

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ РОСЛИН ЯК КЛЮЧОВИЙ ФАКТОР ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНІСТЬ НУТУ

ЄРЕМКО Л.С. – кандидат сільськогосподарських наук, с.н.с.

orcid.org/0000-0001-5641-7436

Полтавський державний аграрний університет

СВЯТЕЦЬКИЙ В.А. – здобувач ступеня доктора філософії

orcid.org/0009-0003-8675-2755

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Важливим аспектом подолання продовольчої кризи в умовах глобальних змін клімату є стабілізація виробництва зернової продукції культур, що характеризуються стійкістю до комплексного впливу несприятливих факторів навколишнього середовища. У цьому контексті стратегічного значення набуває оптимізація агротехнологічного процесу вирощування нуту. Його основними біологічними властивостями є здатність витримувати комплексну дію посухи і підвищених середньодобових температур повітря і разом з тим бути стійким до впливу знижених позитивних температур та короткострокових приморозків [1,2].

Насіння цієї культури містить у своєму складі значну частину білків, вуглеводів з низьким глікемічним індексом і є недорогим джерелом незамінних амінокислот (за винятком сірковмісних), дієтичних волокон, вітамінів (А, С, Е, К, В1–В3, В5, В6, В9), мінералів (Fe, Zn, Ca, Mg), біологічно активних сполук, що характеризуються антиоксидантною, протизапальною та антигіпертензивною активністю, а також зниженням рівня холестерину та глікемії [3,4]. Хоча ліпіди присутні в невеликих кількостях, нут містить значну кількість важливих для харчування ненасичених жирних кислот, таких як лінолева та олеїнова [5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рослини нуту мають унікальну здатність встановлювати симбіотичні взаємовідносини із бульбочковими бактеріями роду *Mesorhizobium*, зокрема *Mesorhizobium cicerian* і *Mesorhizobium mediter-raneum*. У ході бобово-ризобіального симбіозу відбувається перетворення або відновлення N_2 повітря до NH_4^+ [19], що становить 60-80 % потреби у N для використання рослинами у процесах синтезу білка і нуклеїнових кислот [7]. У цьому відношенні перспективним екологічнобезпечним агротехнологічним прийомом може бути застосування біологічних препаратів на основі азотфіксуючих бактерій для доповівної інокуляції насіння [8].

Разом з тим вчені зазначають, що незважаючи на те, що N атмосфери є необмеженим ресурсом живлення, його симбіотична фіксація бульбочковими бактеріями зазвичай не може повністю задовольнити потреби рослин. Таким чином засвоєння N у ході бобово-ризобіального симбіозу зазвичай не досягає такого ж рівня, як

поглинання NO_3^- і NH_4^+ кореневою системою за умови достатньої їх присутності у ґрунті. Це явище пояснює пригнічення симбіотичної азотфіксації за внесення високих доз мінерального азоту, а рослини задовольняють свої потреби в даному елементі за рахунок засвоєння його мінеральних форм з ґрунту як несимбіотичні вищі рослини [9]. Є вчені, що свідчать про необхідність внесення стартових доз N до моменту поки не будуть сформовані достатньо розвинена коренева система та бульбочки на ній [10].

Ключовим фактором становлення і функціонування бобово-ризобіального симбіозу є наявність фосфору у поживному середовищі, що обумовлено його присутністю у реакціях перенесення енергії в бульбочках під час фіксації N_2 . Редукція кожної молекули N_2 ризобіями вимагає 16 молей АТФ [11], що постачається з рослини до бульбочок. Оцінюється, що використання загального рослинного P на підтримку симбіотичної активності становить близько 20%. Достатня наявність P у ґрунті забезпечує підвищення толерантності рослин до впливу підвищених середньодобових температур повітря і ґрунту, недостатнього його зволоження і перезволоження, засоленості та токсичної дії важких металів. Дефіцит даного елемента негативно позначається на процесах розвитку кореневої системи та формування генеративних органів, що у кінцевому результаті призводить до зниження кількості плодів та їх маси [12]. Рослини мають здатність відчувати та реагувати на зміни в доступності P через специфічні сигнальні шляхи, модулювання кореневої архітекtonіки та корекції морфології продохів [13]. Також зазначається, що рослини можуть витримувати різноманітні абіотичні стреси, включаючи спеку, посуху, солоність і токсичність важких металів за рахунок модулювання метаболізму P [14].

