

<https://doi.org/10.15407/frg2024.01.027>

УДК 581.1:579.6 + 631.5:632.4 + 635.658

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЧЕВИЦІ ХАРЧОВОЇ (*LENS CULINARIS* MEDİK.) ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ І ФУНГІЦИДІВ

В.О. КОЗАК, С.В. ПИДА

Тернопільський національний педагогічний університет імені В. Гнатюка
46027 Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2
e-mail: spyda@ukr.net

Наведено аналіз літературних даних стосовно чинників, які впливають на формування зернової продуктивності сочевиці харчової (*Lens culinaris* Medik.). Показано, що обов'язковим елементом технології вирощування культури, який поліпшує утворення та функціонування симбіотичних систем на коренях, посилює азотний обмін, інтенсивність ростових і фотосинтетичних процесів, урожай, його структуру, якість зерна, резистентність рослин до фітопатогенів, є передпосівна обробка насіння мікробіологічними препаратами на основі активних штамів бульбочкових бактерій. Активність функціонування бобово-ризобіальних систем і продуктивність сочевиці харчової залежать також від генотипу мікросимбіонта, мінерального живлення макросимбіонта та ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Завдяки біологічній азотфіксації сочевиця харчова сприяє накопиченню вмісту азоту в ґрунті. Встановлено високу ефективність застосування консорціуму *Rhizobium* і ризобактерій, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* і регуляторів росту рослин за показниками врожайності культури. Збудники хвороб негативно впливають на зернову продуктивність сочевиці харчової. Найпоширенішими і шкодочинними є грибні хвороби сочевиці: фузаріозне в'янення, аскохітоз, антракноз, стемфіліоз. Ефективним способом боротьби з грибними захворюваннями сочевиці харчової і засобом підвищення продуктивності культури є використання хімічних фунгіцидів, сумісних із бульбочковими бактеріями сочевиці. Показано, що характер впливу фунгіцидів визначається хімічною будовою речовини, концентрацією, способом застосування, терміном і нормами їх внесення.

Ключові слова: *Lens culinaris* Medik., *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, продуктивність, біологічна азотфіксація, інокуляція, хвороби, фунгіциди.

Важливою складовою агрофітоценозів є зернобобові культури, які не мають аналогів за складом і кількістю білка з одиниці площі посіву. Підвищений рівень збалансованості отриманих із них продуктів харчування за вмістом незамінних амінокислот, вітамінів, фолієвої кислоти та інших біологічно активних речовин характеризують культури цієї групи як обов'язкові у формуванні продовольчої безпеки регіону їх культивування [1, 2], особливо в умовах світової продовольчої кризи, зумовленої військовою агресією росії.

Цитування: Козак В.О., Пида С.В. Продуктивність сочевиці харчової (*Lens culinaris* Medik.) за впливу мікробних препаратів і фунгіцидів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. 56, № 1. С. 27–42. <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.027>

Останнім часом посилюється роль зернобобових як агентів, що поліпшують якість ґрунту. Завдяки процесу біологічної азотфіксації зернобобові накопичують у ґрунті 80—150 кг/га азоту, що дорівнює внесенню 200—400 кг/га селітри [3, 4].

Серед зернобобових культур особливе місце посідає сочевиця як високобілкова, збагачена різними макро- та мікроелементами й вітамінами культура [5]. Саме сочевиця харчова (*Lens culinaris* Medik., 1787) вважається однією із найважливіших харчових культур родини бобових (Fabaceae, або Leguminosae), яка за вмістом білків (до 36 %) у зерні, засвоюваністю організмом людини, розварюваністю і смаковими якостями разом із квасолею має перевагу над іншими культурами цієї групи [6, 7, 8]. Сочевиця є не лише цінним джерелом амінокислот і рослинних білків, а й незамінною ланкою у функціонуванні бобово-ризобіального симбіозу, завдяки якому фіксується значна кількість атмосферного азоту та, як наслідок, покращуються фізико-хімічні властивості ґрунту [9, 10].

Важливою особливістю сочевиці харчової, як і кормових бобів, є здатність вступати у симбіоз з азотфіксувальними бактеріями виду *Rhizobium leguminosarum* [11] і задовольняти свої потреби в азоті з повітря. За сприятливих умов для розвитку симбіотичних бактерій рослини менш вибагливі до наявності в ґрунті азоту. За несприятливих — культура повністю переходить на гетеротрофне використання азотистих речовин [12]. Саме мікроорганізми здійснюють перетворення недоступних для сільськогосподарських культур сполук на мобільні, доступні для метаболізму [13].

Високий рівень використання азотфіксації потребує вдосконалення системи вирощування культури, зокрема вибору сортів із максимальним генетичним потенціалом, інокуляції ефективними й сумісними ризобіями, застосування відповідних агротехнічних прийомів і систем землеробства, що є передумовою для збільшення виробництва продуктів харчування [14].

Саме тому останнім часом спостерігається тенденція до біологізації землеробства з необхідністю поглиблення знань про значення ґрунтових мікроорганізмів [15], що стимулює зростання попиту на біологічні агенти, які активізують симбіотичний і продуктивний потенціали бобово-ризобіальних систем, поліпшують мінеральне живлення рослин та підвищують їхню продуктивність, особливо за впливу стресових чинників і хвороб [16, 17]. Тому обов'язковим прийомом у технології вирощування бобових культур має бути передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій [4]. Головним компонентом таких мікробних препаратів є активний штам певного виду бульбочкових бактерій, клітини якого вносять у ґрунт разом із насіннєвим матеріалом, збільшуючи імовірність утворення бульбочок на рослині саме за участі цих мікроорганізмів. Дана технологія не лише підвищує показники продуктивності рослин, а й сприяє інтродукції у ґрунті мікробценози високоефективних штамів азотфіксувальних бактерій [4]. Інтродуковані в кореневу зону штами забезпечують рослини біологічним азотом, завдяки чому поліпшується живлення рослин, стимулюється

ріст і розвиток. Також варто зауважити, що це дає змогу значно зменшити обсяги використання мінеральних добрив [18].

Багаторічна практика використання препаратів на основі азотфіксувальних мікроорганізмів показала, що найкращим способом їх застосування є саме передпосівна інокуляція насіння бобових культур, яка сприяє формуванню вищих біометричних показників, підвищенню резистентності до фітопатогенів, активізації метаболічних процесів, зокрема фотосинтезу та азотного обміну, а відтак позитивним змінам у формуванні врожайності рослин [11]. Відомо, що в природних умовах бобові культури, зокрема сочевиця, використовують лише 10–30 % свого азотфіксувального потенціалу. За інокуляції насіння спостерігається зростання цієї здатності до 15–50 % (на 40–60 %), решта цього потенціалу може бути розкрита за оптимізації умов функціонування симбіозу [19, 20].

Використання бактеріальних препаратів на основі азотфіксувальних мікроорганізмів дає змогу рослинам стимулювати процеси живлення завдяки підвищенню коефіцієнта використання мінерального азоту із ґрунту, а також синтезу біологічно активних речовин, які здатні активізувати ростові процеси, розвиток кореневої системи, і, як наслідок, — ріст та розвиток рослини в цілому [21, 22]. Важливо те, що позитивний вплив мікроорганізмів-азотфіксаторів на рослину полягає не лише у поліпшенні її азотного живлення та підвищенні показників врожайності, а й у підвищенні вмісту азоту в ґрунті на 40–50 % [23].

