

## Yield of field pea varieties for grain and vegetable use depending on seed inoculation

N. Shokalo | M. Kulyk | I. Rozhko | V. Demianchenko

## Article info

**Citation:** Shokalo, N., Kulyk, M., Rozhko, I., & Demianchenko, V. (2026). Yield of field pea varieties for grain and vegetable use depending on seed inoculation. *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 74–80. doi: 10.31210/spi2026.29.01.12

Correspondence Author  
I. Rozhko  
E-mail:  
[ilona.rozhko1@ukr.net](mailto:ilona.rozhko1@ukr.net)

Poltava State Agrarian  
University,  
Skovoroda Str., 1/3,  
Poltava, 36000, Ukraine

The research focused on increasing plant protein yield through organic farming methods in legume cultivation is highly relevant to strengthening Ukraine's food security. Among the legumes considered as a source of protein, field pea (*Pisum sativum* L.) for grain and vegetable use occupies an important place in the structure of the area under crops. The optimization and bipolarization of pea cultivation technologies aim to increase yields through variety selection and cultivation technology, which determine the relevance of the chosen research topic. The research aims to determine the yield of field peas for various uses, depending on variety and to improve cultivation technology through the application of inoculants. Registered varieties of peas intended for grain production – Album, Haiduk and Stabil as well as vegetable pea varieties Omeha, Lipton and Leia were used in the research. Research results showed that grain-type pea varieties provide significantly higher grain yields, ranging from 2.8 to 3.7 t/ha, with an increase over control of 0.14–0.37 t/ha, compared to vegetable-type peas which produced 1.8–3.1 t/ha, where the increase over the control ranged from 0.18 to 0.33 t/ha. However, it was determined that field pea varieties formed significantly higher yields under the conditions of 2025: for grain-type peas (2.85–3.86 t/ha), for vegetable-type peas (2.51–3.24 t/ha), compared to 2024 (grain-type: 2.52–3.51 t/ha, vegetable-type: 2.12–3.03 t/ha), which was characterized by arid conditions during the spring–summer period. On average over the research period, the variety Haiduk proved to be the most productive among the grain-type pea varieties (3.69 t/ha); when treated with the BiNitro inoculant, the yield increased by 0.37 t/ha. Among vegetable pea varieties, Lipton showed the highest yield (3.14 t/ha), with an increase of 0.18 t/ha when treated with the Rizoaktiv legumes inoculant. It was established that, among the factors studied, weather conditions of the research years had the greatest influence on the yield of pea varieties (39.0–49.0 %). Varietal characteristics (18.0–20.0 %) and seed inoculation (14.0–16.0 %) also had a significant influence as well as their interaction (2.0–12.0 %). The research results indicate that the highest yields among grain-type pea varieties were obtained with the BiNitro inoculant: Haiduk (3.69 t/ha), Stabil (3.31 t/ha), and Album (2.84 t/ha). Vegetable pea varieties significantly increased grain yield when Rizoaktiv legumes inoculant was applied, particularly Lipton (3.14 t/ha), Omega (2.60 t/ha) and Leia (1.81 t/ha).

**Keywords:** field peas, use, variety, growing conditions, inoculant, yield increase, yield.

## Урожайність сортів гороху посівного зернового та овочевого напрямку використання залежно від застосування інокуляції насіння

Н. С. Шокало | М. І. Кулик | І. І. Рожко | В. С. Дем'яненко

Полтавський державний  
аграрний університет,  
м. Полтава, Україна

У контексті посилення продовольчої безпеки України дослідження, що спрямовані на збільшення обсягів отримання рослинного білка при біологізації агротехнології вирощування бобових культур, набувають особливої актуальності. З-поміж бобових культур, які розглядаються як ресурс для виробництва білка, горох посівний (*Pisum sativum* L.) зернового та овочевого напрямку використання займає важливе місце у структурі посівних площ сільськогосподарських культур. Оптимізація та біологізація агротехнології вирощування гороху спрямовані на збільшення врожайності залежно від підбору сортів та елементів технології вирощування культури, що обумовило актуальність обраної теми дослідження. Мета дослідження – визначити урожайність гороху посівного різного напрямку використання залежно від сорту, удосконалити технології його вирощування за застосування інокулянтів. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на опідзолених чорноземах у ґрунтово-кліматичних умовах Полтавського регіону. Матеріалом для дослідження були зареєстровані сорти гороху посівного зернового напрямку використання: Альбум, Гайдук і Стабіль, а також сорти гороху овочевого: Омеха, Ліптон і Лея. За результатами досліджень встановлено, що сорти гороху зернового напрямку використання забезпечують суттєво вищу врожайність зерна у межах 2,8–3,7 т/га з приростом до контролю 0,14–0,37 т/га, порівняно з овочевим 1,8–3,1 т/га, приріст до контролю був у межах – від 0,18 до 0,33 т/га. Водночас, визначено, що істотно більшу врожайність сорти гороху посівного формують в умовах 2025 року: для зернового (2,85–3,86 т/га), для овочевого (2,51–3,24 т/га), порівняно з 2024 роком (зерновий: 2,52–3,51 т/га, овочевий: 2,12–3,03 т/га), який у весняно-літній періоді відзначався посушливими умовами. У середньому за роки дослідження з-поміж сортів гороху зернового найбільш урожайним був сорт Гайдук (3,69 т/га), з приростом врожаю 0,37 т/га на варіантах із застосуванням інокулянта BiNitro, а овочевого – сорт Ліптон (3,14 т/га, прибавка 0,18 т/га) при застосуванні для інокуляції препарату Ризоактив бобові. З-поміж досліджуваних чинників найбільший вплив на врожайність сортів гороху мають погодні умови років дослідження (39,0–49,0 %), істотний вплив також мають: сортові властивості культури (18,0–20,0 %) та інокуляція насіння (14,0–16,0 %), а також їх взаємодія (2,0–12,0 %). Встановлено, що найбільшу врожайність забезпечують сорти гороху зернового напрямку використання під час застосування інокулянта BiNitro: Гайдук (3,69 т/га), Стабіль (3,31 т/га) та Адбум (2,84 т/га). Сорти гороху овочевого істотно збільшують врожайність зерна під час застосування для інокуляції препарату Ризоактив бобові: Ліптон (3,14 т/га), Омеха (2,60 т/га) та Лея (1,81 т/га).