K відіграє важливу роль у процесах синтезу хлорофілу та поглинання NO_3^- , таким чином визначаючи ефективність використання N, транспортування асиміліатів з листя до генеративних органів, що відповідно позначається на процесах росту рослин та формування їх біологічної продуктивності. Наявність даного елемента за рахунок впливу на проходження фізіологічних і молекулярних процесів, відповідальних за добовий цикл продохів, підтримує водний баланс рослин [15]. У бобових рослин K^+ , як найпоширеніший внутрішньоклітинний



катіон, відіграє важливу роль у формуванні потужної кореневої системи та поглинанні нею вологи, розвитку корневих волосків, що, у свою чергу, покращує нодуляцію та фіксацію N_2 повітря. Водночас його присутність забезпечує підтримку тургорного тиску бактеріальних клітин, регуляцію рН, експресію генів та активацію клітинних ферментів [16].

Мікроелементи відіграють ключову роль у підвищенні врожайності зернобобових культур завдяки їх впливу на процес азотфіксації. Вони виступають як супутні фактори у ферментативній системі, а також приймають участь у ключових фізіологічних процесах фотосинтезу та дихання. Дефіцит мікроелементів може значно знизити врожайність і якість рослин. Вважається, що кращим способом забезпечення рослин мікроелементами є проведення позакореневого підживлення рослин під час вегетації. Вчені зазначають, що застосування даного агроприйому забезпечує засвоєння поживних речовин на 90% [17].

Ефективним доповненням до застосування мінеральних добрив можуть бути біологічні інокулянти із стимуляторним ефектом на основі корисних мікроорганізмів і грибів. Їх застосування може сприяти підвищенню продуктивності та покращанню якості кінцевої продукції за рахунок стимулювання імунної системи рослин, посилення засвоєння поживних речовин та підвищення ефективності їх використання у процесі росту і розвитку, а також зменшення вимивання поживних речовин із ґрунту [18].

Мета дослідження – визначення впливу біологічного інокулянту на основі азотфіксуючих бактерій *Mesorhizobium ciceri*, мінеральних добрив і мікродобрива В та їх поєднання на процеси росту і розвитку рослин та формування врожаю нуту.

Матеріали та методика дослідження. Польове дослідження було проведено на чорноземних ґрунтах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН.

Основними факторами, що вивчалися були:

– обробка насіння біологічним інокулянтом BiNitro Нут (фактор А);

– внесення різних доз мінеральних добрив та проведення позакореневого підживлення посівів мікродобривом В: $N_0P_0K_0$, $N_0P_{35}K_{35}$, $N_{20}P_{70}K_{70}$, $N_0P_0K_0+B$, $N_0P_{35}K_{35}+B$, $N_{20}P_{70}K_{70}+B$ (фактор В).

Нут сорту Чекбек вирощували у досліді із рендомізованим розміщенням варіантів у чотириразовій повторності. Облікова площа ділянки становила 40 м². Азотні добрива вносили у вигляді аміачної селітри, фосфорні – у вигляді суперфосфату, калійні – у вигляді калію хлористого до проведення передпосівної культивування. Інокуляцію насіння проводили у день сівби, застосовуючи біологічний інокулянт BiNitro Нут, що містить азотфіксуючі бульбочкові бактерії *Mesorhizobium ciceri* з титром не менше 2×10^9 КУО/см³ та продукти їх метаболізму (фітогормони, амінокислоти, вітаміни) із дозою використання 2,0 л на 1 т насіння. На час настання фази бутонізації проводили підживлення посівів нуту мікродобривом Бор 150 із вмістом В на рівні 150 г/л та N, що

покращує засвоєння В – 60 г/л. Доза внесення мікродобрива становила 1,0 л/га.