Таким чином, мікроорганізми у складі бактеріальних препаратів позитивно впливають на ріст і врожайність рослин за допомогою прямих і непрямих механізмів. Пряме стимулювання продуктивності рослин за допомогою мікробів відбувається, коли ризобактерії покращують постачання поживних речовин, зокрема азоту, вироблення фітогормонів, таких як ауксини, цитокініни й гібереліни, а також через сольобілізацію фосфатів та інших мінералів. За непрямого стимулювання росту рослин ризобактерії пригнічують патогени, виробляючи ціаніди, сидерофори, хітинази тощо [24]. Корисні мікроорганізми, які заселяють корені рослин, запобігають інфікуванню їх фітопатогенами і, відповідно, підвищують стійкість рослин до збудників хвороб [25].

Упродовж останніх років інтенсивно формується світовий ринок сільськогосподарської продукції, яку вирощують без застосування пестицидів і мінеральних добрив. Тому цілком логічне постійне зацікавлення науковців і практиків проблемою, пов'язаною із біологічною трансформацією молекулярного азоту, що здійснюється діазотрофними мікроорганізмами в симбіозі із рослинами як у природних екосистемах, так і агрофітоценозах [26]. В Україні представлений великий асортимент мікробіологічних препаратів (МБП) для різних груп рослин.

Залежно від кількості компонентів, що входять до їх складу, такі препарати поділяють на дві групи: монопрепарати та комплексні препарати. Основним компонентом МБП є мікробіологічний агент, представлений живою культурою мікроорганізмів і продуктами їх метаболізму. До складу комплексних біопрепаратів входять декілька

біологічних агентів, які продукують власні метаболіти, а також екзогенно внесені біологічно активні речовини й мікроелементи [9, 27].

Основними виробниками МБП у Європі є компанії «Ficosterra», «ASB Greenworld», «Symborg Corporate SL», «UAB Bioenergy», «Lallemand Inc.», «Biomax Informatics AG», «Novozymes» та ін. Важливі європейські споживачі МБП: Німеччина, Франція, Італія, Велика Британія та Іспанія, на які припадає понад 60 % регіональної частки ринку [28].

Рівень підвищення урожайності рослин залежить від особливостей культури, генотипу мікросимбіонта та ґрунтово-кліматичних умов вирощування [27]. Тому для активізації азотфіксуючої взаємодії в агроценозах необхідно проводити селекцію сортів бобових культур та штамів бульбочкових бактерій з урахуванням конкретних агротехнічних і ґрунтово-кліматичних умов [4]. Встановлено, що інокуляція одним штамом ефективна, однак коінокуляція краща [29]. Консорціум *Rhizobium* та ризобактерій є вигіднішим за моноінокуляцію з погляду збільшення потенціалу врожайності [30].

Для забезпечення високої якості інокулянтів селекціоновано високоактивні конкурентоздатні штами азотфіксуючих мікроорганізмів. Їх виготовлення здійснюється на основі перевірених на чистоту штамів [31].

Показано ефективність застосування бактеріальних препаратів за вирощування бобових культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Завдяки бактеризації посівного матеріалу комплементарними активними штамми ризобій (мікробний препарат ризобіфіт) й препаратами поліфункціональної дії, отримано підвищення врожайності сочевиці на 0,1–0,6 т/га (5–16 %) та показника вмісту сирого протеїну в насінні на 1–3 % у зоні Степу України [32].

На показники симбіотичної азотфіксації впливає мінеральне живлення рослини-хазяїна. Дефіцит одного з основних елементів живлення пригнічує інтенсивність синтезу азотовмісних органічних сполук, як наслідок — зниження вмісту білків у зерні та зменшення врожайності [33]. Застосування інокуляції біопрепаратом мікробної природи на фоні калійних, фосфорних і молібденових добрив із внесенням під передпосівну культивування 60 кг/га д. р. азотних добрив сприяло отриманню прибавки урожаю насіння сочевиці 0,92 т/га, або 42 % порівняно з ділянками без внесення добрив.

За впливу інокуляції на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу встановлено підвищення врожайності сочевиці на 8–14 % залежно від системи удобрення культури. У середньому за роки проведення досліджень на фоні внесення $P_{30}K_{40}$ приріст урожаю від інокуляції становив 10 %, за внесення під культивування $N_{30}S_{34}$ у вигляді сульфату амонію — 13 %, що свідчить про позитивний вплив сірки на процес азотфіксації [34].

Виявлено стимулювальний вплив МБП на формування симбіотичного апарату сочевиці. За даними Карпенка та співавт. [13], найвищі показники функціонального стану бобово-ризобіальної системи *L. culinaris* визначено у варіанті дослідження на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МБП *Rhizobium leguminosarum* Lens штам К-29

(2 л/т) і регулятора росту рослин (PPP) регоплант (50 мл/га). Зазначена композиція сприяла також зростанню чисельності ризосферної мікробіоти рослин сочевиці порівняно з контролем, зокрема бактерій — на 61 %, мікроміцетів — 52 % та актиноміцетів — 48 %. Варто зазначити, що моноінокуляція *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* штаму К-29 сприяла зростанню кількості та маси бульбочок у фазу бутонізації на 200 % і 188 %, відповідно [13].

За використання МБП на основі *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* штам К-29 як самостійно, так і в комплексі з PPP регоплант виявлено збільшення кількості леггемоглобіну в бульбочках сочевиці на 230 % порівняно із контролем [13]. Значне зростання вмісту леггемоглобіну в кореневих бульбочках *L. culinaris* є наслідком інокуляції насіння мікроорганізмами, а також впливу PPP, які підвищують інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у рослинах [35].

Результати польових досліджень індійських вчених стосовно оцінки синергічного ефекту відібраних на сочевиці штамів *Rhizobium* та ризобактерій показали, що спільна інокуляція *Rhizobium* із *Bacillus* sp. RB1 і *Pseudomonas* sp. RP1 значно підвищила висоту рослини, кількість бобів на рослину, урожайність зерна, кількість бульбочок на коренях рослини, активність нітрогенази та біозбагачення насіння залізом порівняно з контролем. *Bacillus* sp. RB1 і *Pseudomonas* sp. RP1 були відібрані на основі вуглецевого профілювання для синергічного дослідження з *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* RR1. Застосування лише моноінокуляції *Rhizobium* порівняно з повною дозою рекомендованих N:P:K сприяло формуванню вищих врожайності сочевиці та біозбагачення Fe насіння. Це вказує на перспективи застосування консорціуму *Rhizobium* і ризобактерій, що стимулюють ростові процеси рослин сочевиці та збільшують врожайність [36].

Для симбіотичної фіксації азоту сочевиця потребує високого вмісту фосфору у ґрунті [37], тому внесення фосфору та здатність інокулянта розчиняти фосфати у доступні для рослин форми впливають на формування бульбочок. Застосування мікробних препаратів знижує витрати на внесення добрив до 25 %, особливо азотних і фосфорних. Досліджено, що інокуляція *Rhizobium* разом із внесенням фосфорних добрив підвищує врожайність зерна сочевиці на 20—30 % порівняно із контролем внаслідок покращення ростових процесів і симбіотичних параметрів. Подвійна інокуляція (*Rhizobium* + *Bacillus* sp.) сприяє збільшенню продуктивності культури через посилення симбіотичних зв'язків, підвищення доступності та поглинання поживних речовин шляхом солюбілізації, гормональної секреції або розкладання органічних залишків. Отже, за рахунок мікробної інокуляції можна зменшити дози внесення фосфорних добрив, а застосування подвійної інокуляції сочевиці значно підвищує ефективність використання добрив прямим і непрямим шляхом [38]. Виявлено підвищення якості посівного матеріалу та інтенсифікацію процесу фотосинтезу в бактеризованих рослинах [39, 40].

