

СОРТОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ КВАСОЛІ ОВОЧЕВОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОІНОКУЛЯНТІВ ОКРЕМО Й СУМІСНО З МІКОРИЗОЮ

В. В. ЯЦЕНКО¹, доктор філософії

Н. В. ЯЦЕНКО¹, доктор сільськогосподарських наук

В. В. ФЕЩЕНКО², кандидат сільськогосподарських наук

І. С. ЛУЦЕНКО¹, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

¹Уманський національний університет садівництва

²Приватне підприємство «Поділля-Агрохімсервіс»

У статті наведено результати продукційних процесів квасолі овочевої сортів Лаура та Пурпура королева. Упродовж 2020–2022 рр. у польових умовах УНУС досліджено вплив окремого й комбінованого застосування мікоризного препарату Мікофренд у нормі 1,5 л/т з біоінокулянтами Ризоактив бобові та Андеріз у нормі 2 л/т. У результаті одержаних даних виявлено істотне збільшення врожайності у обох сортів у фазі технічної стиглості відмічено за комбінованого використання препаратів. У варіанті Андеріз+Мікофренд врожайність становила 6,18 і 6,35 т/га, (+1,05 і 1,43 т/га або 20,5 і 29,0 % до контролю). Сумісне використання інокулянту Ризоактив бобові з мікоризою Мікофренд сприяв формуванню врожайності на рівні (+6,00 і 6,10 т/га або 17,0 і 24,0 % до контролю). Урожайність насіння збільшувалася за сумісного застосування інокулянтів з мікоризою на 0,40 і 0,35 т/га або 26,4 і 23,3 % та 0,41 і 0,36 т/га або 26,9 і 23,7 % відповідно до сорту Лаура та Пурпура королева.

Ключові слова: врожайність, вміст протеїну, леоглобін, ризобії, фіксація азоту

Вступ. Основними факторами, що обмежують урожайність сільськогосподарських культур, зокрема бобових, є деградація земель та зниження родючості ґрунтів. Нівелювати ці явища можна шляхом застосування біоінокулянтів та мікоризних препаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними Brundrett M. C. & Tedersoo L. [1], Carrara J. E. & Heller W. P. [2], Дідура І. М та Циганського В. І. [3], ґрунтові мікроорганізми, такі як арбускулярні мікоризні гриби (АМФ), мають вирішальне значення для оптимізації кругообігу азоту в ґрунті та мінерального живлення рослин. Тому вони беруть активну участь у поглинанні та солюбілізації фосфору в багатьох агросистемах.

Відомо, що АМФ збільшують урожайність квасолі звичайної, сприяючи росту бобів і продуктивності [4]. Таким чином, інокуляція ефективними

штамами АМФ може посилити біологічну фіксацію азоту та ефективність використання елементів живлення, що сприятиме зменшенню норми добрив. Арбускулярні мікоризні гриби утворюють симбіотичні зв'язки з більшістю (понад 72 %) судинних рослин, у тому числі з багатьма сільськогосподарськими культурами [5]. АМФ поглинає воду, фосфор та інші поживні речовини для рослин і отримує натомість частину органічного вуглецю, який фіксується під час фотосинтезу рослин. Симбіоз АМФ-рослина має велике значення для засвоєння рослинами поживних речовин, особливо в несприятливих умовах (наприклад, посуха). Окрім їхньої ролі в засвоєнні поживних речовин, було продемонстровано кілька інших ефектів симбіозу АМФ. Вони також відіграють важливу роль у підтримці оптимальної структури ґрунту та підвищують стійкість рослин до патогенів [6, 7].

Існують численні повідомлення про позитивний вплив інокуляції АМФ на врожайність сільськогосподарських культур або біомасу рослин. Використовуючи опубліковані експериментальні результати інокуляції АМФ у польових експериментах, було повідомлено про кілька оглядових статей і мета-аналізів. Мета-аналізи показали, що інокуляція АМФ може збільшити надземну біомасу або врожайність сільськогосподарських культур. Рослини з арбускулярною мікоризою часто демонструють підвищені концентрації поживних речовин, особливо фосфору [8–10]. Однак інокуляція АМФ не завжди призводить до покращення продуктивності рослин. Навіть у контрольованих тепличних умовах невдача колонізації є звичайним явищем, а у випадках успішної колонізації наслідки варіюються від негативних, незначних до значних приростів врожайності [11–13]. Використання оглядів і мета-аналізів у практиці рослинництва ускладнюється результатами, отриманими в різних географічних, кліматичних умовах, умовах вирощування та землеробства.