Дослідження проводили згідно загальноприйнятої методики [19]. Математичну обробку отриманих результатів здійснювали за використання методу дисперсійного аналізу. Агротехніка вирощування культури була загальноприйнятною для зони, за виключенням елементів, що вивчалися.

Результати дослідження. Фотосинтез є основним фізіологічним процесом, що безпосередньо забезпечує матеріальну основу для росту, розвитку та формування продуктивності рослин. Ключовими органами, у яких відбувається синтез фотоасимілятів, необхідних для створення надземної біомаси є листові пластинки. Їх розвиток визначається дією комплексу факторів навколишнього середовища, серед яких вагому роль відіграє забезпеченість рослин елементами мінерального живлення [20].

Отримані результати дослідження показали, позитивний вплив застосування мінеральних добрив, мікродобрива, біологічного інокулянту та їх поєднання на формування листової поверхні посівів нуту. Зокрема внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню значень даного показника у фазі формування бобів на 1,8–3,9 тис. м²/га, причому збільшення дози удобрення забезпечувало кращий розвиток листової поверхні. У варіантах із допосівною інокуляцією насіння перевищення величини площі листової поверхні посівів щодо контрольного варіанту становило 0,9 тис. м²/га. Проведення позакореневого підживлення посівів В сприяло збільшенню величини даного параметру порівняно з контролем на 0,3 тис. м²/га (табл. 1).

Поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин В сприяло збільшенню величини листової поверхні посівів нуту на 1,5 тис. м²/га порівняно з контролем. Найбільш сприятливі умови розвитку листової поверхні створювалися у варіанті поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення посівів В на фоні внесення $N_{20}P_{70}K_{70}$

Кількість синтезованої рослиною органічної речовини визначається не тільки розмірами листової поверхні, а й тривалістю періоду її активного функціонування, який виражає величина фотосинтетичного потенціалу посівів. Результати дослідження показали збільшення величини даного показника по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Зокрема, мінеральне удобрення сприяло збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів нуту на 0,09–0,22 млн. м²×діб/га щодо контролю. У варіантах із застосуванням біологічного інокулянту величина даного показника зростала порівняно із контрольним варіантом на 0,05 млн. м²×діб/га. Позакореневе підживлення рослин В сприяло збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів нуту на 0,06 млн. м²×діб/га. Більш ефективним у цьому відношенні виявилось поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин В, де фотосинтетичний потенціал посівів становив 1,31 млн м²×діб/га. Максимальні значення даного показника (1,59 млн. м²×діб/га) були відмічені у варіанті BiNitro Нут+ $N_{20}P_{70}K_{70}+B$.

Таблиця 1

Окремі параметри фотосинтетичної діяльності посівів нуту залежно від застосування мінеральних добрив, мікродобрива і біологічного інокулянту (формування бобів), (2024–2025 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Площа листової поверхні посівів тис. м ² /га	Фотосинтетичний потенціал, млн. м ² ×дїб/га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу
–	N ₀ P ₀ K ₀	25,4	1,23	3,29
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅	27,2	1,32	4,25
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀	29,3	1,45	4,89
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	25,7	1,29	3,56
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅ +B	28,4	1,37	4,54
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀ +B	29,8	1,54	5,23
BiNitro Нут	N ₀ P ₀ K ₀	26,3	1,28	3,34
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅	27,9	1,34	4,68
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀	29,7	1,49	4,95
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	26,9	1,31	3,74
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅ +B	28,8	1,41	4,83
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀ +B	30,9	1,59	5,48

