УДК 635.646:631.82:632.93
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.30

ОПТИМІЗАЦІЯ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ БАКЛАЖАНА ЗА ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Сергієнко О.В. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
заступник директора з наукової роботи,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2754-306X
Сєвідов В.П. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри плодоовочівництва і зберігання продукції рослинництва,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-3826-5149
Сєвідов І.В. *– д.філос.,*
докторант відділу новітніх технологій вирощування овочевих
і баштанних культур,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-1627-8296

У статті наведено результати досліджень впливу різних рівнів мінерального живлення та біологічних фунгіцидних препаратів Споромакс-Т і Споромакс-В на чисту продуктивність фотосинтезу, фітосанітарний стан і врожайність гібридів F1 Дестан і Казимір у технології вирощування баклажана в умовах захищеного ґрунту України. Встановлено, що реакція рослин баклажана на рівень живлення залежала від біологічного препарату. Найвищу чисту продуктивність фотосинтезу сформовано за поєднання $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В для гібридів: Дестан F1 – 4,13 г/росл. за добу та Казимір F1 – 4,24 г/росл. за добу. За цього варіанта площа листкової поверхні у фазу плодоношення становила відповідно 9900 і 9600 см²/росл., а суха маса рослин – 49 і 52 г. Водночас підвищення рівня мінерального живлення до $N_{120}P_{120}K_{120}$ не супроводжувалося подальшим зростанням фотосинтетичної продуктивності. Застосування біологічних препаратів позитивно вплинуло на фітосанітарний стан рослин і плодів. Найнижчу ураженість рослин зафіксовано за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В для гібридів: Дестан F1 – 16,7% та Казимір F1 – 12,5%. Ураженість плодів за цим варіантом досліду становила відповідно 2,9 та 2,8%. Подальше підвищення рівня мінерального живлення до $N_{120}P_{120}K_{120}$ супроводжувалося зростанням ураженості. Найвищу врожайність також отримано за інтегрованого застосування $N_{90}P_{90}K_{90}$ та Споромакс-В для гібридів: Дестан F1 – 8,2 кг/м² та Казимір F1 8,5 кг/м².

Таким чином, за сукупністю показників фотосинтетичної діяльності, фітосанітарного стану та загальної врожайності найбільш ефективним визначено поєднання рівня мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ з біологічним препаратом Споромакс-В, що дало змогу підвищити ефективність формування асиміляційного апарату, знизити ураженість рослин і плодів та реалізувати продуктивний потенціал гібридів баклажана.

Ключові слова: *баклажан, мінеральне живлення, біологічні фунгіциди, фотосинтетична продуктивність, фітосанітарний стан, урожайність.*

© Сергієнко О.В., Сєвідов В.П., Сєвідов І.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Serhiienko O.V., Sievidov V.P., Sievidov I.V. Optimization of nitrogen nutrition of eggplant under the influence of biological preparations

The article presents the results of studies investigating the effects of different levels of mineral nutrition and biological fungicidal preparations, Sporemax-T and Sporemax-B, on net photosynthetic productivity, phytosanitary status, and yield of the F1 hybrids Destan and Kazimir in the cultivation technology of eggplant under protected-soil conditions in Ukraine. It was established that the response of eggplant plants to the level of mineral nutrition depended on the biological preparation used. The highest net photosynthetic productivity was recorded with the combination of $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Sporemax-B, reaching 4.13 g plant^{-1} day^{-1} in the F1 hybrid Destan and 4.24 g plant^{-1} day^{-1} in the F1 hybrid Kazimir. Under this treatment, the leaf area during the fruiting stage was 9,900 and 9,600 cm² plant^{-1}, respectively, while plant dry matter amounted to 49 and 52 g. At the same time, increasing the level of mineral nutrition to $N_{120}P_{120}K_{120}$ did not result in a further increase in photosynthetic productivity. The application of biological preparations had a positive effect on the phytosanitary status of plants and fruits. The lowest disease incidence in plants was recorded under $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Sporemax-B, amounting to 16.7% in the F1 hybrid Destan and 12.5% in the F1 hybrid Kazimir. Under this treatment, fruit disease incidence was 2.9 and 2.8%, respectively. A further increase in the level of mineral nutrition to $N_{120}P_{120}K_{120}$ was accompanied by an increase in disease incidence. The highest yield was also obtained with the integrated application of $N_{90}P_{90}K_{90}$ and Sporemax-B, reaching 8.2 kg m^{-2} in the F1 hybrid Destan and 8.5 kg m^{-2} in the F1 hybrid Kazimir.