Однак у зв'язку з тим, що реакцію рослин квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L) на використання мікоризи сумісно з біоінокулянтами досліджено недостатньо у Правобережному Лісостепу України, постає завдання забезпечення ефективної продуктивності квасолі у напрямі підвищення врожайності та біологічної фіксації азоту, що і взято за **мету дослідження**, яка полягала в тому, щоб провести біологізацію технології вирощування квасолі овочевої шляхом окремого і комбінованого застосування мікоризного препарату Мікофренд і біоінокулянтів Андеріз та Ризоактив бобові.

Методика досліджень. Дослідження з вивчення технології вирощування сортів квасолі овочевої із застосуванням біоінокулянтів та мікоризоутворюючого препарату в умовах Правобережного Лісостепу України, проводилися у 2020–2022 рр. в навчально-виробничому відділі Уманського національного університету садівництва за схемою, яка складалася з 12 варіантів: два сорти квасолі – Лаура і Пурпурова королева та окреме і комбіноване застосування препаратів Андеріз, Ризоактив бобові та Мікофренд.

Досліди закладали рендомізовано, повторність – чотирикратна. Площа дослідної ділянки – 10 м². Висівали насіння квасолі на початку другої декади квітня за схемою 45 × 10 см (222 тис. шт/га). Попередник – часник озимий.

Усі вимірювання й аналізи здійснювали у фазі технічної стиглості бобів (збирання врожаю) – ВВСН 75. Біометричні вимірювання (висота рослини, см; листкова площа, тис. м²; кількість пагонів, шт/росл.; кількість насінин, шт/біб) та показники індивідуальної продуктивності (маса бобів, г/росл., маса насіння г/росл.) проводили у чотирьох повтореннях на 100 типових рослинах у кожному.

Основні біохімічні і мікробіологічні аналізи виконували згідно загальноприйнятих методик:

- вміст білка - методом К'ельдаля за ДСТУ ISO 5983-2003 [14].
- кількість фіксованого азоту за Unkovich та ін. (2008) [15].

Результати досліджень опрацьовано статистично за допомогою дисперсійного методу та за критерієм Ст'юдента при $P \leq 0,05$ з використанням комп'ютерних програм Excel та Statistica 12 [16].

Результати досліджень. Навіть неістотне збільшення маси бобів на одній рослині сприяло істотному збільшенню врожайності лопаток квасолі овчевої. Урожайність лопаток в середньому варіювала в межах 5,12–6,35 т/га, CV = 8 %, варіювання за роками було більш істотним – від 2,27 т/га у 2022 році з мінімальною кількістю опадів й високими температурами до 10,20 т/га у 2021 з оптимальним розподіленням і співвідношенням опадів й температури повітря. (рис. 1).