Таблиця 2

Індивідуальна продуктивність рослин нуту залежно від застосування мінеральних добрив, мікродобрива і біологічного інокулянту, (2024–2025 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Кількість бобів на одній рослині, шт	Кількість насінин у 1 бобі, шт.	Маса 1000 насінин, г
–	N ₀ P ₀ K ₀	25,4	1,23	312
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅	27,2	1,32	365
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀	29,3	1,45	419
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	25,7	1,29	324
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅ +B	28,4	1,37	389
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀ +B	29,8	1,54	438
BiNitro Нут	N ₀ P ₀ K ₀	26,3	1,30	342
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅	27,9	1,34	396
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀	29,7	1,49	456
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	26,9	1,31	356
	N ₀ P ₃₅ K ₃₅ +B	28,8	1,41	413
	N ₂₀ P ₇₀ K ₇₀ +B	30,9	1,59	468

Фотосинтез є основою продукування органічної біомаси. У спеціалізованих структурах, хлоропластах, рослини використовують енергію сонячного світла для перетворення вуглекислого газу та води в глюкозу та кисень. Динаміку накопичення рослинами органічної біомаси показує чиста продуктивність фотосинтезу. Її значення виражають кількість створеної у процесі фотосинтезу сухої речовини одиницею листової поверхні за певний проміжок часу і можуть істотно варіювати залежно від впливу факторів навколишнього середовища. Результати дослідження вказують на позитивний ефект біологічного інокулянту, мінеральних добрив і мікродобрива на інтенсивність створення рослинами органічної надземної біомаси. Серед факторів, що вивчалися найбільш істотним виявився вплив мінеральних добрив, де перевищення значень показника чистої продуктивності фотосинтезу щодо контролю було на рівні 29,2–50,6 %. У варіанті проведення інокуляції насіння інтенсивність

продукування рослинами органічної сухої біомаси порівняно із контролем зростала на 0,05 г/м² за добу, а її поєднання із позакореневим підживленням рослин виявилось більш ефективним у цьому відношенні. За комплексного застосування елементів технології, що вивчалися, величина чистої продуктивності фотосинтезу підвищувалася порівняно із контролем на 1,54–2,19 г/м² за добу.

Накопичення біомаси рослинами у свою чергу визначило темпи росту і розвитку та загальну продуктивність рослин і було тісно пов'язаним із ефективністю перетворення вхідних ресурсів (світла, води, поживних речовин) на органічні сполуки. Отримані результати свідчать про позитивний вплив факторів, що вивчалися та їх комплексної взаємодії на величину структурних елементів продуктивності рослин нуту (табл. 2).

Так, проведення позакореневого підживлення рослин В сприяло збільшенню кількості бобів, насінин у них, маси 1000 насінин порівняно з контрольним

Урожайність насіння нуту залежно від застосування мінеральних добрив, мікродобрива і біологічного інокулянту, (2024–2025 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Урожайність насіння, т/га		Середнє за роками, т/га
		2024	2025	
-	$N_0P_0K_0$	1,55	1,61	1,58
	$N_0P_{35}K_{35}$	1,69	1,83	1,76
	$N_{20}P_{70}K_{70}$	1,93	2,15	2,04
	$N_0P_0K_0+B$	1,59	1,65	1,62
	$N_0P_{35}K_{35}+B$	1,86	1,88	1,87
	$N_{20}P_{70}K_{70}+B$	2,05	2,23	2,14
BiNitro Нут	$N_0P_0K_0$	1,61	1,67	1,64
	$N_0P_{35}K_{35}$	1,92	1,9	1,91
	$N_{20}P_{70}K_{70}$	2,09	2,29	2,19
	$N_0P_0K_0+B$	1,73	1,63	1,68
	$N_0P_{35}K_{35}+B$	1,98	1,94	1,96
	$N_{20}P_{70}K_{70}+B$	2,13	2,71	2,42

$HIP_{0,95}$, т/га А – 0,06; В – 0,08; АВ – 0,12

варіантом на 1,18, 4,87 і 3,84 % відповідно. За проведення допосівної інокуляції насіння величини показників, що досліджувалися збільшувалися по відношенню до контролю на 3,54, 5,69 і 9,62 % відповідно. У варіантах із поєднанням інокуляції насіння і проведення позакореневого підживлення рослин збільшення величин кількості бобів, насінин у них, маси 1000 насінин становило 5,90, 6,50 і 14,1 % відповідно. Найбільш ефективним виявилось комплексне застосування елементів технології, що вивчалися. При цьому слід відмітити, що на фоні внесення $N_{20}P_{70}K_{70}$ поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин було більш ефективним.