Thus, based on the combined assessment of photosynthetic activity, phytosanitary status, and productivity, the combination of the $N_{90}P_{90}K_{90}$ mineral nutrition level with the biological preparation Sporemax-B was identified as the most effective. This treatment improved the development of the assimilation apparatus, reduced disease incidence in plants and fruits, and promoted the realization of the productive potential of the eggplant hybrids.

Key words: *eggplant, mineral nutrition, biological fungicides, photosynthetic productivity, phytosanitary status, disease incidence, yield.*

Постановка проблеми. Сучасна концепція мінерального живлення передбачає не максимізацію кількості добрив, а оптимізацію їх використання відповідно до біологічних потреб культури та умов вирощування. Перспективним напрямом такої оптимізації є біологізація технології із залученням мікробних препаратів, здатних впливати на ризосферні процеси, мобілізацію поживних елементів і фізіологічний стан рослин.

Баклажан (*Solanum melongena L.*) належить до культур, продуктивність яких значною мірою визначається узгодженістю між рівнем мінерального живлення, функціонуванням асиміляційного апарату та умовами формування врожаю. Установлено, що баклажан виявляє високу вимогливість до наявності доступних сполук азоту протягом основних етапів онтогенезу, оскільки рівень азотного живлення безпосередньо пов'язаний з інтенсивністю росту, формуванням асиміляційного апарату та накопиченням органічної речовини [1–3]. Особливого значення це має для споруд захищеного ґрунту, де інтенсивність продукційного процесу супроводжується підвищеною потребою у доступних елементах живлення. Надмірне або недостатнє надходження азоту змінює характер ростових процесів, впливає на формування асиміляційного апарату та може обмежувати реалізацію продуктивного потенціалу гібридів баклажана [4–6].

Водночас ефективність використання мінерального азоту визначається не лише його концентрацією у ґрунтовому розчині, а й процесами трансформації поживних речовин у ризосфері та функціональною активністю ґрунтової мікробіоти. Застосування ризосферних бактерій є одним із перспективних способів підвищення доступності азоту та оптимізації живлення рослин [7–9]. Мікроорганізми можуть брати участь у фіксації атмосферного азоту, мобілізації поживних елементів і синтезі біологічно активних сполук, які впливають на розвиток кореневої системи та фізіологічний стан рослин. За таких умов біологічний компонент

технології має не лише трофічне, а й регуляторне значення. Особливе значення має поєднання мікробних препаратів із диференційованими рівнями мінерального живлення [10–12].

Використання мікробних препаратів створює передумови для регулювання ризосферних процесів, покращення доступності поживних елементів та підтримання функціональної активності кореневої системи [13, 14]. Важливе значення має застосування біологічних засобів на основі бактеріальних культур, які можуть впливати на мікробіологічні взаємодії у прикореневій зоні та обмежувати розвиток фітопатогенних організмів.

Такий підхід відповідає сучасній концепції біологізації овочівництва, за якої мінеральне живлення розглядається у взаємозв'язку з біологічною активністю ґрунту та фітосанітарним станом агроценозу [15–17]. Відповідно, важливим є не збільшення абсолютних норм мінеральних добрив, а формування керованої системи живлення, у якій мінеральний та біологічний компоненти доповнюють один одного [18–20].

Не менш важливим є фітосанітарний стан рослин, який тісно пов'язаний із системою живлення. Біологічні препарати на основі мікроорганізмів мають потенціал для комплексного впливу на ці процеси, оскільки можуть поєднувати регуляторну, трофічну та біозахисну дію [21]. В умовах плівкових теплиць така взаємодія потребує окремого обґрунтування, оскільки ефективність біологічних агентів визначається не тільки властивостями препарату, а й рівнем мінерального живлення, властивостями ґрунту та генотиповими особливостями рослин.