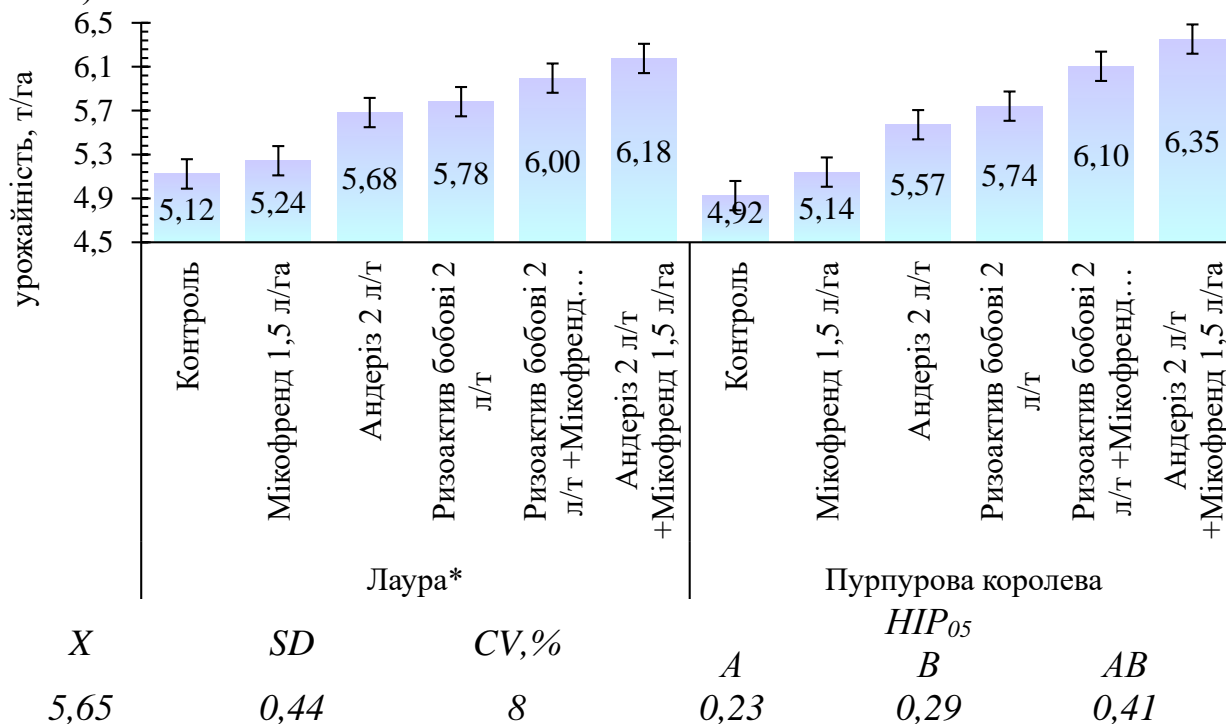


Рис. 1. Урожайність лопаток сортів квасолі овчевої за використання біоінокулянтів Андеріз й Ризоактив бобові окремо і сумісно з мікоризоутворювачем Мікофренд (ВВСН 75, 2020–2022)

Неістотне збільшення врожайності відзначено у обох сортів на варіанті з передпосівною обробкою мікоризним препаратом Мікофренд, де даний показник був на рівні 5,24 т/га у сорту Лаура та 5,14 т/га у сорту Пурпурова

королева, що більше від контролю цих сортів на 2,4 і 4,4 % або 0,12 і 0,22 т/га. В свою чергу найбільш істотне зростання врожайності відмічено за комплексно використання препаратів. У варіанті Андеріз + Мікофренд врожайність становила 6,18 і 6,35 т/га, що більше від контролю на 1,05 і 1,43 т/га або 20,5 і 29,0 %. Варіант використання інокулянту Ризоактив бобові сумісно з Мікофрендом сприяв формуванню врожайності на рівні 6,00 і 6,10 т/га, що вище від контролю на 17,0 і 24,0 %.

Урожайність насіння збільшувалася істотно окрім варіанту, де застосовували Мікофренд. На цьому варіанті врожайність насіння зростала лише на 0,03 і 0,04 т/га або 2,3 і 2,4 %. Окреме застосування інокулянтів сприяло збільшенню врожайності насіння на 0,24–0,34 т/га або 15,9–22,5 % відповідно до варіанту. Сумісне застосування інокулянтів з мікоризою сприяло формуванню даного показника на рівні 1,91 і 1,86 т/г у сорту Лаура та 1,94 і 1,89 т/га у сорту Пурпура королева, що більше від контролю відповідного сорту на 0,40 і 0,35 т/га або 26,4 і 23,3 % та 0,41 і 0,36 т/га або 26,9 і 23,7 % (рис. 2).