Величини елементів індивідуальної продуктивності рослин обумовили збільшення урожайності насіння. Найвищі значення даного показника в середньому з 2 роки (2,24 т/га) були зафіксовані у варіанті BiNitro Нут + $N_{20}P_{70}K_{70}$ + В (табл. 3).

Прибавка урожайності насіння нуту у варіантах мінерального удобрення становила 0,18–0,46 т/га. Інокуляція насіння і проведення позакореневого підживлення рослин сприяли збільшенню продуктивності посівів до 1,64 і 1,62 т/га відповідно, а у варіанті їх поєднання величина даного показника становила 1,68 т/га.

Висновки. На основі представлених результатів можна зробити висновок, що комплексне застосування біологічного інокулянту і мікродобрива на фоні внесення мінеральних добрив є дієвим способом підвищення рівня продуктивності посівів нуту. На це вказує збільшення урожайності до 2,42 т/га у варіанті BiNitro Нут + $N_{20}P_{70}K_{70}$ + В. Із проведених агротехнічних прийомів найбільше ефективним виявилось внесення мінеральних добрив, де прибавка урожайності була на рівні 0,38–0,84 т/га. Застосування біологічного інокулянту надало можливість збільшити продуктивність посівів нуту до 1,64 т/га, а у варіантах її поєднання із позакореневим підживленням посівів В величина даного показника становила 1,68 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Karalija E., Vergata C., Basso M.F., Negussu M., Zaccai M., Grossi-de-Sa M.F., Martinelli F. Chickpeas' tolerance of drought and heat: current knowledge and next steps. *Agronomy*. 2022. 12. 2248. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102248>
- Mir A.H., Bhat M.A., Dar S.A., Sofi P.A., Bhat N.A., Mir R.R. Assessment of cold tolerance in chickpea (*Cicer spp.*) grown under cold/freezing weather conditions of North-Western Himalayas of Jammu and Kashmir, India. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2021. 27(5):1105–1118. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-00997-1>.
- Moncini L., Guerriero G., Simone G., Vita C., Berni R. Quality and nutraceutical features of *Cicer arietinum* L. Stored under nitrogen atmosphere. *Seeds*. 2024. 3. 16–25. <https://doi.org/10.3390/seeds3010002>
- Wang J., Li Y., Li A., Liu R.H., Gao X., Li D., Kou X., Xue Z. Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food research international*. 2021. 150. 110790. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>
- Pazzanese A., Tagliamonte S., Aponte M., Blaiotta G., Chiacchio M.F., Khanal P., Vitaglione P. Chemical and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) – based fermented beverages produced using different lactic acid bacteria. *Foods*. 2026. 15. 523 <https://doi.org/10.3390/foods15030523>
- Pascual-Bustamante S., Raya-Pérez J.C., Aguirre-Mancilla C.L., Ramírez Pimentel J.G., Vargas-Martínez M.G., Trejo-Márquez M.A. Chemical and protein characterization of two varieties of chickpea (*Cicer arietinum*): Costa 2004 and El Patrón. *Plants*. 2024. 13. 2125. <https://doi.org/10.3390/plants13152125>
- Djouider S.I., Gentzittel L., Jana R., Rickauer M., Ben C., Lazali M. Contribution to Improving the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) efficiency in low-phosphorus farming systems: assessment of the relationships between the P and N nutrition, nodulation capacity and productivity performance in P-deficient field conditions.

