

Продуктивність гороху озимого залежно від азотного удобрення та біологічних препаратів в умовах Степу України

С. М. Романов, Л. І. Сторожик*

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com*

Мета. Визначити елементи структури врожаю та рівень продуктивності гороху озимого залежно від досліджуваних технологічних елементів. **Методи.** Використовували польові, агрохімічні та статистичні методи. **Результати.** Наведено результати дослідів щодо впливу азотного підживлення та застосування біологічних препаратів на формування елементів структури врожаю та продуктивність гороху озимого в Степу України. Визначено, що сорти гороху озимого 'Ендуро' та 'НС Мороз' сформували різну густоту, яка становить відповідно 78 та 77 шт./м², за застосування біологічних препаратів Leanim Гумікор та Мікофренд густота підвищилась в середньому на 3 % відповідно. Кількість бобів і насінин, маса зерна за застосування добрив у сорту 'Ендуро' становила в середньому 11,3 та 30,6 шт./рослину, за застосування біопрепаратів – 11,0 та 28,6 шт./рослину. У сорту 'НС Мороз' відповідно 15,6 і 27,1 шт./рослину за внесення добрив та 15,5 і 27,1 шт./рослину – за застосування біопрепаратів. Маса зерна була відповідно 4,5–4,3 г у сорту 'Ендуро' та 4–3,8 г у сорту 'НС Мороз'. Високу врожайність зерна 3,83 та 3,82 т/га отримано у сортів 'Ендуро' та 'НС Мороз' за внесення препарату Мікофренд + N₄₀. У варіантах, де вносились основні добрива N₁₀P₄₆K₀ + N₄₀ та N₆₄P₄₆K₀ + N₄₀ з весняним підживленням урожайність становила відповідно 3,15 та 3,08 т/га у сорту 'Ендуро' та 3,15 та 3,24 т/га у сорту 'НС Мороз'. **Висновки.** Внесення біологічних препаратів підвищило врожайність зерна гороху озимого порівняно з використанням додаткових доз азотного підживлення. Різниця урожайності зерна між варіантами удобрення та внесенням біопрепаратів склала відповідно 0,67–0,74 т/га у сорту 'Ендуро' та 0,59–0,68 т/га у сорту 'НС Мороз'. Для формування високої продуктивності гороху озимого найбільш ефективним агроприйомом є внесення добрив та біологічних препаратів за осінньої сівби, які допоможуть знівелювати вплив мінливих ґрунтово-кліматичних умов в період органогенезу рослин та сформувати оптимальні елементи структури врожаю культури.

Ключові слова: сорти; азот; підживлення; біопрепарати; структура врожаю; продуктивність.

Вступ

У процесі адаптації сільськогосподарського виробництва до кліматичних змін все більше агровиробників віддають перевагу озимим культурам, порівнюючи із їх ярими формами [1]. За останні 5 років товаровиробники на ряду з озимими зерновими культурами та ріпаком почали висівати також і горох озимий. Основною перевагою гороху озимого для вирощування в умовах України є його адаптованість до більш низьких температур, що дозволяє в цілому розширити ареал його вирощування та здатність більш повноцінно використовувати запаси зимової вологи, що сприяє формуванню оптимальної структури агрофітоценозу культури до настання літньої посухи, особливо в зоні нестійкого зволоження з дефіцитним водозабезпеченням, що характерно для Степу України [2, 3]. Крім того, придатність гороху озимого як до підзимової сівби, так і для весняної, розширює технологічні можливості виробників, та нівелює частину ризиків, обумовлених погодними умовами.

Добре сформовані рослини гороху озимого підзимового способу сівби здатні переносити короткотривалі морози до -15°C навіть за відсутності снігового покриву, а високі регенеративні властивості забезпечують відновлення вегетативної маси, пошкодженої зимовими вітрами чи відлигами, що характерно для Степу [4].

Із відновленням вегетації навесні горох озимий вже має розвинуту кореневу систему, яка може сягати глибини більше 10 см, та фотосинтетичний апарат, тобто вже відбувається фотосинтез, а отже і поглинання з ґрунту вологи та мінеральних елементів, в той час як традиційний горох в цей період тільки починає висіватись [5, 6].

Важливим елементом сучасних екологічно обґрунтованих ресурсощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур є раціональне використання добрив, впровадження в технологію їх нових, більш доступних форм, застосування регуляторів росту, як хімічних, так і біологічних, мікробних препаратів, які підвищують ефективність використання рослиною поживних елементів, вологи, покращуючи адаптивні властивості рослин та в цілому врожайність [7–9]. Гороху на старті росту необхідні невеликі (10–30 кг/га) дози азотних добрив. Це пояснюється тим, що в перші фази органогенезу культури, коли не утворились бульбочки і не розпочалася з повітря фіксація азоту, горох використовує мінеральний азот для формування значної площі литкової поверхні, яка необхідна для успішної азотфіксації бульбочкових бактерій. А використання різних препаратів дозволяє значно скоротити обсяги внесення традиційних мінеральних добрив та засобів захисту рослин, що, у свою чергу, зменшує втрати елементів живлення рослинами та зменшує рівень забруднення навколишнього середовища [10, 11].