Зростання площ посівів сочевиці як в загальносвітових, так і в європейських масштабах насамперед відбувається внаслідок високої рентабельності та прибутковості культури, що становить близько

200 % [10, 41, 42, 43]. Проте сочевиця харчова вражається низкою збудників бактеріальних, грибних та вірусних хвороб [44], що істотно знижують її продуктивність. Отже, актуальною проблемою є розуміння механізмів захисту та адаптації даної культури [45].

Незважаючи на те що порівняно з іншими бобовими рослинами сочевиця відрізняється стійкістю до хвороб і шкідників, її посіви вразливі до низки захворювань, спричинених грибами, вірусами, нематодами, комахами-шкідниками, паразитичними рослинами, та абіотичних стресів. Проте серед різноманітних хвороб найнебезпечнішими є збудники грибних захворювань, які істотно зменшують популяцію рослин від сходів до стадії плодоношення [44, 46, 47, 48]. Уражається *L. culinaris* фузаріозним в'яненням, аскохітозом, антракнозом, стемфіліозом, сірою й білою гниллю та кореневими гнилями на ранніх стадіях розвитку рослин [2].

Фузаріозне в'янення, спричинене *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* (Fol), визнано основною ґрунтовою хворобою сочевиці у всьому світі, що передається через насіння та ґрунт [49]. Оптимальною температурою для розвитку захворювання є 22–25 °С. Рослини на всіх фазах росту (від вегетативної до репродуктивної стадії) [46, 50] сильно уражуються патогеном, але максимальне зараження відбувається на стадіях цвітіння та утворення бобів [51]. Фузаріоз спричинює втрату врожаю до 50 %. Фузаріозне в'янення поширене у більшості регіонів планети, де вирощують сочевицю [44], проте патоген виявив високі рівні фенотипної та генотипної різноманітності в Індії, Алжирі, Сирії й Ірані [46].

Із 120 зразків насіння сочевиці, зібраних у різних агрокліматичних регіонах Індії, лише 40 зразків були використані для дослідження параметрів якості насінневого матеріалу за впливу Fol. Відсоток зараженості Fol-інфікованих зразків насіння становив від 40 до 55. Виявлено істотне зниження схожості (48,78 %, Fol-102) та довжини сходів (16,70 %, Fol-125) порівняно зі здоровим насінням. Отже, якість насіння значно погіршується при зараженні збудником фузаріозу, що потребує вирішення проблеми розробкою різних механізмів захисту рослин [49].

Поширеними хворобами *L. culinaris* є антракноз і аскохітоз [2]. Види роду *Colletotrichum* є збудниками антракнозу бобових культур. Вчені Китаю [52] повідомляють про нового збудника *Colletotrichum karsti*, який викликав симптоми антракнозу на рослинах сочевиці на сільськогосподарському полі провінції Гуйчжоу. Симптомами антракнозу були заглиблені некротичні ураження на листках, стеблах, квітках і бобах [52].

Аскохітоз — не менш поширене захворювання, що проявляється у вигляді опуклих плям різної форми і кольору з темною облямівкою. Плями вкриті дрібними коричневими крапками, так званими пікнідами, які з'являються на всіх надземних органах рослин. Уражена тканина швидко зморщується, що призводить до загибелі рослини. Поширенню хвороби сприяє волога і тепла погода. Зараження спостерігається за випадання рясних опадів, за сухої погоди розвиток хвороби сповільнюється, а за температури понад 35 °С — припиняється

ся [53].

Виявлено, що інфікування аскохітозом спричинило зниження врожайності сочевиці на 30–70 % у Канаді, Сполучених Штатах Америки, Австралії та північних частинах Індії. Збудник антракнозу — *Colletotrichum truncatum* спричинив зниження на 60 % врожаю культури в Канаді [54, 48].

Грибне захворювання стемфіліумна гниль (збудник *Stemphyllium botryosum*) призводить до втрати майже 95 % врожаю в Індії. Крім того, у Непалі та Бангладеш також повідомили про значну втрату врожаю сочевиці через цю хворобу [54, 48].

Важливо відзначити, що деякі хвороби поширені майже в усіх регіонах світу, де вирощують сочевицю, зокрема, фузаріоз, аскохітоз [55] і стемфіліоз [56]. Проте багато з них зустрічаються лише в конкретних регіонах, наприклад альтернативіоз (Індія, Ефіопія та Єгипет) [55].

Останнім часом дослідження спрямовані на ідентифікацію захворювань, вивчення генетики та шляхів зараження разом із розробкою стратегій зниження захворювань сочевиці [57]. Для зменшення втрат врожаю, рекомендовано використовувати систему, яка включає стійкі або частково стійкі сорти, коригувати час сівби, проводити біоконтроль і хімічну обробку насіння, що є найкращим підходом до зменшення ураження сочевиці збудниками грибної природи [46]. Ефективним способом профілактики хвороб сочевиці вважають дотримання правильного чергування культур у сівозміні, проте боротьба з грибними захворюваннями сільськогосподарських культур заснована на використанні хімічних фунгіцидів [2, 57]. Низка грибних патогенів, що вражають посіви *L. culinaris*, здатні виживати в ґрунті як сапрофіти, навіть за відсутності хазяїна. Тому варто обов'язково протруювати насіння, якщо існує імовірність інфікування через несприятливі умови під час сівби або ж підвищений інфекційний фон [58].

Для запобігання розвитку захворювань грибної природи, які передаються із посівним матеріалом, рекомендовано за 2–3 тижні до сівби сочевиці протруювати насіння препаратами ламардор FS 400 (0,15–0,20 л/т), вітавакс 200 ФФ (2,5 л/т) або максим XL 035 FS (1,0 л/т) одночасно із обробкою посівного матеріалу бульбочковими бактеріями [58].

Зараження посівного матеріалу грибними патогенами має бути мінімальним, але заражене аскохітозом до 5 % насіння сочевиці можна висівати. Зараження фузаріозом допускається також не більше 5 % [58]. У сумі ж дозволено до 10 % усіх збудників [2]. Для протруювання насіння використовують препарати із діючими речовинами беноміл, карбатин, карбендазим, іподіон, тіобендазол, металаксил тощо. Якщо ж хворобу було виявлено на посівах сочевиці у полі на початкових стадіях, необхідно застосовувати фунгіциди, їх вносять до зімкнення рядків [2]. Для цього можна використовувати препарати груп стробілуринів, у складі яких міститься діюча речовина типу демоксистробін, азоксистробін, піраклостробін. Проте є дані про виникнення резистентності патогену до цих препаратів, тому у випадку потреби у повторних обробках посівів, варто застосовувати фунгіциди,

що належать до інших хімічних груп (хлороталоніл, каптафол, фольпет, метирам) [58]. Використання сучасних фунгіцидів із різним спектром дії та застосування нових препаративних форм фунгіцидів сприяє ефективнішому захисту рослин від збудників хвороб і зменшує ризик виникнення резистентності до них [58].

Індійськими вченими проведено дослідження ефективності різних фунгіцидів щодо *Stemphylium botryosum* в умовах *in vitro* та *in vivo*. В останні роки саме стеблова гниль стала поширеною хворобою сочевиці в Індії, яка призводить до широкомасштабної дефоліації, її тяжкість поступово зростає в північно-східних рівнинних зонах країни. Серед шести випробуваних фунгіцидів — сааф, крилаксил, амістар, нативо, контаф та дельма — найінтенсивніше пригнічення росту *Stemphylium botryosum* в умовах *in vitro* спостерігалось за впливом контаф, нативо та дельма. В польових умовах *in vivo* найвищий рівень зниження захворюваності виявлено за обприскування препаратом дельма, потім амістар, а відсоток приросту врожаю був найвищим на ділянці, обробленій препаратом дельма, порівняно з контролем [59].