**Ключові слова:** горох посівний, напрями використання, сорт, умови вирощування, інокулянти, прибавка врожаю, урожайність.

**Бібліографічний опис для цитування:** Шокало Н. С., Кулик М. І., Рожко І. І., Дем'яненко В. С. Урожайність сортів гороху посівного зернового та овочевого напрямку використання залежно від застосування інокуляції насіння. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. № 29 (1). С. 74–80.



## Вступ

На сьогодні сталому розвитку світового сільського господарства сприяють зернові бобові культури. Серед них горох займає найбільші посівні площі – близько 5 млн. га. Це майже 30 % від світової площі, де вирощують дану культуру. У зерні гороху міститься від 16 до 36 % білка, близько 54 % вуглеводів, 1,6 % жиру і більше 3 % зольних речовин, що зумовлює цінні продовольчі і кормові якості цієї культури [1].

Науково доведено, що білок зерна гороху повноцінний за амінокислотним складом, а засвоєння його відбувається у 1,5 раза краще, ніж білок пшениці. Зокрема, в зерні гороху міститься 4,66 % лізину, 11,4 % аргініну, 1,17 % триптофану від сумарної кількості білка, у той час як білок пшениці містить у своєму складі тільки 2,32 % лізину та 3,56 % аргініну [2, 3]. Через це горох у всьому світі визнано як недороге і доступне джерело протеїну, складних вуглеводів, вітамінів і мінералів. За рахунок високої поживності його вважають цінним продуктом харчування, що здатний забезпечити харчові потреби близько 800–900 млн. людей в усьому світі [4, 5].

До початку повномасштабного вторгнення росії наша країна за обсягом виробництва гороху на світовій мапі стояла поряд з країнами-лідерами: Канадою, Китаєм, Індією, Казахстаном, Австралією. Внаслідок загарбницьких дій країни-агресора припинили вирощувати горох на полях Донецької, Луганської, Запорізької, Херсонської областей. Значно зменшилося виробництво гороху через бойові дії на Миколаївщині і Харківщині. Війна створила гострий дефіцит ресурсного потенціалу в Україні. Крім того, недобір сирого протеїну виник через зниження родючості ґрунтів, пов'язане з нераціональною їх експлуатацією, недотриманням науково-обґрунтованої сівозміни, системи удобрення і захисту [6].

Ряд авторів вважає [7–10], що ефективність вирощування гороху знижується також і через порушення технологічних вимог під час догляду за культурою та повільне впровадження у виробництво нових високоврожайних сортів. Сучасні сорти здатні давати від 5,0 до 6,0 т/га зерна. Проте такий результат можливий лише за умови суворого дотримання технологій вирощування.

Разом із цим, дослідники відмічають часту втрату генетичного потенціалу гороху через застарілу матеріально-технічну базу, відсутність конкретних рекомендацій щодо технології вирощування нових сортів [11–14].

Тривалий процес окультурення та інтенсивна селекція гороху посівного призвели до трансформації метаболізму культури. Зокрема, відбулися зміни в системі азотного живлення рослин. У сучасних сортів частка симбіотрофної азотфіксації знизилася. Натомість домінуючим став автотрофний тип живлення, що передбачає активне поглинання мінеральних форм азоту з ґрунту.

Причина в тому, що селекція нових високопродуктивних сортів проводилася переважно в умовах достатнього або надмірного забезпечення ґрунту азотом. Регуляція вмісту доступного азоту в

ґрунті формує співвідношення між типами азотного живлення в ньому. За надлишкового вмісту доступного азоту утворення бульбочкових бактерій, а отже, і симбіотична фіксація в агроценозі пригнічується. Тому внесення азотних добрив у ґрунт під час вирощування бобових культур вважають економічно не вигідним.

Окрім того, застосування мінеральних добрив, особливо у високих дозах, спричиняє активізацію діяльності ґрунтової мікрофлори, яка мінералізує органічну речовину та зменшує вміст гумусу в ґрунті. Реалізувати потенціал продуктивності сучасних сортів гороху можливо тільки високоякісним посівним матеріалом [15, 16]. Підвищити посівні якості насіння можна шляхом застосування різних технологічних прийомів, таких як протруєння, обробка насінневого матеріалу біологічно активними препаратами, захисними і ріст-стимулюючими речовинами та рідкими комплексними добривами [17, 18].