- Agronomy*. 2022. 12. 3150. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123150>
8. O'Callaghan M. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2016. 100. 5729–5746. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>
 9. Lepetit M., Brouquisse R. Control of the rhizobium–legume symbiosis by the plant nitrogen demand is tightly integrated at the whole plant level and requires interorgan systemic signaling. *Frontiers in Plant Sciences*. 2023. 14:1114840. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1114840>
 10. Khaitov B., Abdiev A. Performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to bio-fertilizer and nitrogen application in arid condition. *Journal of Plant Nutrition*. 2018. 41(15). 1980–1987. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1484134>
 11. Lambers H. Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 2022. 73. 17–42. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102720-125738>
 12. George T.S., Hinsinger P., Turner B.L. Phosphorus in soils and plants – facing phosphorus scarcity. *Plant and Soil*. 2016. 401. 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2846-9>
 13. Hawkesford M.J., Cakmak I., Coskun D., De Kok L.J., Lambers H., Schjoerring J.K., White P.J. Functions of macronutrients. Marschner's Mineral Nutrition of Plants; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2023. 201–281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00019-8>
 14. Shen J., Yuan L., Zhang J., Li H., Bai Z., Chen X., Zhang W., Zhang F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*. 2011. 156. 997–1005. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>
 15. Wang M., Zheng Q.S., Shen Q.R., Guo S.W. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. 14. 7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
 16. Domínguez-Ferreras A., Muñoz S., Olivares J., Soto M.J., Sanjuan J. Role of potassium uptake systems in *Sinorhizobium meliloty* osmoadaptation and symbiotic performance. *Journal of Bacteriology*. 2009. 191. 2133–2143. <https://doi.org/10.1128/jb.01567-08>
 17. Gaj R., Górski D., Majchrzak L. The effect of potassium and micronutrient foliar fertilisation on the content and accumulation of microelements, yield and quality parameters of potato tubers. *Agriculture*. 2020. 10. 530. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110530>
 18. Saquee F.S., Diakite S., Kavhiza N.J., Pakina E., Zargar M. The Efficacy of micronutrient fertilizers on the yield formulation and quality of wheat grains. *Agronomy*. 2023. 13. 566. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020566>
 19. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вищ. шк., 1994. 334.
 20. Song K., Hong S., Shim S. Responses of photosynthetic activity in flag leaves and spikes as well as seed development of wheat (*Triticum aestivum* L.) to artificial shading. *Agronomy*. 2025. 15. 2577. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112577>
 - steps. *Agronomy*. 12. 2248. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102248>
 2. Mir A.H., Bhat M.A., Dar S.A., Sofi P.A., Bhat N.A., Mir R.R. (2021). Assessment of cold tolerance in chickpea (*Cicer* spp.) grown under cold/freezing weather conditions of North-Western Himalayas of Jammu and Kashmir, India. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 27(5). 1105–1118. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-00997-1>
 3. Moncini L., Guerriero G., Simone G., Vita C., Berni R. (2024). Quality and nutraceutical features of *Cicer arietinum* L. Stored under nitrogen atmosphere. *Seeds*. 3. 16–25. <https://doi.org/10.3390/seeds3010002>
 4. Wang J., Li Y., Li A., Liu R.H., Gao X., Li D., Kou X., Xue Z. (2021). Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food research international*. 150. 110790. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>
 5. Pazzanese A., Tagliamonte S., Aponte M., Blaiotta G., Chiacchio M.F., Khanal P., Vitaglione P. (2026). Chemical and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) – based fermented beverages produced using different lactic acid bacteria. *Foods*. 15. 523 <https://doi.org/10.3390/foods15030523>
 6. Pascual-Bustamante S., Raya-Pérez J.C., Aguirre-Mancilla C.L., Ramírez Pimentel J.G., Vargas-Martínez M.G., Trejo-Márquez M.A. (2024). Chemical and protein characterization of two varieties of chickpea (*Cicer arietinum*): Costa 2004 and El Patrón. *Plants*. 13. 2125. <https://doi.org/10.3390/plants13152125>
 7. Djouider S.I., Gentzittel L., Jana R., Rickauer M., Ben C., Lazali M. (2022). Contribution to Improving the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) efficiency in low-phosphorus farming systems: assessment of the relationships between the P and N nutrition, nodulation capacity and productivity performance in P-deficient field conditions. *Agronomy*. 12. 3150. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123150>
 8. O'Callaghan M. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. (2016). *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100. 5729–5746. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>
 9. Lepetit M., Brouquisse R. (2023). Control of the rhizobium–legume symbiosis by the plant nitrogen demand is tightly integrated at the whole plant level and requires interorgan systemic signaling. *Frontiers in Plant Sciences*. 14:1114840. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1114840>
 10. Khaitov B., Abdiev A. (2018). Performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to bio-fertilizer and nitrogen application in arid condition. *Journal of Plant Nutrition*. 41(15). 1980–1987. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1484134>
 11. Lambers H. (2022). Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 73. 17–42. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102720-125738>
 12. George T.S., Hinsinger P., Turner B.L. (2016). Phosphorus in soils and plants – facing phosphorus scarcity. *Plant and Soil*. 401. 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2846-9>
 13. Hawkesford M.J., Cakmak I., Coskun D., De Kok L.J., Lambers H., Schjoerring J.K., White P.J. (2023). Functions of macronutrients. Marschner's Mineral