Загалом поєднання оптимізованого азотного живлення та мікробних препаратів відповідає сучасній тенденції до біологізації овочівництва та раціонального використання ресурсів. Вивчення взаємодії цих чинників дає змогу розглядати врожайність не як ізольований результат окремого агрозаходу, а як інтегральний прояв функціонування рослинного організму за певного поєднання умов живлення та біологічного впливу.

Мета статті: дослідити вплив норм мінерального живлення та елементів біологізації на фотосинтетичну активність, стійкість до хвороб, врожайність та біохімічні показники якості плодів баклажана в умовах відкритого і захищеного ґрунту України.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженнях використовували загальноприйняті польові та лабораторні методи досліджень. Схемою досліду передбачалося дослідження рівнів мінерального живлення за схемою NPK: $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ і $N_{120}P_{120}K_{120}$ діючої речовини. Для забезпечення відповідних рівнів живлення використовували аміачну селітру, суперфосфат і сульфат калію, які вносили під час осінньої глибокої обробки ґрунту.

Для захисту рослин від хвороб застосовували біологічні фунгіцидні препарати Споромакс-Т (діюча речовина: спори та міцелій грибів роду *Trichoderma spp.*, титр не менше 5×10^8 КУО/г) та Споромакс-В (діюча речовина: спори бактерій *Bacillus subtilis*, титр не менше 1×10^9 КУО/г). У досліді було проведено дві обробки рослин препаратом у концентрації 1,5 г/л робочого розчину. Норма витрати робочого розчину становила 10 л на 100 м², що відповідало 1000 л/га. Першу обробку було проведено відповідно до схеми досліду, а повторну через 14 діб після першої. За кожної обробки використовувалося 15 г препарату на 100 м², або 1,5 кг/га. Загальна витрата препарату за дві обробки становила 30 г на 100 м², або 3,0 кг/га.

Об'єктом проведених досліджень були ростові процеси, особливості формування асиміляційного апарату та продуктивність рослин баклажана за вирощування в різних умовах. Упродовж вегетаційного періоду здійснювали спостереження за перебігом ростових процесів і формуванням рослин. На підставі

проведених обліків встановлювали рівень продуктивності рослин та формування врожаю за відповідних умов вирощування.

Результати досліджень. В роботі представлені результати польових експериментів, проведених протягом 2024–2025 років у весняно-літніх плівкових теплицях на базі сертифікованих дослідних ділянок. Розвиток асиміляційного апарату рослин баклажана чітко корелював із варіантами живлення та генетичними особливостями досліджуваних генотипів. У досліді з оптимізації азотного живлення баклажана за впливу біологічних препаратів оцінено реакцію рослин гібридів F1 Дестан і Казимір на різні рівні мінерального живлення у поєднанні з препаратами Споромакс-Т та Споромакс-В. Одержані результати характеризують особливості формування фотосинтетичного апарату та його продуктивності залежно від поєднання досліджуваних факторів. (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив інтегрованих систем живлення на фотосинтетичні параметри посівів баклажана (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Гібрид F1	Фаза цвітіння		Фаза плодоношення		ЧПФ, г/росл. за добу
		Площа листової поверхні, см²/росл.	Суха маса однієї рослини, г	Площа листової поверхні, см²/росл.	Суха маса однієї рослини, г	
Контроль (без обробки)	Дестан	3950	16	9000	43	3,64
	Казимір	3450	16	8100	41	3,95
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-Т	Дестан	4200	18	9700	49	3,86
	Казимір	3500	18	8850	44	4,02
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-В	Дестан	4100	20	9400	48	4,03
	Казимір	3200	21	9000	42	4,13
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-Т	Дестан	3600	16	10500	47	3,57
	Казимір	3750	18	9400	49	4,08
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В	Дестан	3450	20	9900	49	4,13
	Казимір	3800	19	9600	52	4,24
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-Т	Дестан	4600	19	12200	46	3,10
	Казимір	4800	20	12000	49	3,29
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В	Дестан	4650	16	12600	48	2,97
	Казимір	4850	17	11850	47	3,07
$НІР_{05}$		*318,4*	*1,01*	*829,9*	1,82	0,26

Примітка: При проведенні розрахунків ЧПФ аналізували часовий інтервал між фазами масового цвітіння та першого збору плодів баклажана.