Предметом наукових досліджень останніми роками є комплексні мікробіологічні препарати нового покоління. Вони характеризуються високою біологічною активністю за рахунок наявності в них асоціативних або симбіотичних азотфіксаторів. Крім мікробних клітин, до їхнього складу входять фізіологічно активні речовини бактеріального походження, завдяки чому спектр їхнього позитивного впливу на культурні рослини суттєво розширюється [19].

За аналізом літературних джерел відомо [20–22], що для оптимізації умов функціонування симбіозу слід поєднувати під час інокуляції насіння ризобії азотфіксуючих бактерій та ризобії штамів мікроорганізмів, які мають здатність до фосфатомобілізації. Мікробні препарати, які покращують азотне і фосфорне живлення рослин, є безпечними для навколишнього середовища, мають позитивний вплив на рослини і є одними зі складових сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Також, загальновідомо, що початкова взаємодія між мікроорганізмами та рослиною під час формування симбіотичних зв'язків розпочинається вже на етапі проростання насіння бобових культур. У цей період насіння інтенсивно виділяє у ґрунтове середовище біологічно активні сполуки, які можуть впливати на властивості бульбочкових бактерій: стимулювати їхній ріст та активність, а також визначати здатність специфічних штамів ризобій утворювати симбіоз із рослиною. Бульбочкові бактерії, своєю чергою, виступають ініціаторами утворення на коренях бобових культур спеціалізованих структур – бульбочок. Після їх формування між рослиною та мікроорганізмами встановлюються симбіотичні зв'язки. Бактерії фіксують атмосферний азот і передають його рослині, а вона забезпечує їх необхідними поживними речовинами [23, 24].

Застосування біопрепаратів, що активують симбіотичну азотфіксацію у гороху, є ефективним засобом поліпшення умов живлення та розвитку рослин. Особливо важливо, що внесення таких препаратів під час передпосівної обробки сприяє активізації синтезу органічних речовин у процесі формування симбіотичного апарату в коренях, що, у свою чергу,

підвищує енергію проростання й схожість насіння, зміцнює стійкість рослин до стресових чинників та забезпечує приріст урожайності й покращення його якості. Важливо також враховувати позитивний вплив бактеризації на родючість ґрунтів і екологічний стан агроєкосистеми, оскільки біологічно фіксований азот частково замінює потребу в мінеральних азотних добривах [25–28].

### Мета дослідження

Мета дослідження – визначити урожайність гороху посівного різного напрямку використання залежно від сорту, удосконалити технології його вирощування під час застосування інокулянтів.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання:

1. Визначити вплив інокуляції насіння та умов року на врожайність гороху посівного зернового та овочевого напрямку використання;
2. Встановити сортову реакцію гороху посівного зернового та овочевого напрямку використання на застосування інокуляції;
3. Визначити частки впливу досліджуваних факторів на врожайність гороху зернового та овочевого напрямку використання.

### Матеріали і методи

Дослід проводився в польових умовах впродовж 2024–2025 рр. Експеримент закладено й проведено в умовах агрогосподарства, що територіально розташована у ґрунтово-кліматичних умовах зони центрального Лісостепу країни на чорноземах типових опідзолених.

Загальна площа ділянки становила 25 м<sup>2</sup>, облікової – 20 м<sup>2</sup>. Дослід закладався із чотириразовою повторюваністю: в кожному повторенні варіанти досліду розміщувалися рендомізованим методом.

Матеріалом для дослідження були зареєстровані сорти гороху посівного зернового напрямку використання: Албум, Гайдук і Стабіль, а також сорти гороху овочевого: Омега, Ліптон і Лея.

У дослідженні застосовували інокулянти: варіант 1 – без інокулянту (контроль); варіант 2 – BiNitro; варіант 3 – Нітрофікс горох; варіант 4 – Ризоактив бобові.

Закладку дослідних ділянок та проведення польових експериментів здійснено відповідно до методики дослідної справи в агрономії [29–30]. Застосовано схеми багатофакторного експерименту з урахуванням рекомендацій щодо вирощування бобових культур та відповідні методики [31].

Отримані результати аналізували на персональному комп'ютері за допомогою методів математичної статистики з визначенням НІР<sub>05</sub> за рівня значущості 5 %.

### Результати та їх обговорення

Роки проведення досліджень характеризувалися контрастними погодними умовами періоду вегетації

гороху посівного за кількістю опадів та середньодобовими температурами повітря (рис. 1 та рис. 2).