Гороху потрібне повне забезпечення мінеральним азотом, так як для бобово-ризобіального симбіозу не завжди складаються сприятливі кліматичні умови, а фіксований із повітря азот забезпечує одержання невисоких урожаїв культури [12, 13].

Тому за високої вартості мінеральних добрив і засобів захисту рослин, а також теперішньої наднизької вартості агропродукції особливого значення набуває розробка маловитратних, екологічно безпечних технологічних елементів вирощування сільськогосподарських культур, що і обумовило *мету досліджень* – встановити показники елементів структури врожаю та продуктивності гороху озимого морфотипів 'Ендура' та 'НС Мороз' залежно від елементів системи удобрення та використання біологічних препаратів у Степу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводилися у селянсько-фермерському господарстві (СФГ) «Ромнана» (селище Новомайське Криворізького району Дніпропетровської області) протягом 2020–2023 рр. Дослідні ділянки були закладені на чорноземах звичайних малогумусних із сортами гороху озимого 'НС Мороз' (Сербія) та 'Ендура' (Франція) підзимового способу сівби. Площа посівної ділянки – 210 м², облікової – 172 м². Строк сівби третя декада жовтня; спосіб сівби суцільно-рядковий, із міжряддям 19 см; попередник соняшник; норма висіву 1,1 млн схожих насінин на 1 га. Основним удобренням слугувало добриво амофос марки N₁₀P₄₆ у нормі 100 кг/га. Під горох вносили середні дози азотних добрив, як доповнення симбіотрофного і автотрофного живлення.

Досліджувані біопрепарати українського виробництва Мікофренд, 2 л/га, Гумікор, 4 л/га, Leapum, 2 л/га вносились у день сівби культури під заробку із нормою витрати робочої рідини 250 л/га шляхом передпосівної культивування на глибину 5–6 см.

Азотне підживлення проводилося оприскувачем поверхнево, добривом КАС-28. Структура врожаю досліджувалася у фазі ВВСН 85–87 (достигання; побуріння 50–70 % бобів). Оцінка продуктивності культури проводилася шляхом зважування зерна після прямого комбайнування з перерахунком на стандартні показники вологості, засміченості. Дослідження проводили за методиками [14, 15]. Отримані дані обробляли за допомогою прикладних програм математичної статистики Excel 2007 та Statistica 6 [16].

Результати досліджень

Основні елементи структури врожаю, такі як густина рослин, кількість квіток, бобів і насінин, маса зерна тощо, прямо пов'язані з формуванням зернової продуктивності. На думку М. І. Кондратенка [17], важливо сформулювати оптимальні показники структури врожаю, оскільки між кількістю бобів на рослині, кількістю зерен на рослині, масою зерна з рослин та врожайністю існує пряма кореляційна залежність. Так, густина рослин гороху неопосередковано впливає на врожайність та якість насіння і залежить від генотипу, кількості внесених добрив та інших агротехнічних заходів. За результатами наших досліджень густина рослин в агрофітоценозі гороху озимого з сортом 'Ендуро' за внесення основного удобрення восени та підживлення по мерзлоталому ґрунту N₄₀ весною становила 78 шт./м², з сортом 'НС Мороз' – 77 шт./м², що в середньому на 11% більше за контроль, де добрива не вносились. Такий же агротехнологічний захід, тільки за застосування біологічних препаратів восени також позитивно впливав на формування густоти рослин. Так, інноваційне органічне добриво-пробіотик *Leanum*, яке має властивості стимулятора коренеутворення, запас поживних речовин для живлення рослин, володіє антистресовим впливом, та препарат Гумікор, який поєднує властивості удобрення та стимулятора росту, забезпечили густоту культури на рівні показників 81 шт./м² у сорту 'Ендуро' та 78 шт./м² у сорту 'НС Мороз'.

Таблиця 1

Показники елементів структури врожаю гороху озимого 'Ендуро' та 'НС Мороз' залежно від системи удобрення та використання біологічних препаратів (2021–2023 рр.)