В розрізі гібридів, для гібрида Дестан максимальне значення ЧПФ за досліджуваними варіантами живлення та біологічних препаратів визначено за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В – 4,13 г/росл. за добу, на 13,5% більше контролю, мінімальне за $N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В – 2,97 г/росл. за добу, на 18,4% менше контролю. Для гібрида Казимір максимальне значення ЧПФ визначено за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В – 4,24 г/росл. за добу, на 7,3% більше контролю, а мінімальне за $N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В – 3,07 г/росл. за добу, на 22,3% менше контролю.

Загалом за показником ЧПФ найвищі значення отримано за варіантами поєднання мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ та дії препарату Споромакс-В для обох

досліджуваних гібридів. За застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ обидва біологічні препарати забезпечували значення ЧПФ, вищі за відповідний контрольний рівень, за застосування Споромакс-В для обох гібридів, тоді як для Споромакс-Т для гібрида Дестан значення ЧПФ було на 1,9% менше контролю. За застосування добрив у концентраціях $N_{120}P_{120}K_{120}$ обидва препарати для обох гібридів характеризувалися значеннями ЧПФ нижче контролю. За досліджуваними рівнями азотного живлення та біологічними препаратами найвище значення ЧПФ визначено для поєднання $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В.

Вирощування баклажана супроводжується комплексом фітосанітарних ризиків, серед яких особливе місце посідають інфекційні хвороби, спричинені грибними, ооміцетними, бактеріальними та вірусними патогенами. Фітосанітарний моніторинг засвідчив помітну реакцію рослин і плодів баклажана на поєднання мінерального живлення з препаратами Споромакс-Т та Споромакс-В. Зміна рівня забезпечення елементами живлення супроводжувалася неоднаковою інтенсивністю ураження у гібридів F1 Дестан та Казимір, що свідчить про певні відмінності їх реакції на застосовані агротехнологічні заходи (табл. 2).

Таблиця 2

Ураженість рослин і плодів баклажана залежно від рівня мінерального живлення та застосування препаратів (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Гібрид F1	Рослини			Плоди		
		Загальна кількість, шт	Кількість уражених, шт.	Ураженість, %	Загальна кількість, шт	Кількість уражених, шт.	Ураженість, %
Контроль (без обробки)	Дестан	24	8	33,3	384	26	6,8
	Казимір	24	7	29,2	336	24	7,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-Т	Дестан	24	6	25,0	372	16	4,3
	Казимір	24	6	25,0	336	15	4,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-В	Дестан	24	5	20,8	396	12	3,0
	Казимір	24	6	25,0	372	11	3,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-Т	Дестан	24	4	16,7	408	14	3,4
	Казимір	24	4	16,7	336	15	4,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В	Дестан	24	4	16,7	384	11	2,9
	Казимір	24	3	12,5	396	11	2,8
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-Т	Дестан	24	4	16,7	408	18	4,4
	Казимір	24	6	25,0	360	16	4,4
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В	Дестан	24	5	20,8	384	16	4,2
	Казимір	24	5	20,8	360	15	4,2
$НІР_{05}$		-	*0,79*	*3,29*	-	*2,61*	0,77

Застосування Споромакс-Т на фоні мінерального живлення супроводжувалося зниженням ураженості рослин для обох досліджуваних гібридів. За $N_{60}P_{60}K_{60}$ цей показник для гібридів Дестан і Казимір становив 25,0%, що відповідно на 24,9% та 14,4% менше контролю. Підвищення рівня живлення до $N_{90}P_{90}K_{90}$ посилило прояв захисної дії препарату, ураженість зменшилася до 16,7%, на 49,8% менше контролю для гібриду Дестан та на 42,8% для гібрида Казимір. Подальше збільшення

дози мінеральних добрив до $N_{120}P_{120}K_{120}$ для гібрида Дестан показала такий самий рівень уражених рослин – 16,7%. Для гібрида Казимір відбулося зростання ураженості до 25,0%, на 14,4% менше контролю.