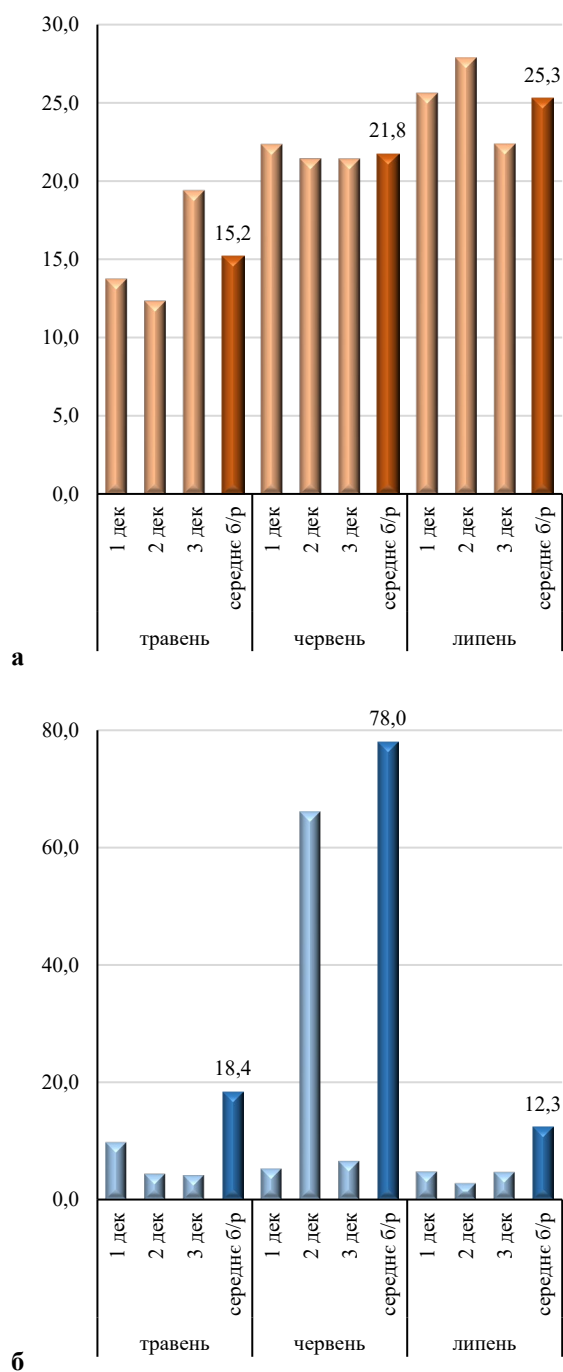
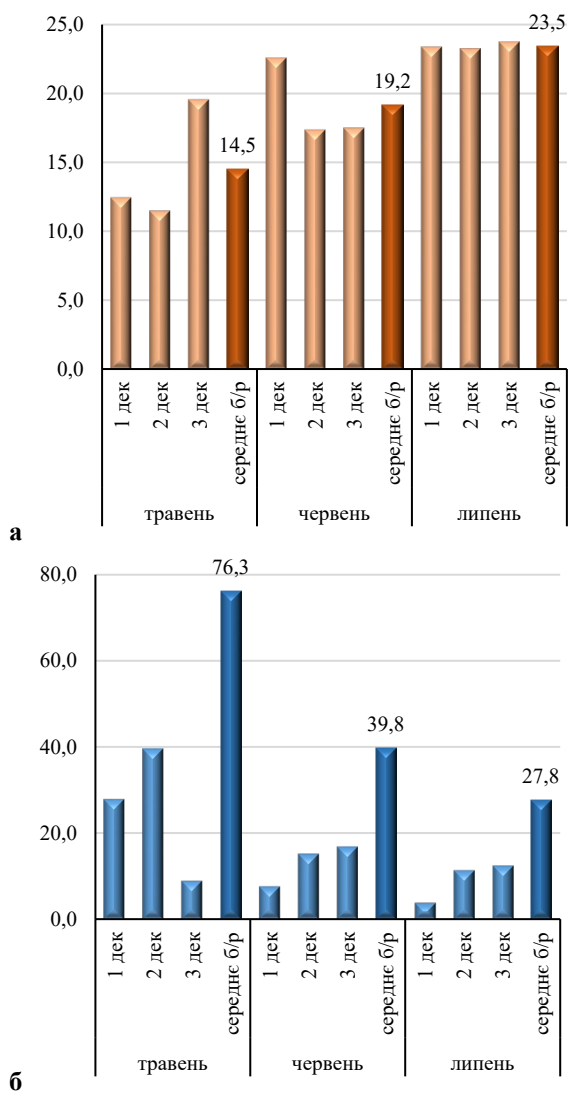


Рис. 1. Погодні умови періоду вегетації гороху посівного: а – температура повітря (°C), б – кількість опадів (мм), 2024 р.

Протягом вегетаційного періоду гороху в умовах 2024 року відмічено посушливі умови весняного періоду на фоні зростання середньодобових температур повітря. Водночас зимові запаси вологи в ґрунті сприяли проростанню насіння та отриманню добрих сходів, а незначна кількість опадів травня – прискорила ріст й розвиток рослин гороху. У другій декаді червня відмічено 64,0 мм опадів на фоні температур повітря, що відповідали середньобогаторічним значенням.



**Рис. 2.** Погодні умови періоду вегетації гороху посівного: а – температура повітря (°C), б – кількість опадів (мм), 2025 р.

**Таблиця 1**

Урожайність зерна гороху посівного зернового напрямку використання залежно від інокулянтів, 2024–2025 рр.