№ п/п	Варіант удобрення	Густина рослин шт./ м ²	Кількість бобів на одну рослину, шт.	Кількість зерен у бобі, шт.	Кількість зерен на одну рослину, шт.	Маса 1000 насінин, г	Маса зерна з однієї рослини, г
Сорт 'Ендуро'							
1	Контроль	70	9,1	2,6	23,7	142	3,3
2	N ₁₀ P ₄₆ K ₀ + N ₄₀ (по мерзлоталому)	78	11,4	2,7	30,8	147	4,5
3	N ₆₄ P ₄₆ K ₀ + N ₄₀ (по мерзлоталому)	78	11,4	2,6	29,6	145	4,4
4	Мікофренд + N ₄₀ (по мерзлоталому)	81	11,3	2,6	29,4	159	4,6
5	Гумікор + N ₄₀ (по мерзлоталому)	81	10,7	2,5	26,8	153	4,0
6	Leanum + N ₄₀ (по мерзлоталому)	81	11	2,7	29,7	150	4,4
	HP _{0,05}	1,6	1,4	1,2	1,8	1,3	1,3
Сорт 'НС Мороз'							
1	Контроль	71	14,2	1,8	25,6	137	3,5
2	N ₁₀ P ₄₆ K ₀ + N 40 (по мерзлоталому)	77	15,8	1,7	26,9	146	3,9
3	N ₆₄ P ₄₆ K ₀ + N ₄₀ (по мерзлоталому)	77	15,6	1,7	26,5	146	3,9
4	Мікофренд + N ₄₀ (по мерзлоталому)	83	16,3	1,8	29,3	146	4,2
5	Гумікор + N ₄₀ (по мерзлоталому)	78	15,4	1,6	24,6	144	3,5
6	Leanum + N ₄₀ (по мерзлоталому)	78	14,7	1,7	25,3	149	3,7
	HP _{0,05}	1,8	1,7	1,2	2,1	1,6	1,4

Мікоризоутворюючий препарат Мікофренд своєю дією підвищив густоту рослин досліджуваних сортів в середньому на 15 % порівняно з контролем та на 3 % порівняно з основним удобренням.

Отримані нами результати досліджень підтверджуються науковими здобутками авторів Mondal S. C. та Pal S. (2017), Zaman M. A. та ін. (2015), Mahavar N. L. та ін. (2018), які відзначали, що за низьких температур агрофітоценоз гороху формує меншу густоту, а внесення різних видів добрив позитивно впливає на формування показника густоти та сприяє збільшенню врожайності зерна. Kizil S. та ін. (2013) вказує, що і генотипи сортів гороху озимого формують різну густоту та щільність рослин посіву [18–22].

У гороху не всі самозапліднені квітки утворюють повноцінні боби, хоча кількість утворених квіток повинна відповідати кількості сформованих бобів. У більшості випадків кількість квіток і бобів не співпадають, різниця може бути у 20–40 %. У наших дослідженнях кількість бобів на рослині залежала від сортових особливостей: так сорт 'Ендуро' формував у середньому 11 шт. бобів на одну рослину за застосування всіх агротехнологічних заходів при кількості квіток у період цвітіння в межах 17–24 шт. на одну рослину, на контролі зазначений показник був на 22 % нижчий. Сорт 'НС Мороз' формував 15–16 шт. бобів на рослину при кількості квіток від 38 до 46 шт., що на 14 % більше за контроль. Слід відзначити, що за своїм морфотипом сорт 'НС Мороз' в цілому схильний до формування більшої кількості бобів за рахунок більшої кількості квіток та майже вдвічі довшого періоду цвітіння, при цьому озерненість однієї рослини у сорту 'Ендуро' становила 30,8 шт./рослину за застосування основного удобрення та азотного підживлення навесні по мерзоталому ґрунту, що на 29 % вище за контроль. Сорт 'НС Мороз' сформував зерен у цьому варіанті 26,9 шт./рослину, що на 13 % менше порівняно з сортом 'Ендуро' і всього на 5,5 % більше за контроль. Дія біологічного препарату Мікофренд підвищила на 19 % показник кількості зерен на рослину у сорту 'Ендуро' і на 13 % у сорту 'НС Мороз' порівняно з контролем та не мала такої великої різниці порівняно з основним удобренням. Застосування препарату *Leapum* підвищило кількість зерен з рослини на 20 % порівняно з контролем тільки у сорту 'Ендуро', а сорт 'НС Мороз' зовсім не зреагував на цей препарат, і зазначений показник був на рівні контролю.

