчать, що застосування мікробних препаратів на основі *M. ciceri* є перспективним елементом технології вирощування нуту, що посилює ростові процеси та вміст фотосинтетичних пігментів.

У підрозділі 4.3 «Показники співвідношення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного за інокуляції мікробними препаратами» аналізуються важливі діагностичні співвідношення хлорофілів *a/b* та суми хлорофілів (*a+b*) до каротиноїдів, що вказує на адаптаційні зміни фотосинтетичного апарату під дією препаратів. Виявлено, що мікробні препарати впливали на ці співвідношення, що свідчить про оптимізацію роботи пігментних систем та їх кращу адаптацію до умов середовища.

П'ятий розділ «Параметри водообміну нуту звичайного за інокуляції насіння мікробними препаратами» присвячений дослідженню впливу передпосівної обробки насіння мікробними препаратами БС та Ризогумін на загальний вміст води, водний дефіцит та водоутримувальну здатність листків чотирьох сортів нуту (Буджак, Скарб, Пам'ять, Ярина) впродовж різних фаз онтогенезу (5-7 листків, цвітіння-початок формування бобів, зелений біб).

У підрозділах 5.1, 5.2 та 5.3 дисертант представляє детальні дані щодо впливу препаратів на зазначені параметри водообміну для кожного сорту та у кожній фазі росту. Результати досліджень вказують на те, що мікробні препарати загалом сприяють підвищенню загального вмісту води в листках нуту, причому цей ефект є більш вираженим у генеративні фази розвитку рослин. Наприклад, інокуляція БС часто підвищувала цей показник, зокрема, у сорту Скарб у фазі цвітіння – до 79,36% проти 76,73% у контролі. Дослідження також показує, що ці препарати значно знижують водний дефіцит у листках, особливо у фазах цвітіння-початку формування бобів та зеленого бобу (наприклад, у сорту Буджак у фазі зеленого бобу водний дефіцит за дії Ризогуміну становив 11,06% проти 15,75% у контролі). Крім того, встановлено, що мікробні препарати підвищують водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми листків, зменшуючи втрати води під час в'янення.

Робота демонструє, що нут, завдяки своїй високій посухо- та жаростійкості, є перспективною бобовою культурою для Західного Лісостепу України в умовах мінливих кліматичних умов. Використання мікробних

препаратів для передпосівної обробки насіння розглядається як важливий елемент технології вирощування, що позитивно впливає на процеси водообміну рослин. Отримані результати можуть сприяти розробці більш стійких та продуктивних сортів нуту, потенційно допомагаючи адаптації сільського господарства регіону до змін клімату. Показано, що обробка насіння мікробними препаратами сприяла оптимізації водного режиму рослин, підвищуючи їх стійкість, особливо в умовах недостатнього зволоження.

Шостий розділ «Насіннєва продуктивність та якість зерна нуту звичайного за впливу мікробних препаратів» логічно завершує експериментальну частину, демонструючи інтегральний ефект досліджуваних препаратів на кінцеві показники. Дисертант досліджує вплив бактеріальної суспензії (БС) та Ризогуміну на різні аспекти продуктивності чотирьох сортів нуту (Буджак, Скарб, Пам'ять, Ярина) в умовах Західного Лісостепу України, включаючи кількість бобів на рослині, масу 1000 насінин, урожайність, а також параметри якості зерна, такі як вміст сирого протеїну, жиру та золи.

Результати показують, що застосування мікробних препаратів значно покращило ці характеристики для всіх досліджуваних сортів. Наприклад, використання БС та Ризогуміну збільшило кількість бобів на рослині в середньому на 12,0–30,7% та 10,5–29,1% відповідно, порівняно з контрольною групою. Обробка також підвищила масу 1000 насінин на 3,4–10,4% (БС) та 7,0–8,5% (Ризогумін), залежно від сорту. Застосування БС та Ризогуміну сприяло достовірному підвищенню урожайності всіх досліджуваних сортів нуту (приріст становив 24,5–33,1%, зокрема, у сорту Ярина приріст від БС становив 30,9%, від Ризогуміну – 28,3%). Окрім кількісних змін, відзначено і покращення якісних показників зерна: вмісту білка, олії, золи. Наприклад, у сорту Ярина вміст сирого протеїну зріс з 18,35% (контроль) до 19,86% (БС) та 19,57% (Ризогумін).