Сорт	Інокулянти*	Рік		Середнє за роки	+ / – до контролю
		2024	2025		
Албум	варіант 1	2,52	2,85	2,69	–
	варіант 2	2,65	3,01	2,83	0,14
	варіант 3	2,61	2,96	2,79	0,10
	варіант 4	2,59	2,88	2,74	0,04
Гайдук	варіант 1	3,21	3,42	3,32	–
	варіант 2	3,51	3,86	3,69	0,37
	варіант 3	3,47	3,77	3,62	0,30
	варіант 4	3,35	3,67	3,51	0,19
Стабіль	варіант 1	2,84	3,22	3,03	–
	варіант 2	3,12	3,50	3,31	0,28
	варіант 3	3,03	3,46	3,25	0,22
	варіант 4	2,94	3,38	3,16	0,13
Середнє		2,99	3,33	3,16	0,15
НІР <sub>05</sub> (рік)		–	–	0,021	–
НІР <sub>05</sub> (сорт)		0,091	0,106	–	–
НІР <sub>05</sub> (біопрепарат)		0,079	0,152	–	–

**Примітки:** \* – варіант 1 – без інокулянта (контроль); варіант 2 – ViNitro; варіант 3 – Нітрофікс горох; варіант 4 – Ризоактив бобові.

Погодні умови 2025 року були більш сприятливими для проростання насіння та вегетації рослин гороху на початкових етапах органогенезу: на фоні тренду зростання температури повітря відмічені в першій та другій декадах ефективні опади сприяли цьому.

За два роки досліджень сума опадів протягом періоду вегетації гороху була нижчою за середньо-багаторічну, значні відхилення спостерігалися і за температурою повітря. Літо було посушливим, з незначною кількістю опадів та температурою повітря, що відповідали середньо-багаторічним значенням або були вищими за цей показник.

Таким чином, погодні умови під час вегетації гороху зернового та овочевого напрямку використання дозволили оцінити реакцію сортів на умови вирощування та ефективність застосування інокуляції насіння.

За результатами досліджень встановлено, що у розрізі років та варіантів дослідження урожайність зерна сортів гороху зернового залежала від сорту, умов року та варіантів дослідження й варіювала у межах – від 2,52 до 3,86 т/га, а овочевого – від 1,20 до 3,24 т/га (*табл. 1 та табл. 2*).

Визначено, що найбільший приріст врожаю гороху зернового забезпечується на варіантах застосування інокулянту ViNitro, відповідно, сортів: Албум + 0,14 т/га, Гайдук +0,37 т/га та Стабіль + 0,28 т/га. Застосування препарату «Нітрофікс горох» також сприяло збільшенню врожайності, але із меншими показниками за досліджуваними сортами – від 0,10 до 0,30 т/га. Менш ефективним було застосування «Ризоактив бобові» – приріст врожаю становила від 0,04 до 0,19 т/га.

При визначенні впливу інокулянтів на врожайність гороху посівного овочевого напрямку використання було встановлено значне варіювання даного показника в розрізі варіантів – від 1,20 до 3,03 т/га для посушливих умов 2024 року, та – від 1,82 до 3,24 т/га для 2025 року (*табл. 2*).

**Таблиця 2**

Урожайність зерна гороху посівного овочевого напрямку використання залежно від інокулянтів, 2024–2025 рр.

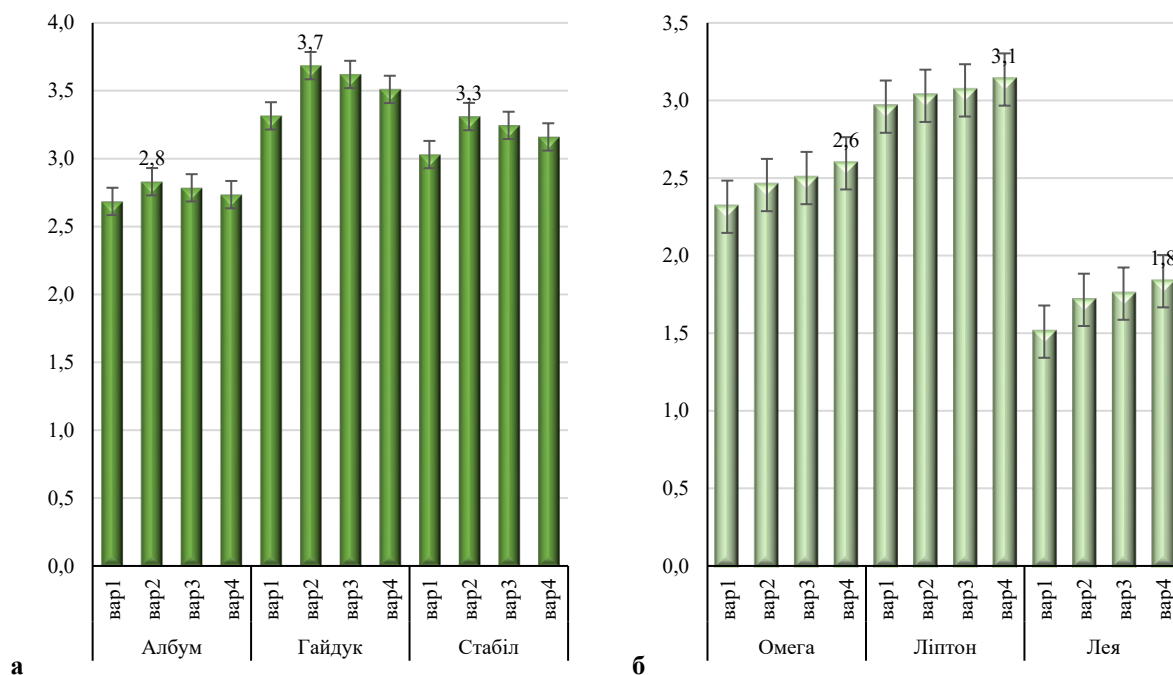
Сорт	Інокулянти*	Рік		Середнє зарок	+ / – до контролю
		2024	2025		
Омега	варіант 1	2,12	2,51	2,32	–
	варіант 2	2,21	2,70	2,46	0,14
	варіант 3	2,24	2,76	2,50	0,18
	варіант 4	2,35	2,84	2,60	0,28
Ліптон	варіант 1	2,84	3,08	2,96	–
	варіант 2	2,91	3,15	3,03	0,07
	варіант 3	2,95	3,18	3,07	0,11
	варіант 4	3,03	3,24	3,14	0,18
Лея	варіант 1	1,20	1,82	1,51	–
	варіант 2	1,25	2,18	1,72	0,21
	варіант 3	1,30	2,21	1,76	0,25
	варіант 4	1,37	2,30	1,84	0,33
Середнє		2,15	2,66	2,41	0,19
НІР <sub>05</sub> (рік)		–	–	0,011	–
НІР <sub>05</sub> (сорт)		0,072	0,120	–	–
НІР <sub>05</sub> (біопрепарат)		0,052	0,031	–	–