Щодо маси 1000 насінин, то у варіантах із застосуванням препаратів Мікофренд та Гумікор зазначений показник становив відповідно 159 та 153 г у сорту 'Ендуро', що на 11 та 4 % вище за контроль та варіант з основним удобренням. У сорту 'НС Мороз' за застосування біологічних препаратів маса 1000 насінин становила в середньому 145 г, це всього на 6 % вище за контроль та рівне показнику варіанту з основним удобренням. Застосування препарату *Leapum* позитивно позначилось на масі 1000 насінин тільки у сорту 'НС Мороз', показник був найвищий і становив 149 г порівняно з всіма досліджуваними варіантами. А от морфотип 'Ендуро' не реагував на внесений препарат, і маса 1000 насінин була найменша за застосування зазначених вище препаратів і не значно перевищувала показники маси у варіантах контролю та внесення основних добрив.

Таким чином, сорт 'Ендуро' формував більшу масу 1000 насінин, що при відносно рівній озерненості обох морфотипів призвело до більшої маси зерна з однієї рослини, яка за застосування основного удобрення та препарату Мікофренд становила в середньому 4,5 г. У сорту 'НС Мороз' у представлених варіантах зазначений показник становив відповідно на 13 та 8,7 % менше.

Загалом, представлені результати досліджень за показниками елементів структури врожаю досліджуваних морфотипів показали, що культура в умовах Степу не повністю реалізувала свій продуктивний потенціал за внесення мінеральних добрив, так як підвищення врожайності зерна менше за очікуване.

Серед досліджуваних препаратів варто відмітити варіанти із застосуванням біопрепарату Мікофренд, майже у всіх випадках він показував високі результати. Найвищі показники врожайності зерна ми отримали у варіантах $N_0P_0K_0$ + Мікофренд + N_{40} : для сорту 'Ендуро' – 3,78 т/га та для сорту 'НС Мороз' – 3,55 т/га порівняно з контрольними варіантами 2,35 і 2,49 т/га відповідно.

Найбільший вплив даний біопрепарат мав на показник маси 1000 зерен, що обумовлено підвищеною здатністю рослини адаптуватись до умов ґрунтової посухи та кращим поглинанням поживних речовин із ґрунту за рахунок симбіотичних зав'язків із мікроорганізмами у складі біопрепарату.

Кінцевою метою оптимізації технології вирощування будь-якої культури є отримання високих показників урожайності культури. Для формування високої продуктивності гороху озимого найбільш ефективним агроприємом є внесення добрив та біологічних препаратів за сівби, які допоможуть знівелювати вплив мінливих ґрунтово-кліматичних умов в період органогенезу культури [23, 24]. Першочерговим результатом, що свідчить про ефективність тих чи інших технологічних рішень, є врожайність основної продукції (зерна) та прибавка урожайності до контрольного варіанту (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність зерна сортів гороху озимого 'Ендуро' та 'НС Мороз' залежно від елементів системи удобрення та використання біологічних препаратів (2021–2023 рр.)

Варіант	'Ендуро'						'НС Мороз'					
	Урожайність зерна, т/га				Різниця, т/га	Різниця, %	Урожайність зерна, т/га				Різниця, т/га	Різниця, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє			2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє		
Контроль	2,42	2,07	2,20	2,23	–	–	2,27	1,86	2,23	2,12	–	–
N ₁₀ P ₄₆ K ₀ + N ₄₀ (по мерзлоталому)	3,30	2,73	3,42	3,15	0,92	41,26	3,45	2,61	3,40	3,15	1,03	48,74
N ₆₄ P ₄₆ K ₀ + N ₄₀ (по мерзлоталому)	2,95	2,76	3,54	3,08	0,85	38,27	3,31	2,79	3,63	3,24	1,12	52,99
Мікофренд + N ₄₀	4,63	2,88	3,95	3,82	1,59	71,30	4,75	2,73	4,01	3,83	1,71	80,66
Гумікор + N ₄₀	4,38	2,79	3,81	3,66	1,43	64,13	4,44	2,71	3,81	3,65	1,53	72,33
Leanum + N ₄₀	4,52	2,71	3,77	3,67	1,44	64,42	4,36	2,76	3,83	3,65	1,53	72,17
HP _{0,05}	2,1	1,8	1,4	1,2	–	–	1,6	1,2	1,1	1,4	–	–

Найвищі результати урожайності зерна отримано у варіантах комплексної дії азотного підживлення навесні та застосування біопрепаратів. Високу урожайність 3,83 та 3,82 т/га, в середньому за роки досліджень, отримано у варіанті застосування препарату Мікофренд + N₄₀ з досліджуваними сортами 'Ендуро' та 'НС Мороз'. Приріст урожаю по відношенню до контролю склав 1,59 та 1,71 т/га відповідно. У варіантах, де вносились основні добрива N₁₀P₄₆K₀ + N₄₀ та N₆₄ P₄₆K₀+N₄₀ з весняним підживленням, урожайність становила відповідно 3,15 та 3,08 т/га у сорту 'Ендуро' та 3,15 та 3,24 т/га у сорту 'НС Мороз'. Різниця урожайності зерна між варіантами удобрення та внесенням біопрепаратів склала відповідно 0,67–0,74 та 0,59–0,68 т/га. Слід відмітити, що підвищення дози азоту за основного внесення добрив до N₆₄P₄₆K₀ за сівби та весняного підживлення сорту 'Ендуро' не вплинуло на урожайність зерна, яка становила за роки досліджень всього 3,08 т/га. А от сорт 'НС Мороз' за збільшення дози азоту підвищив врожайність зерна на 0,16 т/га.