Згідно із результатами дослідження, яке було проведено на експериментальному полі Департаменту захисту рослин Мусульманського університету Алігарха щодо впливу різних засобів біологічного контролю та фунгіцидів на ріст, біомасу і врожайність сочевиці, встановлено, що обробка насіння різними засобами біоконтролю (*Trichoderma viride*, *Pseudomonas fluorescense* і комбінацією *T. viride* + *P. fluorescense*) й фунгіцидами (карбендазим, тирам і комбінація карбендазим + тирам) інтенсифікувала ростові процеси рослин *L. culinaris*. Найефективнішою із зазначених засобів та їх комплексів виявилась комбінація фунгіцидів карбендазим + тирам, що збільшило висоту рослини (40,16 см), біомасу (пагонів 6,34 г і кореня 0,37 г) і масу сухої речовини органів (пагонів 1,24 г і кореня 0,07 г) та врожайності. Зазначена комбінація фунгіцидів також підвищила масу 1000 зерен і кількість бульбочок на коренях рослин [47].

Важливо зауважити, що надмірне використання протруйників може спричинити негативні наслідки у разі їх токсичної дії на ризобію *L. culinaris*. Характер впливу фунгіцидів визначається хімічною будовою речовини, концентрацією, способом застосування, терміном і нормами внесення [60]. Бульбочкові бактерії чутливі до багатьох фунгіцидів, що застосовуються при протруюванні насіння, тому перед використанням необхідно упевнитися в їх сумісності [58]. Спільне застосування фунгіцидів і бульбочкових бактерій у технології вирощування сочевиці й інших зернобобових культур досліджено недостатньо та представлене окремими роботами, а отже потребує глибшого вивчення для забезпечення ефективного функціонування бобово-ризобіального симбіозу й захисту рослин від фітопатогенних мікроорганізмів [61].

У літературі наявна інформація стосовно сумісності мікробних препаратів і фунгіцидів. Показано, що стійкий до тебуконазолу штаб *Rhizobium sp.* MRL3 продукував речовини, які стимулювали ростові процеси рослин сочевиці. Зокрема, штаб MRL3 на ґрунті, обробле-

ному 100 мг тебуконазолу/кг ґрунту, сприяв істотному збільшенню кількості у коренях і пагонах азоту, фосфору та врожайності насіння на 31 і 10, 41 і 21 та 117 % відповідно. Отже, штам ризобій MRL3 можна використовувати як біодобриво для підвищення продуктивності рослин сочевиці при застосуванні фунгіцидів [62]. За інокуляції насіння сочевиці штамом *Rhizobium* на фоні застосування фунгіцидів на основі каптану, тираму, дитану М-45 та дитану Z-78 отримано вищі показники урожаю зерна порівняно з відповідним неінокульованим контрольним варіантом [63].

Встановлено сумісність сучасного комплексного препарату для бобових культур — інокулянту ековітал, до складу якого входять три штами ризобій та штам фосфатмобілізувальних бактерій, з хімічними засобами захисту рослин від грибних захворювань — фунгіцидами максим стар 025 FS, кінто дуо, вітавакс-200ФФ. Доведено також роль інокулянта у підсиленні захисного ефекту та зменшенні негативного впливу агрохімікатів на нецільові об'єкти — корисну мікробіоту ґрунту [64].

Водночас виявлено несумісність ризобій з деякими фунгіцидами. На основі досліджень про вплив беномілу, бенораду, фундазолу, максиму, протекту та протект форте на життєздатність бульбочкових бактерій сочевиці (*Rhizobium leguminosarum* 712) встановлено, що змочувані порошки на основі беномілу (фундазол, бенорад та беноміл) несумісні із цим штамом бульбочкових бактерій. Серед досліджуваних суспензій фунгіцидних концентратів найтоксичнішим для ризобій за їх перебування у баковій суміші визначено фунгіцид протект форте [65].

Отже, *L. culinaris* є перспективною бобовою культурою у вирішенні проблем дефіциту харчових білків, здорового харчування, сировини для промисловості, кормової бази для тваринництва, підвищення родючості ґрунту шляхом біологічної фіксації молекулярного азоту, що придатна до вирощування практично в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України [66]. Проте існує низка стресових чинників, які негативно впливають на ефективність функціонування бобово-ризобіального симбіозу та як наслідок — врожайність культури. У зв'язку з цим потрібно вдосконалювати агротехнічні системи вирощування сочевиці, що включають такі важливі прийоми як інокуляція та використання фунгіцидів у комплексі, які значно підвищують показники продуктивності культури за їх коректної сумісності.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сербінов Б.М., Колосовська В.В. Агрометеорологічні умови вирощування сочевиці в Лісостеповій зоні України. *Наук. конф. молодих вчених Одеськ. держ. екол. ун-ту: матеріали XXII наук. конф.* (Одеса, 23—31 трав. 2023). Одеса, 2023. С. 44—45.
2. Мазур В.А. Оцінка якості зерна зернобобових культур задля гарантування продовольчої безпеки України. *Ольвійський форум — 2023: стратегії країн Причорномор. регіону в геопол. просторі. Радіаційна і техногенно-екол. безпека людини та довкілля: стан, шляхи і заходи покращення: матеріали XVII міжнар. наук. конф.* (Миколаїв, 16 черв. 2023). Миколаїв, 2023. С. 49—53.

3. Січкач В.І., Лаврова Г.Д., Коруняк О.П. Виділення з колекції сої джерел ознак, необхідних для створення сортів харчового використання. *Збірник наук. праць СГП-НЦНС*. 2007. № 9 (49). С. 189–196.
4. Боровик В.О., Бичкова Ю.В., Марченко Т.Ю. Біологічна фіксація азоту рослинами сої. *Актуальні питання біотехнол., екол. та природокорист.*: Матеріали міжнар. наук. конф. (Харків, 27–28 квіт. 2023). Харків, 2023. С. 157–159.
5. Gridneva Ye.Ye., Kaliakparova G.Sh. Lentils as Valuable Leguminous Crop for Kazakhstan. *Probl. Agricult. Market*. 2019. 2. P. 160–166.
6. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. (ред.). 3-є вид. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
7. Барбарич А.І., Брадїс Є.М., Вісюліна О.Д., Володченко В.С., Доброчасва Д.М., Карнаух Є.Д., Катїна З.Ф., Котов М.І., Кузнецова Г.О., Оляніцька Л.Г., Омельчук Т.Я., Хржановський В.Г. Визначник рослин України. Київ: Урожай, 1965. 875 с.
8. Kaale L.D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) as nutrient-rich and versatile food legume: a review. *Legume Sci*. 2023. 5 (2), 169.
9. Моргун В. В., Коць С. Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. *Вісн. Нац. акад. наук України*. 2018. № 1. С. 62–74.
10. Орехівський В.Д., Січкач В.І., Овсянникова Л.К., Маматов М.О., Соломонов Р.В. Сочевиця — джерело рослинного білка. *Зернові продукти і комбїкорми*. 2017. 17, № 4. С. 22–29.
11. Осадець Я., Вівчарик В. Кормові боби — цінна кормова культура. *Пропозиція*. 2002. № 11. С. 45–47.
12. Топчій О.В. Розробка елементів технології вирощування сочевиці в умовах Лісостепу України: дис. канд. с.-г. наук/Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2018. 226 с.
13. Карпенко В.П., Притуляк Р.М., Новікова Т.П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. *Тавр. наук. вісн.* 2018. № 103. С. 56–62.
14. Kebede Erana. Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Front. Sust. Food Syst*. 2021. 5. 767998.
15. Вознюк С.В., Титова Л.В., Ратушинська О.В., Іутинська Г.О. Формування та функціонування симбіотичних систем та мікробіоценозу ризосфери сої за використання різних фунгіцидів. *Мікробіол. журнал*. 2016. 78, № 4. С. 59–70.
16. Миколаєвський В.П., Сергієнко В.Г., Титова Л.В. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів. *Мікробіол. біотехнол.* 2016. № 3. С. 57–68. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2016.3\(35\).78032](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2016.3(35).78032)
17. Надкєрнична О.В., Ковалєвська Т.М., Кругило Д.В., Горбань В.П., Воробей В.С. Вплив активних штамів бульбочкових бактерій на продуктивність бобових рослин. *С-г мікробіол.* Міжвід. темат. наук. зб. 2006. № 4. С. 51–61.
18. Кучер А., Кучер Л. Економіка застосування мінеральних добрив. *Пропозиція*. Спецвипуск. 2016. № 1. С. 10–12.
19. Моргун В., Коць С. Бактеризація посівного матеріалу бобових. *Пропозиція*. 2007. № 3. С. 15–19.
20. Gicharu G.K., Gitonga N.M., Boga H., Cheruiyot R.C., Maingi J.M. Effect of inoculating selected climbing bean cultivars with different rhizobia strains on nitrogen fixation. *Online Int. J. Microbiol. Res. Kenya*. 2013. 1 (2). 25–31.
21. Пустова З.В. Вплив бактеріальної обробки насіння на продуктивність квасолї звичайної. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харків. обл.* 2011. С. 146–152.
22. Данильченко О.М., Бутенко А.О., Радченко М.В. Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та мінерального живлення в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісн. Уман. нац. ун-ту*. 2020. № 2. С.19–22.
23. Mabrouk Y., Hemissi I., Salem I.B., Mejri S., Saidi M., Belhadj O. Potential of Rhizobia in improving nitrogen fixation and yields of legumes. In Rigobelo E. (Ed.). *Symbiosis*. 2018. P. 107–119. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73495>
24. Ahemad M., Kibret M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *J. King Saud Univer. Sci*. 2014. 26. P. 1–20.

25. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
26. Патица В.П., Гнатюк Т.Т., Булеца Н.М., Кириленко Л.В. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство*. 2015. № 2. С. 12–20.
27. Коць С.Я., Воробей Н.А., Кириченко О.В., Мельникова Н.М., Михалків Л.М., Пухтаєвич П.П. Мікробіологічні препарати для сільського господарства. Київ, 2016. 48 с.
28. Europe Biological Organic Fertilizer Market — Growth, Trends, Covid-19 Impact, and Forecasts (2019–2029). Precise Market Intelligence and Advisory. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-biological-organic-fertilizers-market> (Дата звернення: 12.01.2024).
29. Singh N., Singh G., Khanna V. Growth of lentil (*Lens culinaris* Med.) as influenced by phosphorus, Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria. *Indian J. Agric.* 2016. **50** (6). P. 567–572.
30. Khanna V., Sharma P. Potential for enhancing lentil (*Lens culinaris*) productivity by co-inoculation with PSB, plant growth-promoting rhizobacteria and Rhizobium. *Indian J. Agric.* 2011. **81**. P. 265–268.
31. Soumare A., Diedhiou A.G., Thuita M., Hafidi M., Ouhdouch Y., Gopalakrishnan S., Kouisni L. Exploiting biological nitrogen fixation: a route towards a sustainable agriculture. *Plants*. 2020. **9** (8). 1011. <https://doi.org/10.3390/plants9081011>
32. Дідович С.В., Кулініч Р.О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 184–187.
33. Рассадіна І.Ю., Недвига М.В., Нікітіна О.В., Мусієнко Л.А. Вплив мінерального удобрення та інокуляції на врожайність сочевиці. *Збірник наук. праць Уман. НУС*. 2020. Вип. 96(1). С. 229–238. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-229-238>
34. Господаренко Г.М., Мусієнко Л.А., Столяр А.В. Ефективність азотфіксації сочевиці залежно від удобрення. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН (Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). Чернігів, 2021. С. 135–137.
35. Івасюк Ю.І., Карпенко В.П., Грицаєнко З.М. Симбіотичний стан посівів сої за дії біологічно активних речовин. *Вісн. Уман. нац. ун-ту сад-ва*. 2015. № 2. С. 13–17.
36. Kumar A., Jha M.N., Singh D., Pathak D., Rajawat M. Prospecting catabolic diversity of microbial strains for developing microbial consortia and their synergistic effect on Lentil (*Lens esculenta*) growth, yield and iron biofortification. *Arc. Microbiol.* 2021. **203**. P. 4913–4928.
37. Gahoonia T.S., Ali O., Sarker A., Nielsen N.E., Rahman M.M. Genetic variation in root traits and nutrient acquisition of lentil genotypes. *J. Plant Nutr.* 2006. **29**. P. 643–655.
38. Singh N., Singh G. Plant growth promoting rhizobacteria and Rhizobium combinations are the key to reduce dependence on phosphorus fertilizers in lentil-A review. *Agr. Rev.* 2018. **39** (1). P. 76–81.
39. Калитка В.В., Капінос М.В. Вплив регуляторів росту і активних штамів ризобій на пігментний комплекс та продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.). *Тавр. наук. вісн.* 2016. № 2. С. 8–18.
40. Стамбульська У.Я., Лушак В.І. Вплив місцевих штамів *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* на рослини гороху посівного. *Сільськогосп. мікроб.: міжвід. тематичний наук. збірник*. 2008. Вип. 7. С. 131–137.
41. McNeil D.L., Hill G.D., Materne M., McKenzie B.A. Global production and world trade. lentil: an ancient crop for modern times. Stevenson. Dordrecht: Springer. 2007. P. 95–105. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_6
42. Materne M., Reddy A.A. Commercial cultivation and profitability. Lentil: an ancient crop for modern. Dordrecht: Springer. 2007. P. 173–186. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_11
43. Присяжнюк О.І., Карпук Л.М., Топчій О.В. Ефективність агротехнологічних прийомів вирощування сочевиці. *Новітні агрот.* 2017. № 5. С. 8. <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.122230>.
44. Хвороби сочевиці: Монографія. Карпенко В.П. (ред.). Київ-Умань, 2021. 111 с.
45. Jan N., Rather A.M.U.D., John R., Chaturvedi P., Ghatak A., Weckwerth W., Mir R.R. Proteomics for abiotic stresses in legumes: present status and future directions.