*Примітки:* \* – варіант 1 – без інокулянта (контроль); варіант 2 – BiNitro; варіант 3 – Нітрофікс горох; варіант 4 – Ризоактив бобові.

Встановлено, що найбільший приріст врожаю порівняно з контролем горох овочевої форми на варіантах застосування інокулянта «Ризоактив бобові» відповідно сортів: Омега +0,28 т/га, Ліптон +0,18 т/га та Лея +0,33 т/га. Інші варіанти забезпечили суттєво нижчий приріст врожаю: в межах – від 0,07 до 0,25 т/га.

В умовах 2025 року встановлено суттєве збільшення врожайності зерна від умов року, а для більш посушливого 2024 року вагомим було посилення впливу сорту, застосування біопрепаратів незалежно від виду гороху посівного.

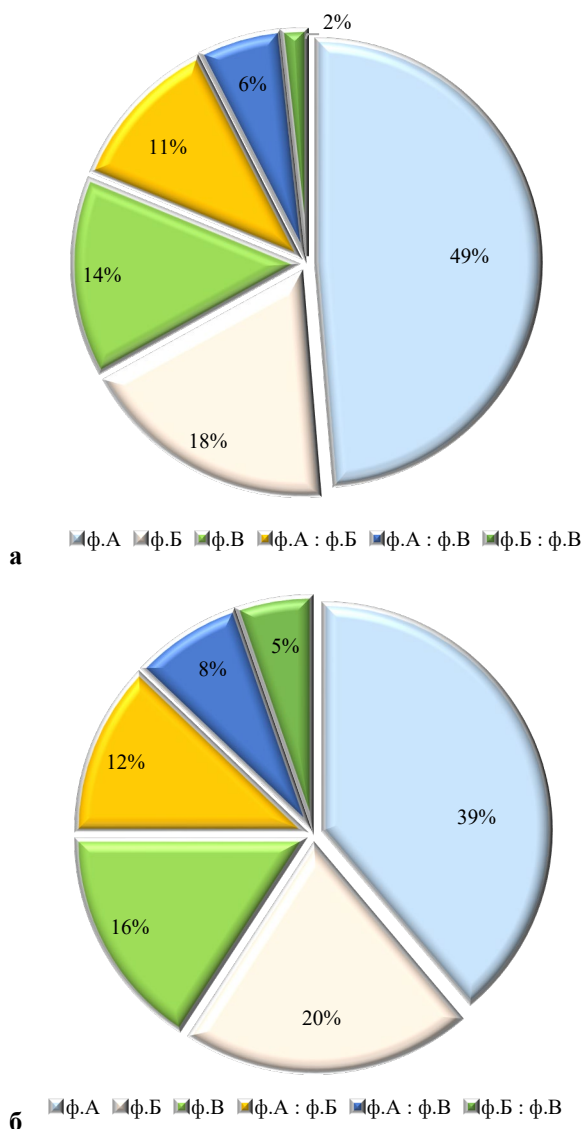
У середньому за два роки дослідження визначено рівень врожайності гороху посівного різного напрямку використання (рис. 3).



**Рис. 3.** Урожайність зерна гороху посівного: а – зернового та б – овочевого напрямку використання, середнє за 2024–2025 рр.

Таким чином, сорти гороху зернового напрямку використання забезпечують суттєво вищу врожайність зерна протягом років дослідження (2,8–3,7 т/га) порівняно з овочевим (1,8–3,1 т/га), що підтверджується і показниками виходу чистого зерна на рівні або більше 50,0 %.

За встановлення частки впливу досліджуваних факторів на врожайність зерна гороху посівного визначено посилення ролі сорту та інокуляції насіння як для зернового, так і овочевого гороху, а також їх взаємодії на фоні вагшого впливу погодних умов досліджуваних років (рис. 4).



**Рис. 4.** Частки впливу факторів на врожайність зерна гороху посівного: а – зернового, б – овочевого, 2024–2025 рр.

Примітка: Ф.А – фактор року; Ф.Б – фактор сорту, Ф.В – фактор інокулянт.