REFERENCES:

1. Karalija E., Vergata C., Basso M.F., Negussu M., Zaccari M., Grossi-de-Sa M.F., Martinelli F. (2022). Chickpeas' tolerance of drought and heat: current knowledge and next

- Nutrition of Plants; Academic Press: Cambridge, MA, USA. 201–281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00019-8>
14. Shen J., Yuan L., Zhang J., Li H., Bai Z., Chen X., Zhang W., Zhang F. (2011). Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*. 156. 997–1005. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>
 15. Wang M., Zheng Q.S., Shen Q.R., Guo S.W. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 14. 7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
 16. Domínguez-Ferreras A., Muñoz S., Olivares J., Soto M.J., Sanjuan J. (2009). Role of potassium uptake systems in *Sinorhizobium meliloti* osmoadaptation and symbiotic performance. *Journal of Bacteriology*. 191. 2133–2143. <https://doi.org/10.1128/jb.01567-08>
 17. Gaj R., Górski D., Majchrzak L. (2020). The effect of potassium and micronutrient foliar fertilisation on the content and accumulation of microelements, yield and quality parameters of potato tubers. *Agriculture*. 10. 530. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110530>
 18. Saquee F.S., Diakite S., Kavhiza N.J., Pakina E., Zargar M. (2023). The Efficacy of micronutrient fertilizers on the yield formulation and quality of wheat grains. *Agronomy*. 13. 566. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020566>
 19. Moiseichenko V. F., Yeshchenko V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. [Basics of scientific research in agronomy]*. Kyiv: Vyshch. shk., 1994. 334. [in Ukrainian].
 20. Song K., Hong S., Shim S. (2025). Responses of photosynthetic activity in flag leaves and spikes as well as seed development of wheat (*Triticum aestivum* L.) to artificial shading. *Agronomy*. 15. 2577. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112577>

Єремко Л.С., Святецький В.А. Поживний режим рослин як ключовий фактор формування урожайності нуту

Мета – визначення впливу біологічного інокулянту на основі азотфіксуючих бактерій *Mesorhizobium ciceri*, мінеральних добрив і мікродобрива В та їх поєднання на процеси росту і розвитку рослин та формування врожаю нуту.