- Critical Rev. Biotechnol.* 2023. **43** (2). P. 171–190. <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.2025033>
46. Tiwari N., Ahmed S., Kumar S., Sarker A. Fusarium wilt: a killer disease of lentil. Open access peer-reviewed chapter. 2018. 178 p. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72508>
 47. Kumari R., Ashraf S., Bagri G.K., Khatik S.K., Bagri D.K., Bagdi D.L. Impact of seed treatment from bio-agents and fungicides on growth, biomass and yield of lentil (*Lens culinaris* Med.). *J. Pharmac. Phytochem.* 2018. **7**, N 3. P. 251–253.
 48. Anirban Roy, Parmeshwar K. Sahu, Camellia Das, Somnath Bhattacharyya, Aamir Raina, Suvendu Mondal. Conventional and new-breeding technologies for improving disease resistance in lentil (*Lens culinaris* Med.). *Front. Plant Sci.* 2023. **13**. 1001682.
 49. Jadhav, Sunil. Effect of *Fusarium oxysporum* f. sp. lentis on seed quality parameters in lentil. *Indian J. Plant Gen. Res.* 2023. **36**, N 1. P. 70–76.
 50. Naila T., Kumar A., Ranjan R., Kumar A. Screening of lentil genotypes against highly aggressive strain of *Fusarium oxysporum* f. sp. lentis. *Int. J. Plant Soil Sci.* 2021. **33**, N 24. P. 391–399.
 51. Das Tanusree, Sunita Mahapatra. An overview of fusarium wilt of lentil status in different Districts of West Bengal, India. *Biol. Forum-An Int. J.* 2022. **14**, N 2. P. 974–978.
 52. Luo Mingyan, Yulan Jiang. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum karsti* in lentil (*Lablab purpureus*). *Crop Protec.* 2022. **155**. 105903.
 53. Bekenova Sh.Sh., Koshzhanova F.K. Application of pesticides on chickpea crops in akmola region. *Karantin i zahist roslin.* 2020. **2** (59). P. 3–10.
 54. Singh S., Agrawal S.K., Gill R.K., Kaur J., Kemal S.A., Kumar J. Combining ascochyta blight resistance and high yield in lentil cultivars. *Phytopathol. Mediterranea.* 2013. **52**. P. 228–229.
 55. Taylor P., Lindbeck K., Chen W., Ford R. Lentil diseases. *Lentil: An ancient crop for modern times.* 2007. P. 291–313.
 56. Cao Z., Li L., Kapoor K., Banniza S. Using a transcriptome sequencing approach to explore candidate resistance genes against stemphylium blight in the wild lentil species *lens ervoides*. *BMC Plant Biol.* 2019. **19** (1). 399. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2013-6>
 57. Padhy, Asish Kumar, Baljinder Singh, Sabhyata Bhatia. Understanding fungal diseases and their mitigation in lentils. *Diseases in Legume Crops: Next Generation Breeding Approaches for Resistant Legume Crops.* Singapore: Springer Nature Singapore. 2023. 257–281.
 58. Черенков А.В., Клиша А.І., Гирка А.Д., Кулініч О.О. Сучасна технологія вирощування сочевиці: науково-виробниче видання. Дніпропетровськ. 2013. 48 с.
 59. Bhaumik P., Dharet A., Ranjana Devial M. Evaluation of Efficacy of different fungicides to manage Stemphylium leaf blight disease in lentil. *Env. Ecol.* 2022. **40** (2B). P. 733–739.
 60. Bikrol A., Saxena N., Singh, K. Response of Glycine max in relation to nitrogen fixation as influenced by fungicide seed treatment. *Afr. J. Biotechnol.* 2005. **4** (7). P. 667–671.
 61. Павлище А.В., Кірізій Д.А., Коць С.Я. Реакція симбіотичних систем сої на дію фунгіцидів за різних способів обробки. *Фізіологія рослин і генетика.* 2017. **49**, № 3. С. 237–247.
 62. Ahemad M., Khan M.S. Plant-Growth-Promoting Fungicide-Tolerant Rhizobium Improves Growth and Symbiotic Characteristics of Lentil (*Lens esculentus*) in Fungicide-Applied Soil. *J. Plant Growth Reg.* 2011. **30**. P. 334–342. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9195-y>
 63. Sharma B., Singh S.R. A study on the interactive effect of different fungicides with rhizobium in lentil (*Lenus culinaris*). *Int. J. Life Sci. Res.* 2014. **3**. P. 105–113.
 64. Титова Л.В., Леонова Н.О., Вознюк С.В., Іутинська Г.О. Новітні поліфункціональні мікробні препарати — основа органічних технологій у сучасному рослинництві. Органічне виробництво і продовольча безпека: зб. доп. учасн. VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Житомир, 2019). Житомир: ЖНАЕУ, 2019. С. 415–420.
 65. Коць С.Я., Кукол К.П. Вплив пестицидів на бульбочкові бактерії у чистій культурі та реалізацію їх симбіотичного потенціалу. *Фізіологія рослин і генетика.* 2021. **53**, № 3. С. 240–261. <https://doi.org/10.15407/frg2021.03.240>
 66. Січкач В.І., Орехівський В.Д., Кривенко А.І., Маматов М.О., Соломонов Р.В. Агротехнічні особливості вирощування сочевиці. *Вісн. Центру наук. забезпеч. АПВ Харків. обл.* 2018. Вип. 24. С. 84–92.

Отримано 06.02.2024

REFERENCES

1. Serbinov, B.M. & Kolosovska, V.V. (2023, May). Ahrometeorologichni umovy vyroshchuvannya sochevytsi v Lisostepovii zoni Ukrainy. Nauk. konf. molodykh vchenykh Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu (pp. 44-45). Odesa [in Ukrainian].
2. Mazur, V.A. (2023, June). Otsinka yakosti zerna zernobobovykh kultur zadlia harantuvannya prodovolchoi bezpeky Ukrainy. Olviisky forum — 2023: stratehii krain Prychornomorskoho rehionu v heopolitychnomu prostori. Radiatsiina i tekhnohennolohichna bezpeka liudyny ta dovkilia: stan, shliakhy i zakhody pokrashchennia (pp. 49-53). Mykolaiv [in Ukrainian].
3. Sichkar, V.I., Lavrova, H.D. & Koruniak, O.P. (2007). Vydilennia z kolektsii soi dzherel oznak, neobkhidnykh dlia stvorennia sortiv kharchovoho vykorystannia. Zbirnyk naukovykh prats SHI-NTsNS, 9, Is. 49, pp. 189-196 [in Ukrainian].
4. Borovyk, V.O., Bychkova, Yu.V. & Marchenko, T.Yu. (2023, April) Biolohichna fiksatsiia azotu roslynami soi. Aktualni pytannia biotekhnolohii, ekolohii ta pryrodokorystuvannia (pp. 157-159). Kharkiv [in Ukrainian].
5. Gridneva, Y.Y. & Kaliakparova, G.S. (2019). Lentils as valuable leguminous crop for Kazakhstan. Problems of Agricult. Mark., 2, pp. 160-166.
6. Lykhochvor, V.V. & Petrychenko, V.F. (Eds.). (2010) Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur, 3rd ed. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii» [in Ukrainian].
7. Barbarych, A.I., Bradis, Ye.M., Visiulin, O.D. & Kotov, M.I. (Eds.). (1965). Vyznachnyk roslyn Ukrainy. Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
8. Kaale, L.D., Siddiq, M. & Hooper, S. (2023). Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. Legume Sci., 5, Is. 2, 169.
9. Morhun, V.V. & Kots, S.Ia. (2018). Rol biolohichnoho azotu v azotnomu zhyvlenni roslyn. Visnyk Nat. akad. nauk Ukrainy, 1, pp. 62-74 [in Ukrainian].
10. Orekhivskiy, V.D., Sichkar, V.I., Ovsianykova, L.K., Mamatov, M.O. & Solomonov, R.V. (2017). Sochevytsia — dzherelo roslynnoho bilka. Zernovi produkty i kombikormy, 17 (4), pp. 22-29 [in Ukrainian].
11. Osadets, Ya. & Vivcharyk, V. (2002). Kormovi boby — tsinna kormova kultura. Propozytsiia, 11, pp. 45-47 [in Ukrainian].
12. Topchii, O.V. (2018). Rozrobka elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia sochevytsi v umovakh Lisostepu Ukrainy (Unpublished. Candidate thesis). Instytut bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv NAAN. Kyiv, Ukraina [in Ukrainian].
13. Karpenko, V.P., Prytuliak, R.M. & Novikova T.P. (2018). Aktyvnist mikrobioty v ryzosferi sochevytsi za dii biolohichnykh preparativ. Tavriiskiy nauk. visn., 103, pp. 56-62 [in Ukrainian].
14. Kebede, E. (2021). Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. Front. Sust. Food Syst., 5, 767998.
15. Vozniuk, S.V., Tytova, L.V., Ratushynska, O.V. & Iutynska, H.O. (2016). Formuvannia ta funktsionuvannia symbiotychnykh system ta mikrobiotsenozy ryzosfery soi za vykorystannia riznykh funhitsydiv. Mikrobiol. zhurn., 78, Is.4, pp. 59-70 [in Ukrainian].
16. Mykolaievskiy, V.P., Serhienko, V.H. & Tytova, L.V. (2016). Vplyv inokuliantiv na formuvannia symbiotychnykh system, rozvytok khvorob ta produktyvnist soi riznykh sortiv. Mikrobiol. biotekhnol., 3, pp. 57-68 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2016.3\(35\).78032](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2016.3(35).78032)
17. Nadkernychna, O.V., Kovalevska, T.M., Krutylo, D.V., Horban, V.P. & Vorobei, V.S. (2006). Vplyv aktyvnykh shtamiv bulbochkovykh bakterii na produktyvnist bobovykh roslyn, 4, pp. 51-61 [in Ukrainian].
18. Kucher, A.V. (2016). Ekonomika zastosuvannia mineralnykh dobryv. Propozytsiia. Spetsvyypusk, 1, pp. 10-12 [in Ukrainian].
19. Morhun, V. & Kots, S. (2007). Bakteryzatsiia posivnoho materialu bobovykh. Propozytsiia, 2, pp. 40-41 [in Ukrainian].
20. Gicharu, G., Gitonga, N., Boga, H., Cheruiyot, R. & Maingi, J. (2013). Effect of inoculating selected climbing bean cultivars with different rhizobia strains on nitrogen fixation, 1, Is.2, pp. 25-31.