Для досліджуваних сортів гороху: зернового й овочевого напрямів використання визначальним фактором, що обумовлював їх урожайність були погодні умови років дослідження, відповідно 49,0 та 39,0 %, суттєво на рівень продуктивності впливали також: сортові властивості (відповідно 18,0 % і 20,0 %) та інокуляція насіння (відповідно 14,0 % і 16,0 %), а також їх взаємодія (відповідно 2,0–11,0 % і 5,0–12,0 %).

На підставі отриманих результатів обґрунтовано, що застосування інокулянтів істотно підвищує врожайність сортів зернового гороху, вони ж мають суттєвий вплив на збільшення врожаю овочевого гороху, що дозволяє частково нівелювати негативний вплив погодних умов весняно-літньої вегетації культури. Отримані результати мають практичне значення для посилення продовольчої безпеки України за виробництва достатньої кількості рослинного білка із бобових культур.

## Висновки

1. Встановлено, що сорти гороху зернового напрямку використання забезпечують суттєво вищу врожайність зерна у межах 2,8–3,7 т/га, порівняно з овочевим 1,8–3,1 т/га.

2. Визначено, що істотне зростання врожайності зерна притаманне сортам гороху зернового напрямку використання під час застосування інокулянта BiNitro: Гайдук (3,69 т/га), Стабіль (3,31 т/га) та Адбум (2,84 т/га). Сорти гороху овочевого суттєво збільшують врожайність зерна порівняно з контролем на 0,18–0,32 т/га під час застосування інокулянта Ризоактив бобові: Ліптон (3,14 т/га), Омега (2,60 т/га) та Лея (1,81 т/га).

3. Обґрунтовано, що з-поміж досліджуваних чинників найбільший вплив на врожайність сортів гороху мають погодні умови років дослідження (39,0–49,0 %), істотний вплив також мають: сортові властивості культури (18,0–20,0 %) та інокуляція насіння (14,0–16,0 %), а також їх взаємодія (2,0–12,0 %).

*Перспективи подальших досліджень* будуть спрямовані на поглиблене вивчення сумісного поєднання впливу інокуляції насіння та застосування біопрепаратів на посівах сортів гороху зернового та овочевого в плані мінливості біометричних показників рослин та врожайності зерна.

## ДЕКЛАРАЦІЇ

### Етична заява

Не застосовується.

### Фінансування

Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

### Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

### Подяки

Немає.

### Декларація щодо використання ШІ та технологій на основі ШІ





Автори заявляють, що не використовували штучний інтелект або технології на основі ШІ під час підготовки цього рукопису.

## References

1. Nebaba, K. S. (2022). *Horokh posivnyi: ahrotekhnichniy kompleks vyroshchuvannya. Monografii* [Field peas: agrotechnical complex of cultivation. Monograph]. Kamianets-Podilskyi: TOV «Drukarnia «Ruta»» [in Ukrainian]
2. Didur, I. M., & Zakharchuk, V. V. (2016). Vplyv elementiv tekhnologii vyroshchuvannya na vrozhnai pokaznyky zerna horokhu [Influence of elements of cultivation technology on yield indicators of pea grain]. *Sil'ske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 4, 55–61. [in Ukrainian]
3. Moisiienko, V., Karpushyn, O., & Bolshoi, O. (2025). Formation of the yield of afila pea using organic farming technology in Forest-Steppe conditions. *Agriculture and Forestry*, 3(38), 55. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-3-5>