Застосування біопрепаратів Гумікор та Leanum підвищило урожайність зерна в середньому на 1,43 т/га у сорту 'Ендуро' та на 1,54 т/га у сорту 'НС Мороз'.

За результатами визначення кореляційно-регресійних взаємодій між досліджуваними ознаками (рис. 1–4) було встановлено обернений кореляційний зв'язок між кількістю зерен в бобі та кількістю бобів ($r = -0,93$). Також визначено прямі кореляційні зв'язки між масою та кількістю зерен з рослини ($r = 0,96$), між масою зерен з рослини та масою 1000 насінин ($r = 0,64$) а також між урожайністю та масою 1000 насінин ($r = 0,75$).

РОСЛИНИЦТВО

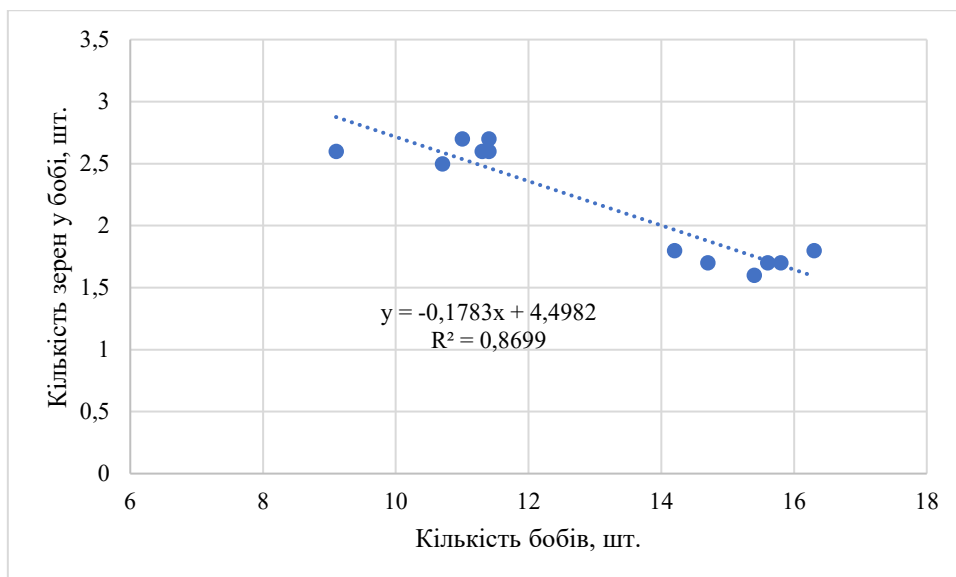


Рис. 1. Рівняння регресії між кількістю зерен в бобі та кількістю бобів

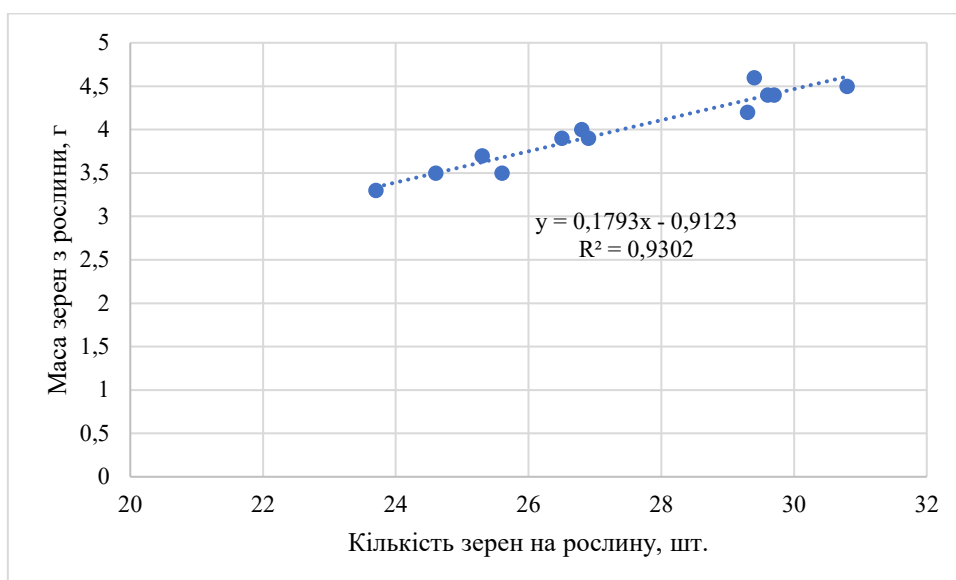