21. Pustova, Z.V. (2011). Vplyv bakteriainoi obrobky nasinnia na produktyvnist kvasoli zvychnoi. Podilskyi derzh. visnyk, pp. 146-153 [in Ukrainian].
22. Danylchenko, O.M., Butenko, A.O., Radchenko, M.V., Danylchenko, A.N., Butenko, A.A. & Radchenko, N.V. (2020). Produktyvnist sochevytsi zalezno vid inokuliatcii nasinnia ta mineralnoho zhyvlennia v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy, 2, pp. 19-22 [in Ukrainian].
23. Mabrouk, Y., Hemissi, I., Salem, I.B., Mejri, S., Saidi, M. & Belhadj, O. (2018). Potential of Rhizobia in improving nitrogen fixation and yields of legumes. In Rigobelo E. (Ed.). Symbiosis (pp. 107-119). <https://doi.org/10.5772/intechopen.73495>
24. Ahemad, M. & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. J. King Saud Univer. Sci., 26, pp. 1-20.
25. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V. & Kovalevska, T.M. (2006). Mikrobni preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
26. Patyka, V.P., Hnatiuk, T.T., Buletsa, N.M. & Kyrylenko, L.V. (2015). Biolohichni azot u systemi zemlerobstva. Zemlerobstvo, 2, pp. 12-20 [in Ukrainian].
27. Kots, S.Ya., Vorobei, N.A., Kyrychenko, O.V., Melnykova, N.M., Mykhalkiv, L.M. & Pukhtaievych, P.P. (2016). Mikrobiolohichni preparaty dlia silskoho hospodarstva. Kyiv [in Ukrainian].
28. Europe Biological Organic Fertilizer Market — Growth, Trends, Covid-19 Impact, and Forecasts (2021—2026). Precise Market Intelligence and Advisory.
29. Singh, N., Singh, G. & Khanna, V. (2016). Growth of lentil (*Lens culinaris* Medikus) as influenced by phosphorus, Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria. Indian J. Agric. Sci., 50, Is. 6, pp. 567-572.
30. Khanna, V. & Sharma, P. (2011). Potential for enhancing lentil (*Lens culinaris*) productivity by co-inoculation with PSB, plant growth-promoting rhizobacteria and Rhizobium. Indian J. Agric. Sci., 81, pp. 265-268.
31. Soumare, A., Diedhiou, A.G., Thuita, M., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Gopalakrishnan, S. & Kouisni, L. (2020). Exploiting biological nitrogen fixation: a route towards a sustainable agriculture. Plants, 9, Is. 8, 1011. <https://doi.org/10.3390/plants9081011>
32. Didovych, S.V. & Kulinich, R.O. (2013). Vysokoproduktyvni roslynno-mikrobni systemy v ahrotsenozakh bobovykh kultur. Kormy i vyrobnytstvo, 76, pp. 184-187 [in Ukrainian].
33. Rassadina, I.Yu., Nedvyha, M.V., Nikitina, O.V. & Musiienko, L.A. (2020). Vplyv mineralnogo udobrennia ta inokuliatcii na vrozhainist sochevytsi, 96, Is. 1, pp. 229-238 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-229-238>
34. Hospodarenko, H.M., Musiienko, L.A. & Stoliar, A.V. (2021 Zhovten). Efektyvnist azotfiksatsii sochevytsi zalezno vid udobrennia. Biolohichni protsesy optymizatsii produktsiinoho protsesu kulturnykh roslyn: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi onlain-konferentsii, prysviachenoii 60-richchiu ISMAV NAAN (pp. 135-137). Chernihiv [in Ukrainian].
35. Ivasiuk, Yu.I., Karpenko, V.P. & Hrytsaienko, Z.M. (2015). Symbiotychnyi stan posiviv soi za dii biolohichno aktyvnykh rehovyn. Visn. Umanskoho nat. un-tu sadivnyt., 2, pp. 13-16 [in Ukrainian].
36. Kumar, A., Jha, M.N., Singh, D., Pathak, D. & Rajawat, M. (2021). Prospecting catabolic diversity of microbial strains for developing microbial consortia and their synergistic effect on Lentil (*Lens esculenta*) growth, yield and iron biofortification. Arch. Microbiol., 203, Is. 8, pp. 4913-4928.
37. Gahoonia, T.S., Ali, O., Sarker, A., Nielsen, N.E. & Rahman, M.M. (2006). Genetic variation in root traits and nutrient acquisition of lentil genotypes. J. Plant Nutr., 29, pp. 643-655.
38. Singh, N. & Singh, G. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria and Rhizobium combinations are the key to reduce dependence on phosphorus fertilizers in lentil-A review. Agricult. Rev., 39, Is. 1, pp. 76-81.
39. Kalytka, V.V. & Kapynos, M.V. (2015). Vplyv rehulatoriv rostu ta aktyvnykh shtamiv ryzobii na pihmentnyi kompleks ta produktyvnist horokhu posivnoho (*Pisum sativum* L.), 2, pp. 8-18 [in Ukrainian].
40. Stambulska, U.Ya. & Lushchak, V.I. (2008). Vplyv mistsevykh shtamiv Rhizobium leguminosarum bv. viciae na roslynny horokhu posivnoho. Silskohospodarska mikrobiolohiia, 7, pp. 131-137 [in Ukrainian].