4. Averchev, O. V., Nikitenko, M. P., Kolomiets, M. R., & Linnyk, M. P. (2024). Current status and prospects of pea cultivation in conditions of global climate change. *Taurian Scientific Herald*, 140, 3–12. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.1>
5. Didur, I. M., Tkachuk, O. P., Tsyhanskyi, V. I., & Tsyhanska, O. I. (2025). *Ahrobiolohichne obhruntuvannya biolohizovanykh system zhyvlenia soi ta horokhu* [Agrobiological substantiation of biological systems of soybean and pea nutrition]. Monograph. Vinnytsia [in Ukrainian]
6. Dukhnytskyi, B. (2023). Vegetable market at the present stage: new challenges. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, 322 (5), 134–139. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-322-5-22>
7. Burykina, S. I., & Serhieiev, L. A. (2023). Mineral fertilizers as a factor in increasing the yield of winter-sowing peas. *Agrarian Innovations*, 19, 12–18. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.2>
8. Lemishko, S. M., & Kulyk, A. O. (2022). Peas grain production in the Steppe zone of Ukraine and increasing efficiency by the application of biological products. *The Scientific Journal Grain Crops*, 5 (2), 310–320. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0190>
9. Hlubokyi, A., Avramenko, S., & Popov, S. (2021). Productivity formation of pea varieties depending on growing conditions in the eastern forest-steppe of Ukraine. *Plant Genetic Resources*, 29, 113–122. <https://doi.org/10.36814/pgr.2021.29.11>
10. Lykhochvor, V. V., & Andrushko, M. O. (2020). Pea productivity depending on variety and sowing rate. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 106 (2), 54–62. [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2020-2\(106\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2020-2(106)-6)
11. Hamaiunova, V. V., & Tuz, M. S. (2016). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya na produktyvnist sortiv horokhu v Pivdennomu Stepu [Influence of cultivation technology elements on the productivity of pea varieties in the Southern Steppe]. *Zbirnyk Naukovykh Prats Nnts «Instytut Zemlerobstva NAAN»*, 1, 46–57. [in Ukrainian]
12. Popov, S. I., Hlubokyi, O. M., Hutianskyi, R. A., Avramenko, S. V., Skydan, V. O., Kuzmenko, N. V., Sheliakin, V. O., & Zhyzhka, N. G. (2025). *Adaptyvna tekhnolohiia vyroshchuvannya horokhu na osnovi udoskonalennia systemy udobrennia z elementamy biolohizatsii (naukovo-praktychni rekomendatsii)* [Adaptive technology of pea cultivation based on optimization of the fertilizer system with elements of biologization (scientific and practical recommendations)]. Institute of Plant Production named after V.Ya. Yuriev of NAAS. [in Ukrainian]
13. Hyrka, A. D., Sydorenko, Yu. Ya., Ilienka, O. V., & Bochevar, O. V. (2013). Sposoby pidvyshchennia zernovoi produktyvnosti horokhu v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Methods of increasing the grain productivity of peas in the northern Steppe of Ukraine]. *Biuletin Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 5, 58–63. [in Ukrainian]
14. Vuiko, O. M. (2022). Influence of biological products and microfertilizers in formation of yield of pea seeds. *Agrarian Innovations*, 11, 16–24. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.2>
15. Volkogon, V. V. (2024). The significance of microorganisms for soil health and optimization of the formation of biocenoses. *Plant Physiology and Genetics*, 56 (1), 3–26. <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.003>
16. Hamaiunova, V. V., & Yermolaiev, V. M. (2024). Pea grain yield depending on pre-sowing seed treatment and nutrition optimization in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 23, 228–233. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33>
17. Hamaiunova, V. V., & Yermolaiev, V. M. (2024). Quality of pea grain under the influence of the studied elements of cultivation technology. *Agrarian Innovations*, 26, 15–21. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.2>
18. Telecalo, N. (2019). Influence of the complex of technological administrations on the growth of field pea cultivation. *Agriculture and Forestry*, 2 (13), 84–93. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2019-2-8>
19. Kots, S. Ya. (2021). Biological nitrogen fixation: achievements and prospects. *Plant Physiology and Genetics*, 53 (2), 128–159. <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.128>
20. Dvoretzka, S. P., Riabokin, T. M., Yefimenko, H. M., & Tylytsia, T. V. (2014). Osoblyvosti formuvannya elementiv produktyvnosti roslyn horokhu zalezno vid rivnia intensyfikatsii tekhnolohii vyroshchuvannya kultury [Features of formation of pea plant productivity elements depending on the level of intensification of crop cultivation technology]. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Naukovoho Tsentru "Instytut Zemlerobstva NAAN"*, 3, 56–66. [in Ukrainian]
21. Zhuikov, O. H. (2022). Biological method of plant protection in modern organic farming of Ukraine: Historical aspects, trends, prospects. *Agrarian Innovations*, 12, 23–27. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.4>
22. Ishchenko, V. A. (2013). Efficiency of rhizohumins and polymyxobacterin application in combination with microfertilizer and growth regulator on leafless pea crops in north steppe. *Agricultural Microbiology*, 17, 89–100. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.17.89-100>
23. Burykina, S. I., Welter, M. O., & Kapustina, G. A. (2020). Agronomic efficiency of fertilizers in pea growing under the conditions of climate change of the Black Sea Steppe. *Taurian Scientific Herald*, 114, 33–43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.5>
24. Bunas, A., Tkach, Ye., & Dvoretzky, V. (2024). Biopreparations in Ukraine and in the world: trends and perspectives. *Agroecological Journal*, 4, 132–140. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317163>
25. Sheatula, Y., Vuiko, O., & Shkatula, D. (2025). Effect of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization on linear growth of pea plants. *Agriculture and Forestry*, 3 (38), 101–109. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-3-9>
26. Hudzenko, O. H., & Izhboldin, O. O. (2025). Influence of pre-sowing seed treatment on biometric parameters and grain yield of peas after different predecessors. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 14, 175–182. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.16>
27. Yeremenko, O. A., & Kapinos, M. V. (2020). The influence of presowing seed treatment on the productivity of varieties of peas in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 113, 41–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.6>
28. Kaminsky, V. F., Sokyрко, D. P., & Gangur, V. V. (2021). The impact of cultivation techniques on pea productivity formation under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 117, 73–79. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.10>
29. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., & Kalenska, S. M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy* [Experimental research in agronomy. Book 1. Theoretical aspects of experimental research]. Maidan [in Ukrainian]
30. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., & Kalenska, S. M. (2016b). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 2. Statystychna obrobka rezultativ doslidzhen* [Experimental research in agronomy. Book 2. Statistical processing of research results]. Maidan [in Ukrainian]
31. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernobobovykh ta krupianykh na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Methodology for conducting examination of plant varieties of the leguminous and cereal group for distinctness, uniformity and stability] (2nd ed., rev. and suppl.). FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]

## ORCID

- N. Shokalo  <https://orcid.org/0000-0001-7839-8168>  
M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>  
I. Rozhko  <https://orcid.org/0000-0002-0646-4004>  
V. Demianchenko  <https://orcid.org/0009-0001-6757-8566>



2026 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.