Дослідження виявило декілька цікавих аспектів. По-перше, ефективність мікробних препаратів варіювала між сортами нуту, що вказує на важливість підбору відповідних інокулянтів для конкретних культиварів. По-друге, дослідження демонструє потенціал мікробних препаратів для значного покращення продуктивності та якості нуту в регіоні Західного Лісостепу України – території, де вирощування нуту не є традиційно поширеним. Це

свідчить про те, що за належних агрономічних заходів, включаючи використання мікробних інокулянтів, нут може стати важливою культурою в регіоні, особливо в контексті зміни клімату. Нарешті, дослідження підкреслює складну взаємодію між біологічними особливостями сортів, умовами навколишнього середовища та мікробним симбіозом у визначенні продуктивності культури, наголошуючи на необхідності комплексних підходів в сільськогосподарських дослідженнях та практиці.

У розділі «Аналіз і узагальнення результатів» дисертант системно підсумовує отримані експериментальні дані щодо підвищення насіннєвої продуктивності нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) в умовах Західного Лісостепу України.

Узагальнення результатів висвітлює декілька цікавих аспектів. По-перше, продемонстровано важливість вибору відповідних сортів нуту та використання ефективних штамів ризобій для максимального розкриття генетичного потенціалу азотфіксації. По-друге, показано, що комплексний мікробний препарат Ризогумін, який містить додаткові біологічно активні речовини та мікроелементи, часто мав більш виражений вплив на різні фізіологічні параметри порівняно з власне бактеріальною суспензією. Зрештою, підкреслюється потенціал вирощування нуту з використанням бактеріальних препаратів як сталого підходу для вирішення проблеми дефіциту білка та сприяння екологічному землеробству в контексті зміни клімату. Дисертантом запропоновано комплексну схему, що ілюструє взаємозв'язки між різними фізіологічними процесами, які сприяють насіннєвій продуктивності нуту, пропонуючи цілісне розуміння біології культури та її реакції на мікробну інокуляцію.

Одержані дисертантом дані ґрунтовно проаналізовані, обговорені, пов'язані з літературними повідомленнями. Висновки дисертації повністю обґрунтовані експериментальними даними. Заслуговує на увагу опрацювання значної кількості наукової літератури, яка безпосередньо стосується досліджуваної теми. Це свідчить про високу обізнаність, скрупульозність та наукову відповідальність автора.

Разом з тим, до роботи можна висловити окремі зауваження та запитання:

1. Дисертант вказує на наявність місцевої популяції бульбочкових бактерій. Чи проводився аналіз складу цієї популяції та її конкурентоспроможності відносно інтродукованих штамів, особливо в контексті формування симбіозу контрольними рослинами?
2. У розділі 6 наведено дані щодо підвищення урожайності. Чи розраховувалась економічна ефективність застосування досліджуваних препаратів в умовах Західного Лісостепу, що є важливим для практичних рекомендацій?
3. На сторінці 73 (Розділ 3.1) зазначено: «Варто зазначити, що в ґрунті дослідних ділянок наявна щільна популяція місцевих бульбочкових бактерій нуту, яка спонтанно інокулювала корені рослин контрольного варіанту». Однак, у Вступі (с. 24) та інших частинах роботи (с. 42) стверджується, що у ґрунтах регіону майже немає аборигенних бульбочкових бактерій нуту, або їх популяція нещільна. Прохання уточнити цей момент.
4. У дисертації багаторазово наголошується на статистичній вірогідності отриманих результатів, зокрема, шляхом використання позначок при $P \leq 0,05$. Однак, у розділі «Матеріали та методи дослідження» зазначено лише, що «Обробка статистичних даних здійснювалась за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel». Для повноцінного розуміння обґрунтованості висновків було б доцільно детальніше описати застосовані методи статистичного аналізу, зокрема, які саме критерії використовувалися для оцінки вірогідності відмінностей між варіантами досліду.

Вищезгадані зауваження і побажання не зменшують цінність дисертаційної роботи, а лише дають змогу провести цікаву наукову дискусію із зазначеного напрямку дослідження.

Апробація роботи. За матеріалами дисертації опубліковано 14 праць, у тому числі 1 стаття у наукових періодичних виданнях інших держав, 5 статей у

наукових фахових виданнях України категорії Б, 7 тез доповідей на наукових конференціях, 1 тези на з'їзді.

Анотація у повній мірі відображає зміст роботи. Вона не містить тверджень чи ідей, які не наведені в основному тексті дисертації.

Праця написана змістовно, науковою мовою, а науково-обґрунтовані дані досліджень викладені логічно та послідовно.

На основі всього вище переліченого вважаю, що дисертаційна робота Черніка Ігоря Валерійовича на тему «Фізіологічні основи продуктивності нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. №44 та сучасним вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія».

Рецензент:

кандидат біологічних наук,
доцент кафедри загальної біології
та методики навчання природничих дисциплін
Тернопільського національного педагогічного
університету імені Володимира Гнатюка

Андрій ГЕРЦ