Рис. 2. Рівняння регресії між масою та кількістю зерен з рослини

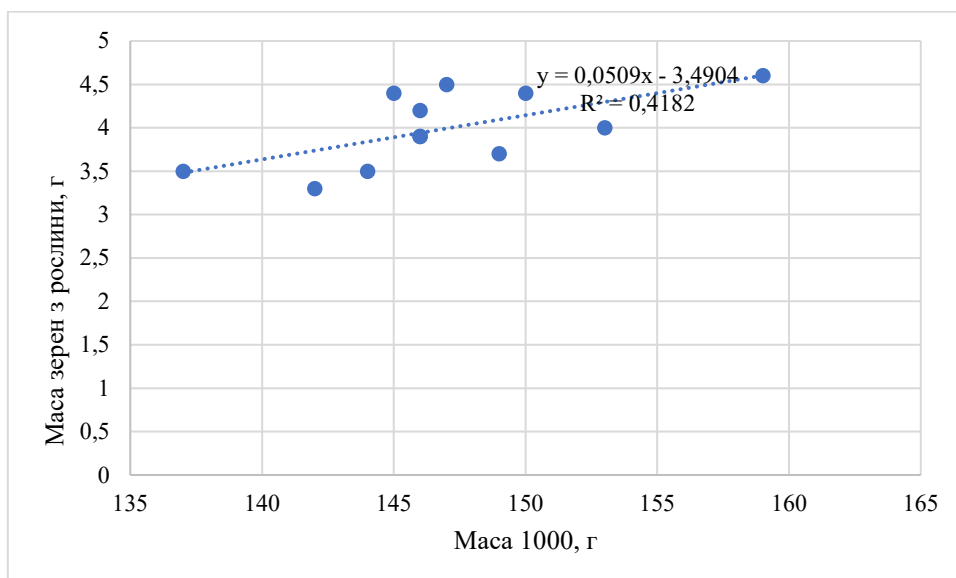


Рис. 3. Рівняння регресії між масою зерен з рослини та масою 1000 насінин

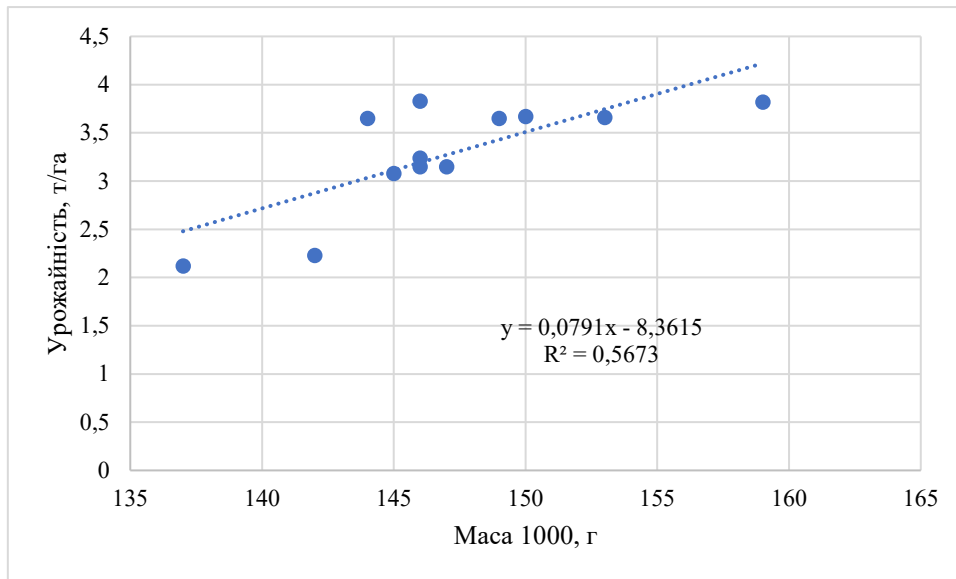


Рис. 4. Рівняння регресії між урожайністю та масою 1000 насінин

Отже, дія біопрепаратів сприяла підвищенню врожайності зерна порівняно з використанням додаткових доз азотного підживлення. Кінцевою метою оптимізації технології вирощування будь-якої культури є отримання високих показників урожайності культури. Для формування високої продуктивності гороху озимого найбільш ефективним агроприйомом є внесення добрив та біологічних препаратів при сівбі, які допоможуть знівелювати вплив мінливих ґрунтово-кліматичних умов в період органогенезу культури.