Найнижчий рівень ураження плодів сформувався за використання Споромакс-В. За $N_{60}P_{60}K_{60}$ для досліджуваних гібридів отримано однаковий показник – 3,0%, (для гібрида Дестан це на 55,9% менше контролю, для гібрида Казимір на 57,7% менше контролю). Підвищення мінерального живлення до $N_{90}P_{90}K_{90}$ супроводжувалося подальшим скороченням ураженості. Для гібрида Дестан вона становила 2,9%, на 57,4% менше контролю. Для гібрида Казимір зафіксовано 2,8%, на 60,6% менше контролю. Саме це значення було мінімальним серед усіх показників ураженості плодів. За $N_{120}P_{120}K_{120}$ для досліджуваних гібридів рівень ураження становив по 4,2% (для гібрида Дестан це на 38,2% менше контролю, а для гібрида Казимір на 40,8% менше контролю).

Отже, застосування Споромакс-В забезпечувало найнижчу ураженість плодів у всьому комплексі досліджуваних варіанті за рівня $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 2,8–4,2%, для гібридів F1 Дестан і Казимір рівень ураження плодів за цього поєднання був відповідно на 57,4% та 60,6% меншим контролю.

Покращення фізіологічного стану рослин та оптимізація ризосферних процесів забезпечили суттєве підвищення загальної продуктивності досліджуваних сортів та гібридів баклажана (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність гібридів баклажана залежно від рівня мінерального живлення та застосування препаратів, за 2022–2024 роки, кг/гм²

Варіант досліду	Гібрид F1	Урожайність	Приріст урожайності	
			кг/гм²	%
Контроль (без обробки)	Дестан	6,0	-	-
	Казимір	6,5	-	-
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-Т	Дестан	6,7	0,7	11,7
	Казимір	7,0	0,5	16,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-В	Дестан	7,2	1,2	20,0
	Казимір	7,5	1,0	25,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-Т	Дестан	7,5	1,5	25,0
	Казимір	8,0	1,5	33,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В	Дестан	8,2	1,7	36,7
	Казимір	8,5	2,0	30,8
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-Т	Дестан	6,8	0,8	13,3
	Казимір	7,0	0,5	7,7
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В	Дестан	7,6	1,6	26,7
	Казимір	7,7	1,2	18,5
HIP_{05}		0,39	-	-

У досліді з оптимізації азотного живлення баклажана за впливу біологічних препаратів урожайність визначено залежно від рівня мінерального живлення, виду біологічного препарату та гібридних особливостей рослин. Максимальні значення за кожним із досліджуваних факторів характеризують найбільш результативні поєднання умов живлення та біологічного впливу.

За внесення мінерального живлення максимальну урожайність визначено за рівня $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 8,5 кг/м² для гібрида Казимір за застосування Споромакс-В, на 30,8% більше контролю. Для гібрида Дестан за цього рівня живлення максимальну урожайність визначено на рівні 8,2 кг/м² за застосування Споромакс-В, на 36,7% більше контролю.

Таким чином дослідження динаміки азотного режиму ґрунту показали, що внесення максимальної мінеральної дози азоту $N_{120}P_{120}K_{120}$ призводило до різкого зростання концентрації нітратного азоту в орному шарі на початкових етапах вегетації рослин із подальшим його стрімким вимиванням у нижні горизонти ґрунтового профілю. Ці процеси спричиняють депресивну дію високих концентрацій мінерального азоту на діяльність аборигенної мікрофлори порівняно з природним фоном. Натомість дія помірних доз азоту $N_{90}P_{90}K_{90}$ дозволяє оптимізувати біологічні процеси в ризосфері баклажана. За сукупністю факторів максимальну урожайність баклажана визначено за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дослідження (2024–2025 рр.) підтвердили, що рівень мінерального живлення істотно впливав на формування асиміляційного апарату та фотосинтетичну продуктивність рослин баклажана. Найбільш сприятливим для формування продуктивного фотосинтетичного апарату виявилося поєднання $N_{90}P_{90}K_{90}$ із застосуванням Споромакс-В. Застосування препарату Споромакс-В на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечувало найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу: 4,13–4,24 г/росл. за добу. Ураженість рослин за цим варіантом досліду була мінімальною та становила 12,5–16,7%, а ураженість плодів відповідно 2,8–2,8%, що було на 57,4–60,6% менше контрольних показників. Оптимізація мінерального живлення в поєднанні з біологічним захистом сприяла підвищенню врожайності баклажана. Максимальну врожайність – 8,2–8,5 кг/м² отримано також за варіантом із $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В. Приріст урожайності порівняно з контролем становив відповідно 30,8–36,7%. Подальше підвищення рівня мінерального живлення до $N_{120}P_{120}K_{120}$ не забезпечувало відповідного зростання врожайності.