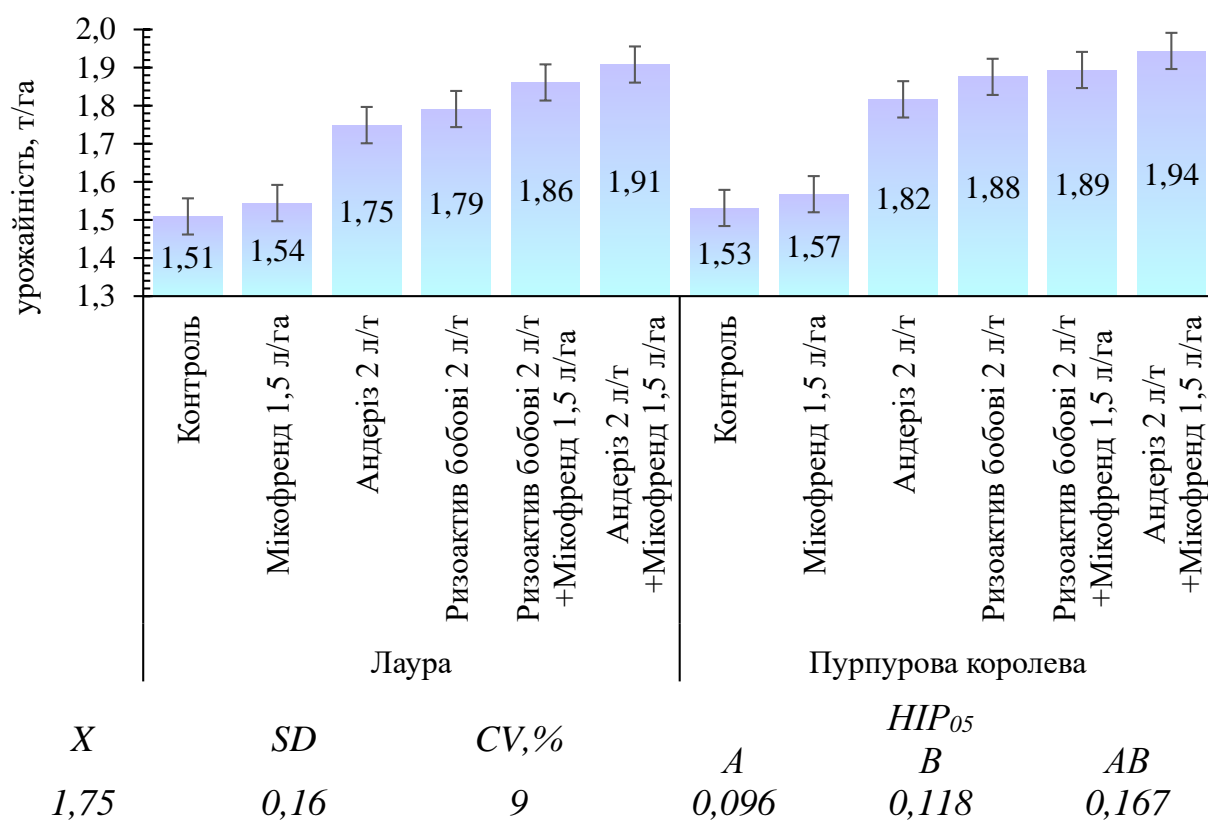
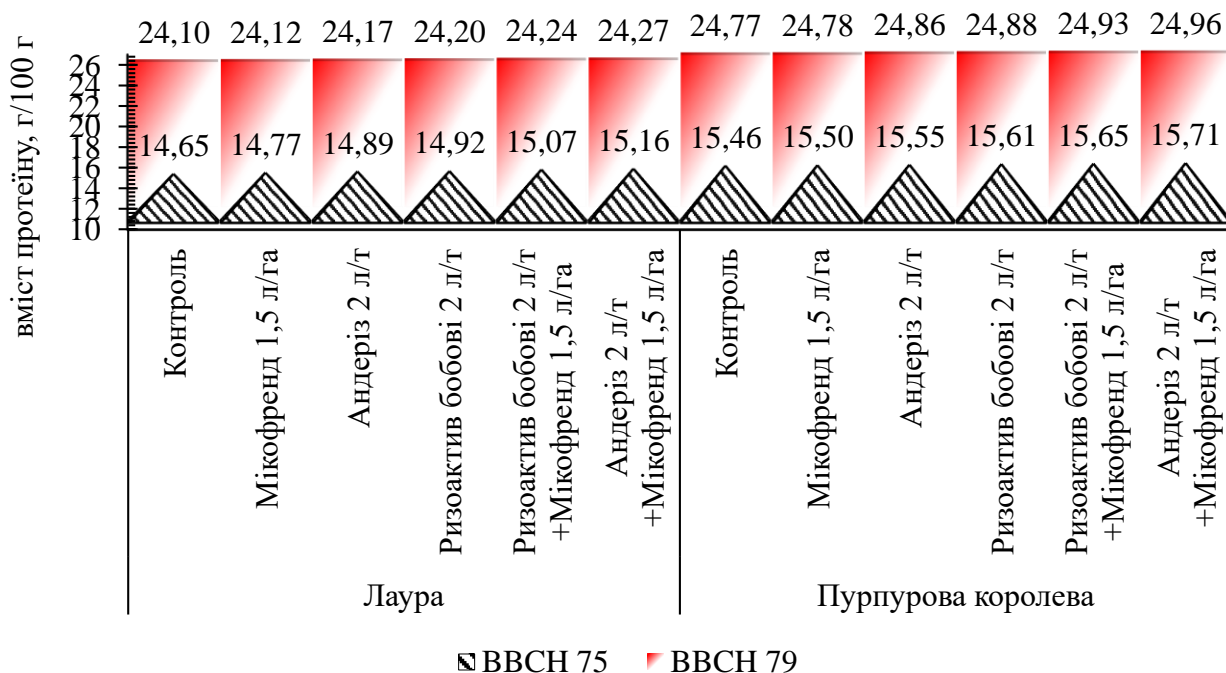