Висновки

Проведена оцінка особливостей формування елементів продуктивності сортів та врожайності культури. Встановлено, що внесення основних добрив за сівби та підживлень навесні після відновлення вегетації культури підвищують густоту рослин в середньому на 11 %, застосування препарату Мікофренд підвищило густоту рослин досліджуваних сортів у середньому на 15 % порівняно з контролем та на 3 % порівняно з основним удобренням.

Сорт 'НС Мороз' сформував на 45 % бобів більше порівняно з сортом 'Ендуро' за рахунок більшого числа квіток та майже вдвічі довшого періоду цвітіння, при цьому озерненість однієї рослини у сорту 'Ендуро' була на 13 % більша, ніж у морфотипу 'НС Мороз'.

Серед досліджуваних препаратів варто відмітити мікоризоутворюючий препарат Мікофренд, який своєю дією забезпечив підвищення показників елементів структури врожаю гороху озимого досліджуваних морфотипів. Найбільший вплив даний біопрепарат мав на показники кількості зерен, маси 1000 насінин та врожайність культури, що обумовлено підвищеною здатністю рослини адаптуватись до умов ґрунтової посухи та кращого поглинання поживних речовин за рахунок симбіотичних зв'язків із мікроорганізмами у складі біопрепарату.

Урожайність зерна гороху озимого обох сортотипів підвищилась в середньому на 43 % порівняно з контролем та на 17 % порівняно з внесенням азотних добрив.

Використана література

1. Побережна А. А. Еколого-економічні проблеми світового виробництва зернобобових культур для нарощування білкових ресурсів. *Селекція і насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 66–74.
2. Камінський В. Ф. Наукові засади біологічного землеробства в умовах зміни клімату. *Збірник наукових праць ННЦ «Інституту землеробства»*. 2000. № 5. С. 3–15.

3. Asfaw S. Gender integration into climatesmart agriculture. Rome : Maggio, Food and Agriculture Organization of the UN, 2016. 20 p.
4. Січкач В. І., Соломонов Р. В. Ефективність вирощування гороху за підзимової сівби. *Аграрна наука: стан та перспективи розвитку*: збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 24–25 лист. 2022 р.). Одеса, 2022. С. 105–107.
5. Cutforth H. W., McGinn S. M., McPhee K. E., Miller P. R. Adaptation of pulse crops in the changing climate of the northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 2007. Vol. 99. P. 1684–1699. doi: 10.2134/agronj2006.0310s
6. Merrill S. D., Tanaka D. L., Krupinsky J. M., Ries R. E. Water use and depletion by diverse crop species on Haplustoll soil in the northern Great Plains. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2004. Vol. 59. P. 176–183.
7. Eaglesham A., Hassoura S., Seegers R. Fertilizer-N effects on N₂ fixation by cowpea and soybean. *Agronomy Journal*. 1983. Vol. 75, Iss. 1. P. 61–66.
8. Chen C., Miller P., Muehlbauer F. et al. Winter pea and lentil response to seeding date and micro- and macro-environments. *Agronomy Journal*. 2006. Vol. 98. P. 1655–1663.
9. Jarchow M. E., Liebman M. Nitrogen fertilization increases diversity and productivity of prairie communities used for bioenergy. *GCB Bioenergy*. 2013. Vol. 5. P. 281–289.
10. Spaink H. Root nodulation and infection factors produced by Rhizobial bacteria. *Microbiology*. 2005. Vol. 54. P. 257–288.
11. Присяжнюк О. І., Король Л. В., Половинчук О. Ю. Урожайність та якість зерна гороху залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 1. С. 116–123. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126520
12. Біологічний азот / за ред. В. П. Патики. Київ : Світ, 2003. 424 с.
13. Господаренко Г. Особливості удобрення сої. *Farmer*. 2012. № 4. С. 16–18.
14. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : Нічлава, 2003. 320 с.
15. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенко. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
16. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
17. Кондратенко М. І. Формування адаптивності ознак зернової продуктивності колекційних зразків гороху посівного різних морфотипів в умовах правобережного лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 21–30.
18. Mondal S. C., Pal S., Mukhopadhyay S. Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 2017. Vol. 6, Iss. 8. P. 2230–2237. doi: 10.20546/ijemas.2017.608.264
19. Zaman M. A., Prodhan Z. H., Hasanuzzaman M. Effect of temperature on the growth and development of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. 2015. Vol. 13, Iss. 1. P. 51–57. doi: 10.3329/jbau.v13i1.23455
20. Mahavar N. L., Meena R. K., Meena B. L. Effect of bio-fertilizers on growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.) under organic farming system. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018. Vol. 7, Iss. 3. P. 384–389.
21. Kizil S., Tuncurk M., Sari N. Effects of cultivars and planting densities on yield, yield components and some quality characteristics of pea (*Pisum sativum* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2013. Vol. 12, Iss. 4. P. 348–354. doi: 10.5897/ajb12.2579
22. Тараріко Ю. О. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. Київ, 2015. 508 с.
23. Городній М. М. Агрохімія. Київ : Мастер Принт, 2015. 437 с.