За сукупністю показників фотосинтетичної діяльності, фітосанітарного стану та продуктивності найбільш ефективним варіантом досліду виявилося поєднання помірного рівня мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ із застосуванням біологічного препарату Споромакс-В. Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення ефективності різних способів внесення та дозування мікробіологічних препаратів, а також на вивчення їх взаємодії з іншими елементами системи живлення баклажана.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рогач В.В., Кірізій Д.А., Стасик О.О., Рогач Т.І. Морфогенез, фотосинтез і продуктивність баклажанів за впливу регуляторів росту з різними механізмами дії. *Фізіологія рослин і генетика.* 2020. № 52, № 2. С. 152–168. https://doi.org/10.15407/frg2020.02.152

2. Zhang Q., Wu S., Chen C., Shu L.-Z., Zhou X.-J., Zhu S.-N. Regulation of nitrogen forms on growth of eggplant under partial root-zone irrigation. *Agricultural Water Management.* 2014. № 142. Pp. 56–65. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.04.015

3. López-Cantarero I., Ruiz J.M., Hernández J., Romero L. Nitrogen metabolism and yield response to increases in nitrogen-phosphorus fertilization: Improvement in greenhouse cultivation of eggplant (Solanum melongena cv. Bonica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 1997. № 45, № 11. Pp. 4227–4231. https://doi.org/10.1021/jf970213g

4. Mauceri A., Bassolino L., Lupini A., Badeck F., Rizza F., Schiavi M., Toppino L., Abenavoli M.R., Rotino G.L., Sunseri F. Genetic variation in eggplant for nitrogen use efficiency under contrasting NO_3^- supply. *Journal of Integrative Plant Biology.* 2020. № 62, № 4. Pp. 487–508. https://doi.org/10.1111/jipb.12823

5. Flores R.A., Montes Nogueira Borges B.M., Almeida H.J., Prado R.M. Growth and nutritional disorders of eggplant cultivated in nutrients solutions with suppressed macronutrients. *Journal of Plant Nutrition.* 2015. № 38, № 7. Pp. 1097–1109. https://doi.org/10.1080/01904167.2014.963119

6. Aminifard M.H., Aroiee H., Fatemi H., Ameri A., Karimpour S. Responses of eggplant (Solanum melongena L.) to different rates of nitrogen under field conditions. *Journal of Central European Agriculture.* 2010. № 11, № 4. Pp. 453–458. https://doi.org/10.5513/JCEA01/11.4.863

7. Kaur T., Devi R., Negi R., Kumar S., Singh S., Rustagi S., Shreaz S., Rai A.K., Kour D., Yadav A.N. Microbial consortium with multifunctional attributes for the plant growth of eggplant (Solanum melongena L.). *Folia Microbiologica.* 2024. № 69, № 6. Pp. 1255–1266. https://doi.org/10.1007/s12223-024-01168-x

8. Padhiary G.G., Dubey A.K. Response of biofertilizers on growth and yield parameters of brinjal (Solanum melongena L.) cv. Azad B-3. *International Journal of Environment and Climate Change.* 2022. № 12, № 12. Pp. 261–266. https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i121462

9. Kiran S., Baysal Furtana G., Ellialtioğlu Ş.Ş. Inoculation with Azotobacter spp. improves eggplant tolerance to combined salt and drought stress. *Journal of Plant Growth Regulation.* 2025. № 44. Pp. 5496–5511. https://doi.org/10.1007/s00344-025-11775-8