Рис. 2. Урожайність насіння сортів квасолі овочевої за використання біоінокулянтів Андеріз й Ризоактив бобові окремо і сумісно з мікоризоутворювачем Мікофренд (ВВСН 99, 2020–2022)

У фазу технічної стиглості бобів концентрація протеїну у лопатках сортів квасолі овочевої досягала 9,71 %, а за передпосівної обробки інокулянтами та мікоризоутворювачем зростала неістотно у всіх варіантах. Однак сорт Лаура накопичував хоч і менше протеїну, проте краще реагував у відношенні приросту даного показника від застосовуваних препаратів. Так, у фазу технічної стиглості бобів квасолі овочевої збільшення вмісту протеїну становило 0,8–3,5 % у сорту

Лаура та 0,3–1,6 % у сорту Пурпутова королева. У обох сортів перевага надана окремому застосуванню інокулянту Ризоактив бобові, а за сумісного застосування інокулянту Андеріс (рис. 3).



	X	SD	CV, %	HIP ₀₅		
				A	B	AB
технічна	15,2	0,36	2	0,91	1,12	1,59
біологічна	25,3	0,23	1	1,45	1,78	2,52

Рис. 3. Вміст протеїну в лопатках й зрілому зерні квасолі овочевої за використання біоінокулянтів Андеріс й Ризоактив бобові окремо і сумісно з мікоризоутворювачем Мікофренд (BBCH 75 і 99, 2020–2022)

Концентрація протеїну в біологічно зрілому зерні зростала відносно фази технічної стиглості на 58,9–64,5 % (у сорту Лаура 60,0–64,5 %, у сорту Пурпутова королева 58,9–60,3 %). При чому максимальна різниця відзначалася у контрольних варіантах, а мінімальна у дослідних. Тобто, чим вища концентрація протеїну у фазі технічної стиглості – тим менше вона зростає у фазу біологічної стиглості, очевидно це пояснюється реалізацією біологічного потенціалу у відповідній фазі.

Так, вміст протеїну в зерні квасолі овочевої досягав 25,0 % (на варіанті Андеріс + Мікофренд), при цьому варіювання даного показника було меншим ніж у фазу технічної стиглості – CV = 1 %, що вказує на подібність і стабільність сортів. Істотного збільшення концентрації протеїну не відмічено в жодному варіанті. Однак, максимальне накопичення було у варіантах з сумісним застосуванням інокулянтів з мікоризоутворювачем.

Загальновідомо, що від наявності леоглобіну залежить процес азотфіксації бобових рослин. Тому, проведені дослідження показали достовірне зростання концентрації леоглобіну в ризобіях у варіантах з комбінованим

застосуванням препаратів. Загалом даний показник мав середню варіацію – 23 %, а більшою концентрацією характеризувалися ризобії сорту Лаура. Аналізуючи показник концентрації леоглобіну видно, що варіант із комбінованим застосуванням Андеріз + Мікофренд сприяв підвищенню даного показника з 41,40 мг/га до 47,66 мг/г або на 15,1 % у сорту Лаура та з 26,03 мг/г до 39,98 мг/г або 19,0 % у сорту Пурпура королева. В той час, як варіант Ризоактив бобові + Мікофренд сприяв збільшенню вмісту леоглобіну на 12,2 і 17,7 % відповідно до сорту (табл. 1).

Табл. 1. Активність симбіотичного апарату сортів квасолі овочевої за використання біоінокулянтів Андеріз й Ризоактив бобові окремо і сумісно з мікоризоутворювачем Мікофренд ($X \pm SD$, ВВСН 75, 2020–2022)

Сорт	Препарат/ комбінація препаратів	Вміст леоглобіну, мг/г	Активний симбіотичний потенціал, тис, кг×діб/га	Кількість фіксованого азоту, кг/га
Лаура	Контроль	41,40 ± 8,57	3,26 ± 0,82	51,4 ± 20,1
	Андеріз 2 л/т	43,39 ± 9,85	3,65 ± 0,93	69,9 ± 30,1
	Ризоактив бобові 2 л/т	43,96 ± 10,18	3,69 ± 0,94	70,5 ± 30,3
	Мікофренд 1,5 л/га	41,81 ± 8,96	3,28 ± 0,83	62,6 ± 27,0
	Андеріз 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/га	47,66 ± 13,76	3,90 ± 1,04	74,3 ± 33,0
	Ризоактив бобові 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/га	46,47 ± 12,17	3,86 ± 1,02	73,5 ± 32,5
Пурпура королева	Контроль	26,03 ± 3,79	2,96 ± 0,62	45,1 ± 15,4
	Андеріз 2 л/т	27,53 ± 4,85	3,36 ± 0,75	64,1 ± 25,5
	Ризоактив бобові 2 л/т	27,92 ± 5,11	3,40 ± 0,76	64,8 ± 25,9
	Мікофренд 1,5 л/га	26,55 ± 4,33	2,99 ± 0,62	56,9 ± 21,8
	Андеріз 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/га	30,98 ± 7,52	3,67 ± 0,86	70,3 ± 28,8
	Ризоактив бобові 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/га	30,63 ± 6,51	3,57 ± 0,83	68,5 ± 27,8
<i>X</i>		36,2	3,47	64,3
<i>SD</i>		8,2	0,30	8,7
<i>CV, %</i>		23	9	13
<i>HIP₀₅ A</i>		2,16	0,107	3,94
<i>B</i>		2,64	0,131	4,83
<i>AB</i>		3,74	0,186	6,83