41. McNeil, D.L., Hill, G.D., Materne, M. & Mckenzie, B.A. (2007). Global production and world trade. Lentil: an ancient crop for modern times. Stevenson. Dordrecht: Springer, pp. 95-105. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_6
42. Materne, M. & Reddy, A.A. (2007). Commercial cultivation and profitability. Lentil: an ancient crop for modern times. Dordrecht: Springer, pp. 173-186. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_11
43. Prysiazhniuk, O.I., Karpuk, L.M. & Topchii, O.V. (2017). Efektyvnist ahrotekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia sochevytsi. Novitni ahrotekhnolohii, 5, pp. 8 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.122230>
44. Karpenko, V.P., Mostoviak, I.I. & Novikova T.P. (Eds.). (2021). Khvoroby sochevytsi. Kyiv-Uman [in Ukrainian].
45. Jan, N., Rather, A.M.U.D., John, R., Chaturvedi, P., Ghatak, A., Weckwerth, W. & Mir, R.R. (2023). Proteomics for abiotic stresses in legumes: present status and future directions. Critical Rev. Biotechnol., 43, Is. 2, pp. 171-190. <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.2025033>
46. Tiwari, N., Ahmed, S., Kumar, S. & Sarker, A. (2018). Fusarium wilt: A killer disease of lentil. Open access peer-reviewed chapter. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72508>
47. Kumari, R., Ashraf, S., Bagri, G.K., Khatik, S.K., Bagri, D.K. & Bagdi, D.L. (2018). Impact of seed treatment from bio-agents and fungicides on growth, biomass and yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.). J. Pharmac. Phytochem., 73, pp. 251-253.
48. Anirban, Roy, Parmeshwar, K. Sahu, Camellia, Das, Somnath, Bhattacharyya, Aamir, Raina, Suvendu & Mondal. (2023). Conventional and new-breeding technologies for improving disease resistance in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Front. Plant Sci., 13, 1001682.
49. Jadhav, S., Kumar, A., Lal, S.K., Akhtar, J., Aski, M., Mishra, G.P. & Javeria, S. (2023). Effect of *Fusarium oxysporum* f. sp. lentis on seed quality parameters in lentil. Indian J. Plant Gen. Res., 36, Is.1, pp. 70-76.
50. Naila, T., Kumar, A., Ranjan, R. & Kumar, A. (2021). Screening of lentil genotypes against highly aggressive strain of *Fusarium oxysporum* f. sp. lentis. Int. J. Plant Soil Sci., 33, Is. 24, pp. 391-399.
51. Das, Tanusree, Sunita & Mahapatra. (2022). An overview of fusarium wilt of lentil status in different Districts of West Bengal. Indian Biol. Forum-An Int. J., 14, Is. 2, pp. 974-978.
52. Luo, Mingyan & Yulan, Jiang. (2022). First report of anthracnose caused by *Colletotrichum karsti* in lentil (*Lablab purpureus*). Crop Protec., 155, 105903.
53. Bekenova, Sh.Sh. & Koshzhanova, F.K. (2020). Application of pesticides on chickpea crops in Akmola region. Karantin i zahist roslin, 2, Is. 59, pp. 3-10.
54. Singh, S., Agrawal, S.K., Gill, R.K., Kaur, J., Kemal, S.A. & Kumar, J. (2013). Combining ascochyta blight resistance and high yield in lentil cultivars. Phytopathol. Med., 52, pp. 228-229.
55. Taylor, P., Lindbeck, K., Chen, W. & Ford, R. (2007). Lentil diseases. Lentil: An ancient crop for modern times, pp. 291-313.
56. Cao, Z., Li, L., Kapoor, K. & Banniza, S. (2019). Using a transcriptome sequencing approach to explore candidate resistance genes against stemphylium blight in the wild lentil species *lens ervoides*. BMC Plant Biol., 19, Is. 1, 399. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2013-6>
57. Padhy, Asish Kumar, Baljinder Singh & Sabhyata Bhatia. (2023). Understanding fungal diseases and their mitigation in lentils. Diseases in legume crops: next generation breeding approaches for resistant legume crops. Singapore: Springer nature Singapore, pp. 257-281.
58. Cherenkov, A.V., Klysha, A.I., Hyrka, A.D. & Kulinich, O.O. (2013). Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannia sochevytsi: naukovo-vyrobnyche vydannia. Dnipropetrovsk.
59. Bhaumik, P., Dharet, A. & Ranjana, Devial, M. (2022). Evaluation of efficacy of different fungicides to manage Stemphylium leaf blight disease in lentil. Env. Ecol., 40, Is. 2B, pp. 733-739.
60. Bikrol, A., Saxena, N. & Singh, K. (2005). Response of *Glycine max* in relation to nitrogen fixation as influenced by fungicide seed treatment. Afr. J. Biotechnol., 4, Is. 7, pp. 667-671.

61. Pavlyshche, A.V., Kirizii, D.A. & Kots, S.Ya. (2017). Reaktsiia symbiotychnykh system soi na diiu funhitsydiv za riznykh sposobiv obrobky. *Fiziol. rast. genet.*, 49, Is. 3, pp. 237-247 [in Ukrainian].
62. Ahemad, M. & Khan, M.S. (2011). Plant-growth-promoting fungicide-tolerant *Rhizobium* improves growth and symbiotic characteristics of lentil (*Lens esculentus*) in fungicide-applied soil. *J. Plant Growth Reg.*, 30, pp. 334-342. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9195-y>
63. Sharma, B. & Singh, S.R. (2014). A study on the interactive effect of different fungicides with rhizobium in lentil (*Lenusculinaris*). *Int. J. Life Sci. Res.*, 3, pp. 105-113.
64. Tytova, L.V., Leonova, N.O., Vozniuk, S.V. & Iutynska, H.O. (2019). Novitni polifunktsionalni mikrobni preparaty — osnova orhanichnykh tekhnolohii u suchasnomu roslynnytstvi. Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: zb. dop. uchasn. VII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (pp. 415-420), Zhytomyr.
65. Kots, S.Ya. & Kukol, K.P. (2021). Vplyv pestytsydiv na bulbochkovi bakterii u chystii kulturi ta realizatsiu yikh symbiotychnoho potentsialu. *Fiziol. rast. genet.*, 53, Is. 3, pp. 240-261 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2021.03.240>
66. Sichkar, V.I., Orekhivskiy, V.D., Kryvenko, A.I., Mamatov, M.O. & Solomonov, R.V. (2018). Ahrotekhnichni osoblyvosti vyroshchuvannya sochevytsi. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti*, 24, pp. 84-92 [in Ukrainian].

Received 06.02.2024

PRODUCTIVITY OF EDIBLE LENTILS (*LENS CULINARIS* MEDIK.) UNDER THE INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATIONS AND FUNGICIDES

V.O. Kozak, S.V. Pyda

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University
2 M. Krivonos St., Ternopil, 46027, Ukraine
e-mail: spyda@ukr.net

An analysis of literature data on factors affecting the formation of seed productivity of edible lentils (*Lens culinaris* Medik.) is given. It is shown that pre-sowing treatment of seeds with microbiological preparations based on active strains of nodule bacteria is a mandatory element of cultivation technology, which improves the formation and functioning of symbiotic systems on the roots, increases nitrogen fixation, growth and photosynthetic processes, yield and its structure, grain quality, plant resistance to phytopathogens. The activity of leguminous rhizobial systems functioning and productivity of *Lens culinaris* also depend on the genotype of the microsymbiont, the mineral nutrition of the macrosymbiont as well as the soil and climatic conditions of cultivation. Due to biological nitrogen fixation, edible lentils contribute to the accumulation of nitrogen in the soil. The high efficiency of the consortium *Rhizobium* and rhizobacteria, *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* and plant growth regulators in relation to crop yield has been established. Pathogenic agents are the negative factor of seed productivity of edible lentils. The most widespread and harmful are fungal diseases of lentils: fusarium wilt, ascochitosis, anthracnose, stemphylliosis. An effective way of combating fungal diseases of edible lentils, and increasing crop productivity is the use of chemical fungicides compatible with lentil nodule bacteria. It has been shown that the nature of fungicide effect is determined by the chemical structure of the substance, concentration, method of application, term and norms of their application.

Key words: *Lens culinaris* Medik., *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, productivity, biological nitrogen fixation, inoculation, diseases, fungicides.

ORCID

C.B. ПИДА — S.V. Pyda <https://orcid.org/0000-0002-7858-104X>

В.О. КОЗАК — V.O. Kozak <https://orcid.org/0009-0003-5762-4682>