10. Куц О.В., Онищенко О.І., Чаюк О.О., Коноваленко К.М., Ільїнова Є.М. Використання мікробних препаратів та гумінових добрив за вирощування баклажана в плівкових теплицях. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2023. № 19, № 6. DOI: 10.31548/dopovidi6(106).2023.008

11. Al Ali M., Gencoglan C., Gençoğlan S. The effects of organic and inorganic fertilizer applications on yield and plant vegetative growth of eggplant (Solanum melongena L.). *International Journal of Plant & Soil Science*. 2019. № 29, № 1. Pp. 1–9. https://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v29i130132

12. Sivasakthi S., Usharani G., Saranraj P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) — Pseudomonas fluorescens and Bacillus subtilis: A review. African Journal of Agricultural Research. 2014. № 9, № 16. Pp. 1265–1277.

13. Ma Y., Ding J., Nie Z. et al. Microbial inoculants alleviate continuous cropping obstacles in eggplant through soil properties and rhizosphere microbiota. *Microorganisms.* 2026. № 14, № 3. Pp. 672. https://doi.org/10.3390/microorganisms14030672

14. Abdelhadi A.I.A., El-Ashry R.M., Khairy A.M., Elakkad H.A., Aioub A.A.A. et al. Restoration of fumigated soil biota with plant growth-promoting rhizobacteria to counteract Meloidogyne incognita (Tylenchida: Heteroderidae) boosts eggplant growth and defenses. *European Journal of Plant Pathology*. 2024. № 169. Pp. 841–856. https://doi.org/10.1007/s10658-024-02873-6

15. Chatzistathis T., Sarropoulou V., Papaioannou E., Giannakoula A. Inorganic and organic fertilization effects on the growth, nutrient uptake, chlorophyll fluorescence and fruit quality in Solanum melongena L. plants. *Agronomy.* 2025. № 15, № 4. Pp. 872. https://doi.org/10.3390/agronomy15040872

16. Panda S.A., Sinha B., Sahoo B.B., Phonglosa A., Nayak B.S., Nayak R.K., Dash A.K., Dalei B.B. Impact of foliar application of nano urea on yield, nutrient uptake and fruit quality of brinjal (Solanum melongena L.) in the Western Undulating Zone of Odisha, India. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024. № 36, № 9. Pp. 19–29. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i94948

17. Zhou C., Zhang H., Yu S., Chen X., Li F., Wang Y., Wang Y., Liu L. Optimizing water and nitrogen management strategies to improve their use efficiency, eggplant

yield and fruit quality. *Frontiers in Plant Science*. 2023. № 14. Pp. 1211122. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1211122

18. Prusty M., Panda N., Dash A.K., Mishra N. Nutrient management modules for eggplant (Solanum melongena L.): Yield, quality, economics, nutrient uptake and post-harvest soil properties. *Journal of the Indian Society of Coastal Agricultural Research*. 2022. № 40, № 1. Pp. 46–53. https://doi.org/10.54894/JISCAR.40.1.2022.112565

19. Abrantes E.G., Rocha J.L.A., de Paiva K.F., Rocha R.H.C., da Silva A.P., Gondim A.R.O., Santos E. da N., Marcelino R.M.O. da S. Gas exchange and nitrogen compartmentalization of eggplant under nitrogen and silicon doses. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2019. № 38, № 2. Pp. 1–8. https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v38i230295

20. Luo P., Xin C., Zhu Y., Liu Y., Ling J., Wang T., Huang J., Khu S.-T. Effect of rational fertilizer for eggplants on nitrogen and phosphorus pollutants in agricultural water bodies. *Processes*. 2023. № 11, № 2. Pp. 579. https://doi.org/10.3390/pr11020579

21. Sharma M., Delta A.K., Brar N.S., Yadav A., Dhanda P.S., Baslam M., Kaushik P. Rhizophagus irregularis and Azotobacter chroococcum uphold eggplant production and quality under low fertilization. *International Journal of Plant Biology*. 2022. № 13, № 4. Pp. 601–612. https://doi.org/10.3390/ijpb13040048

Дата першого надходження статті до видання: 09.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026