Від показника активності симбіотичного потенціалу сильно залежить і активність азотфіксації в цілому. Так, показник активного симбіотичного потенціалу варіював слабо ($CV = 9\%$) і був у межах 3,26–3,90 тис, кг × діб/га в сорту Лаура та 2,96–3,67 тис, кг × діб/га в сорту Пурпура королева. Найвищу відмітку активного симбіотичного потенціалу одержано у варіанті Андеріз +

Мікофрнед в обох сортів – 3,90 і 3,67 тис, кг × діб/га, що більше від контролю на 19,8 і 23,8 %, при цьому азотфіксація зростала на 22,9 і 25,2 кг/га або 44,6 і 55,7 % і становила 74,3 і 70,3 кг/га відповідно до сорту. Варіант Ризоактив бобові + Мікофрнед був неістотно менш ефективним, де рівень активного симбіотичного потенціалу складав 3,86 і 3,57 тис, кг × діб/га, при цьому об'єм фіксованого азоту зріс на 22,1 і 23,3 кг/га й становив 73,5 і 68,5 кг/га. Інші варіанти застосування інокулянтів й мікоризи сприяли підвищенню азотфіксації на рівні 21,7–43,5 %, де перевага надавалася інокулянту Ризоактив бобові.

Статистичні дослідження взаємозв'язків між параметрами активності симбіотичного потенціалу квасолі овочевої за передпосівної обробки інокулянтами й мікоризоутворювачем сприяли посиленню кореляційних зв'язків. У результаті аналізу виявлено тісний зв'язок за шкалою Чеддока – $r = 0,9154$ між кількістю фіксованого азоту в фазу технічної стиглості й показником активного симбіотичного потенціалу (АСП):

$$y = -28,0521 + 26,6533 * x,$$

де x – це АСП тис, кг × діб/га,

y – кількість фіксованого азоту, кг/га.

Помітний зв'язок ($r = 0,5042$) виявлено між об'ємом фіксованого азоту і концентрацією леоглобіну в ризобіях, який пояснюється рівнянням регресії $y = 45,0494 + 0,5325 * x$, де x – концентрація леоглобіну, мг/г, y – кількість фіксованого азоту в фазу технічної стиглості, кг/га. Більш сильний помітний зв'язок ($r = 0,6694$) виявлено між концентрацією леоглобіну й АСП, який пояснюється рівнянням регресії

$$y = -27,7758 + 18,4577 * x,$$

де x – АСП, y вміст леоглобіну, мг/г.

Висновки. Результати дослідження свідчать про те, що застосування біоінокулянтів та мікоризи для рослин бобових овочів є багатообіцяючим підходом до оптимізації продукційних процесів посівів за рахунок високої ефективності синергізму інокулянтів з мікоризою та біологізації галузі землеробства. Комплексне застосування біоінокулянтів та мікоризи може допомогти покращити стійкість агроєкосистем до несприятливих впливів зміни клімату та сприяти покращенню родючості ґрунту та росту рослин.

У дослідженні квасолі овочевої найбільш ефективно було використання суміші Андеріз+Мікофрнед, де отримано найвищий урожай. Сумісне застосування інокулянтів з мікоризою сприяло формуванню насінневої продуктивності на рівні 1,91 і 1,86 т/г у сорту Лаура та 1,94 і 1,89 т/га у сорту Пурпурова королева, що більше від контролю відповідного сорту на 26,4 і 23,3 % та 26,9 і 23,7 %. Інокуляція й мікоризація посівів квасолі овочевої сприяла покращенню розвитку нодуляційного апарату, що сприяло збільшенню азотфіксації з 51,4 кг/га до 74,3 кг/га у сорту Лаура та з 45,1 до 70,3 кг/га у сорту Пурпурова королева.