Методи. Польові дослідження проводилися на чорноземних ґрунтах Полтавської державної сільсько-господарської дослідної станції імені М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН. У двохфакторному експерименті вивчався вплив біологічного інокулянту BiNitro Нут, що містить азотфіксуючі бульбочкові бактерії *Mesorhizobium ciceri* з титром не менше 2×10^9 КУО/см³ та продукти їх метаболізму (фітогормони, амінокислоти, вітаміни) із дозою використання 2,0 л на 1 т насіння (фактор А); різних рівнів мінерального удобрення $N_0P_0K_0$, $N_0P_{35}K_{35}$, $N_{20}P_{70}K_{70}$, $N_0P_0K_0+B$, $N_0P_{35}K_{35}+B$, $N_{20}P_{70}K_{70}+B$ (фактор В) та їх комбінації на параметри фотосинтетичної діяльності посівів, величину елементів продуктивності рослин та урожайність посівів нуту. **Результати** дослідження показали позитивний ефект біологічного інокулянту, мінеральних добрив і мікродобрива та їх комбінацій на формування листової

поверхні, тривалість і продуктивність її фотосинтетичної роботи, створення рослинами органічної надземної біомаси, величину структурних елементів врожаю та загальну продуктивність посівів нуту. **Висновки.** Комплексне застосування біологічного інокулянту, мікродобрива та мінеральних добрив із дозою внесення $N_{20}P_{70}K_{70}$ у технології вирощування нуту дозволило створити найбільш сприятливі умови для формування продуктивності посівів нуту та підвищити загальну урожайність насіння до 2,42 т/га. Із проведених агротехнічних прийомів найбільше ефективним виявилось внесення мінеральних добрив, де прибавка урожайності насіння була на рівні 0,38–0,84 т/га. Застосування біологічного інокулянту надало можливість збільшити продуктивність посівів нуту до 1,64 т/га, а у варіантах її поєднання із позакореневим підживленням посівів В величина даного показника становила 1,68 т/га.

Ключові слова: нут, мінеральні добрива, мікродобриво, біологічний інокулянт, величина листової поверхні, елементи продуктивності рослин, урожайність.

Yeremko L.S., Sviatetskiy V.A. Nutritional regime of plants as a key factor in the formation of chickpea yield

The aim is to determine the effect of a biological inoculant based on the nitrogen-fixing bacterium *Mesorhizobium ciceri*, mineral fertilizers, and the microfertilizer В, as well as their combinations, on the growth and development of plants and the yield of chickpeas. **Methods.** Field experiment was carried out on the black soil of the Poltava State Agricultural Research Station named after M.I. Vavilov of Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS. A two-factor experiment was employed to study the effect of the biological inoculant BiNitro Chickpea, containing nitrogen-fixing nodule bacteria *Mesorhizobium ciceri* with a titer of at least 2×10^9 CFU/cm³ and their metabolic products (phytohormones, amino acids, vitamins) at a dosage of 2.0 L per 1 ton of seed (factor A); different levels of mineral fertilization: $N_0P_0K_0$, $N_0P_{35}K_{35}$, $N_{20}P_{70}K_{70}$, $N_0P_0K_0+B$, $N_0P_{35}K_{35}+B$, $N_{20}P_{70}K_{70}+B$ (factor B) and their combinations on the parameters of photosynthetic activity of crops, the value of plant productivity elements, and the yield of chickpea crops. **The results** of the study showed the positive effect of biological inoculant, mineral fertilizers, and micro-nutrient as well as their combinations, on leaf surface area, the duration and productivity of its photosynthetic activity, plant production of above-ground organic biomass, the size of structural yield components, and the overall productivity of chickpea crops. **Conclusions.** The comprehensive application of the biological inoculant, microfertilizers, and mineral fertilizers at a rate of $N_{20}P_{70}K_{70}$ created the most favorable conditions for leaf surface development and its photosynthetic activity, individual plant productivity, and total chickpea crop yield, reaching up to 2.42 t/ha. Among the agronomic practices employed, the application of mineral fertilizers proved to be the most effective, resulting in a yield increase of 0,38–0,84 t/ha. The use of a bacterial inoculant made it possible to increase chickpea crop productivity to 1,64 t/ha, and in treatments combining it with foliar fertilization, this indicator amounted to 1.68 t/ha.

Key words: chickpeas, mineral fertilizers, microfertilizer, biological inoculant, leaf area, plant productivity elements, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026