Література:

1. Adeyemi N. O., Atayese M. O., Sakariyawo O. S., та ін. Influence of different arbuscular mycorrhizal fungi iso- lates in enhancing growth, phosphorus uptake and grain yield of soybean in a phosphorus deficient soil under field conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2021. № 52(10). P. 1171–1183.
2. Carrara J. E., Heller, W. P. Arbuscular mycorrhizal species vary in their impact on nutrient uptake in sweet corn (*Zea mays*) and butternut squash (*Cucurbita moschata*). *Frontiers in Agronomy*. 2022. № 4. 1040054
3. Дідур І. М., Циганський В.І. Вплив мікоризації насіння та ґрунтового біодобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 4 (31). С. 5–15. DOI:10.37128/2707-5826-2023-4-1.
4. Heller W. P., Carrara J. E. Multiplex qPCR assays to distinguish individual species of arbuscular mycorrhizal fungi from roots and soil. *Mycorrhiza*. 2022. № 32. P. 155–164.
5. Brundrett M. C., Tedersoo, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*. 2018. № 220(4). P. 1108–1115.
6. Jung S. C., Martinez-Medina A., Lopez-Raez J. A., Pozo M. J. Mycorrhiza-induced resistance and priming of plant defenses. *Journal of chemical ecology*. 2012. № 38. P. 651–664.
7. Vlček V., Pohanka M. Glomalin—an interesting protein part of the soil organic matter. *Soil and Water Research*. 2020. № 15(2). P. 67–74.
8. Hoeksema J. D., Chaudhary V. B., Gehring C. A., та ін. A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal fungi. *Ecology letters*. 2010. № 13(3). P. 394–407.
9. Lehmann A., Rillig M. C. Arbuscular mycorrhizal contribution to copper, manganese and iron nutrient concentrations in crops—a meta-analysis. *Soil biology and biochemistry*. 2015. № 81. P. 147–158.
10. Zhang S., Lehmann A., Zheng W., You Z., Rillig M. C. Arbuscular mycorrhizal fungi increase grain yields: A meta-analysis. *New Phytologist*. 2019. № 222(1). P. 543–555.
11. Kokkoris V., Hamel C., Hart M. M. Mycorrhizal response in crop versus wild plants. *PLoS One*. 2019. № 14(8). e0221037.
12. Bakonyi I., Csitári G. Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation of winter wheat in an intensive crop producing farm. *Journal of Agriculture and Horticulture Research*. 2023. № 6. P.288–294.
13. Carrara J., Reddivari L., Heller W. Inoculation of black turtle beans (*Phaseolus vulgaris*) with mycorrhizal fungi increases the nutritional quality of seeds. *Plant-Environment Interactions*. 2023. № 5. 10.1002/pei3.10128.
14. ДСТУ ISO 5983-2003. Корми для тварин. Визначання вмісту азоту і обчислювання вмісту сирого білка. Метод Келдаля (ISO 5983:1997, IDT).
15. Unkovich M., Herridge D., Peoples M., та ін. Measuring Plant-Associated Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. *Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)*. 2008. P. 132–188. <http://hdl.handle.net/102.100.100/121643?index=1>.
16. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. *Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях*. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 300 с.

References:

1. Adeyemi, N. O., Atayese, M. O., Akariyawo, O. S., Azeez, J. O., Olubode, A. A., Ridwan, M., Adebisi, A., Oni, O., Ibrahim, I. (2021). Influence of different arbuscular mycorrhizal fungi iso-lates in enhancing growth, phosphorus uptake and grain yield of soybean in a phosphorus deficient soil under field conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, no. 52(10), pp. 1171–1183.
2. Carrara, J. E., Heller, W. P. (2022). Arbuscular mycorrhizal species vary in their impact on nutrient uptake in sweet corn (*Zea mays*) and butternut squash (*Cucurbita moschata*). *Frontiers in Agronomy*, no. 4, 1040054.
3. Didur I. M., Tsyganskyi V. I. (2023). The effect of mycorrhization of seeds and soil biofertilizer on the formation of individual productivity of soybean plants. *Agriculture and forestry*, no. 4 (31), pp. 5–15. DOI:10.37128/2707-5826-2023-4-1. [in Ukrainian].
4. Heller, W. P., Carrara, J. E. (2022). Multiplex qPCR assays to distinguish individual species of arbuscular mycorrhizal fungi from roots and soil. *Mycorrhiza*, no. 32, pp. 155–164.
5. Brundrett, M. C., Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, no. 220(4), pp. 1108–1115.
6. Jung, S. C., Martinez-Medina, A., Lopez-Raez, J. A., Pozo, M. J. (2012). Mycorrhiza-induced resistance and priming of plant defenses. *Journal of chemical ecology*, no. 38, pp. 651–664.
7. Vlček, V., Pohanka, M. (2020). Glomalin—an interesting protein part of the soil organic matter. *Soil and Water Research*, no. 15(2), pp. 67–74.
8. Hoeksema, J. D., Chaudhary, V. B., Gehring, C. A., Johnson, N. C., Karst, J., Koide, R. T., Umbanhowar, J. (2010). A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal fungi. *Ecology letters*, no. 13(3), pp. 394–407.
9. Lehmann, A., Rillig, M. C. (2015). Arbuscular mycorrhizal contribution to copper, manganese and iron nutrient concentrations in crops—a meta-analysis. *Soil biology and biochemistry*, no. 81, pp. 147–158.
10. Zhang, S., Lehmann, A., Zheng, W., You, Z., Rillig, M. C. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi increase grain yields: A meta-analysis. *New Phytologist*, no. 222(1), pp. 543–555.
11. Kokkoris, V., Hamel, C., Hart, M. M. (2019). Mycorrhizal response in crop versus wild plants. *PLoS One*, no. 14(8), e0221037.
12. Bakonyi, I., Csitári, Gábor. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation of winter wheat in an intensive crop producing farm. *Journal of Agriculture and Horticulture Research*, no. 6, pp. 288–294.
13. Carrara, J., Reddivari, L., Heller, W. (2023). Inoculation of black turtle beans (*Phaseolus vulgaris*) with mycorrhizal fungi increases the nutritional quality of seeds. *Plant-Environment Interactions*, no. 5, 10.1002/pei3.10128.
14. DSTU ISO 5983-2003. Animal feed. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. Kjeldahl method (ISO 5983: 1997, IDT) [in Ukrainian].
15. Unkovich, M., Herridge, D., Peoples, M., Cadisch, G., Boddey, B., Giller, K. (2008) Measuring Plant-Associated Nitrogen Fixation in Agricultural

Systems. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), pp. 132–188. <http://hdl.handle.net/102.100.100/121643?index=1>.

16. Prisyazhnyuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tret'yakova S. O., Kononenko L. M., Voytovs'ka V. I., Mykhaylovn Yu. M. (2021). Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies. Vinnytsia, "Nilan-LTD" LLC. 300 p. [in Ukrainian].

Annotation

Yatsenko V. V., Yatsenko N. V., Feshchenko V.V., Lutsenko I. S.
Varietal productivity of vegetable beans using bioinoculants independently and in combination with mycorrhiza

The purpose was to investigate the production processes of french beans varieties Laura and Purpurova koroleva. During 2020–2022, in field conditions (Uman, 48°46'N, 30°14'E), the effect of individual and combined use of the mycorrhizal drug Mycofriend at the rate of 1.5 l/t with bioinoculants Ryoaktiv bean and Anderiz was investigated in the norm is 2 l/t. Generally accepted methods of field and statistical research were used to analyze the obtained results. During the research, the yield of bean and vegetable blades in the phase of technical maturity and grain in the phase of biological maturity, the protein content in the blades and beans, the content of legoglobin in rhizobia and the volume of fixed nitrogen, depending on the variant, and the strength of the correlation between indicators of the activity of the symbiotic potential As a result of the obtained data, an insignificant increase in yield was found in both varieties on the variant with pre-sowing treatment with the mycorrhizal preparation Mycofriend.

A significant increase in yield in the phase of technical ripeness was noted with the combined use of drugs. In the Anderiz+Mykofriend variant, the yield was 6.18 and 6.35 t/ha, (+1.05 and 1.43 t/ha or 20.5 and 29.0 % to the control). Combined use of the inoculant Ryoaktiv legume with mycorrhiza Mycofriend contributed to the formation of yield at the level (+6.00 and 6.10 t/ha or 17.0 and 24.0 % to the control). The seed yield increased significantly except for the option where Mycofriend was used. The combined use of inoculants with mycorrhiza contributed to an increase in the yield of bean grain by 0.40 and 0.35 t/ha or 26.4 and 23.3 % and 0.41 and 0.36 t/ha or 26.9 and 23.7 % according to the variety Laura and Purpurova koroleva. A statistically significant increase in protein concentration was not noted, but the dynamics before the increase were followed.

Key words: yield, protein content, legoglobin, rhizobia, nitrogen fixation