References

1. Poberezhna, A. A. (2005). Environmental and economic problems of global production of legumes for increasing protein resources. *Breeding and Seed Production*, 90, 66–74. [In Ukrainian]

2. Kaminskyi, V. F. (2000). Scientific principles of biological agriculture in the conditions of climate change. *Collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture"*, 5, 3–15. [In Ukrainian]
3. Asfaw, S. (2016). *Gender integration into climatesmart agriculture*. Rome: Maggio, Food and Agriculture Organization of the UN.
4. Sichkar, V. I., & Solomonov, R. V. (2022). The efficiency of growing peas under winter sowing. In *Agrarian science: state and prospects of development: a collection of materials of the II All-Ukrainian Scientific and Practical Conference* (pp. 105–107). Odesa. [In Ukrainian]
5. Cutforth, H. W., McGinn, S. M., McPhee, K. E., & Miller, P. R. (2014). Adaptation of pulse crops in the changing climate of the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 99, 1684–1699. doi: 10.2134/agronj2006.0310s
6. Merrill, S. D., Tanaka, D. L., Krupinsky, J. M., & Ries, R. E. (2004). Water use and depletion by diverse crop species on Haplustoll soil in the northern Great Plains. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59, 176–183.
7. Eaglesham, A., Hassoura, S., & Seegers, R. (1983). Fertilizer-N effects on N₂ fixation by cowpea and soybean. *Agronomy Journal*, 75(1), 61–66.
8. Chen, C., Miller, P., & Muehlbauer, F. (2006). Winter pea and lentil response to seeding date and micro- and macro-environments. *Agronomy Journal*, 98, 1655–1663.
9. Jarchow, M. E., & Liebman, M. (2013). Nitrogen fertilization increases diversity and productivity of prairie communities used for bioenergy. *GCB Bioenergy*, 5, 281–289.
10. Spaink, H. (2005). Root nodulation and infection factors produced by Rhizobial bacteria. *Microbiology*, 54, 257–288.
11. Prysiazhniuk, O. I., Korol, L. V., & Polovynchuk, O. Yu. (2018). Yield and quality of pea grain as affected by agronomic practices under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(1), 116–123. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126520 [In Ukrainian]
12. Patyka, V. P. (Ed.). *Biological nitrogen*. Kyiv: Svit. [In Ukrainian]
13. Gospodarenko, G. (2012). Peculiarities of soybean fertilization. *Farmer*, 4, 16–18.
14. Hrytsaenko, Z. M., Hrytsaenko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Methods of biological and agrochemical research of plants and soils*. Kyiv: Nichlava. [In Ukrainian]
15. Yeshchenko, V. O. (2014). *Basics of scientific research in agronomy*. Vinnytsia: PP "TD "Edelweiss and K". [In Ukrainian]
16. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica-6 package*. Kyiv: PoligrafConsulting. [In Ukrainian]
17. Kondratenko, M. I. (2015). Formation of adaptability of grain productivity traits of collection samples of seed peas of different morphotypes in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Fodder and Fodder Production*, 81, 21–30. [In Ukrainian]
18. Sushree, A., Khamari, B., & Muthu, M. C. (2017). Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 6(8), 2230–2237. doi: 10.20546/ijemas.2017.608.264
19. Zaman, M. A., Prodhon, Z. H., & Hasanuzzaman, M. (2015). Effect of temperature on the growth and development of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 13(1), 51–57. doi: 10.3329/jbau.v13i1.23455
20. Mahavar, N. L., Meena, R. K., & Meena, B. L. (2018). Effect of bio-fertilizers on growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.) under organic farming system. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 384–389.
21. Kizil, S., Tuncurk, M., & Sari, N. (2013). Effects of cultivars and planting densities on yield, yield components and some quality characteristics of pea (*Pisum sativum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 12(4), 348–354. doi: 10.5897/ajb12.2579
22. Tarariko, Yu. O. (2015). *Formation of sustainable agroecosystems: theory and practice*. Kyiv. [In Ukrainian]
23. Horodnii, M. M. (2015). *Agrochemistry*. Kyiv: Master Print. [In Ukrainian]

UDC 633.358:631.54:631.89

Romanov, S. M., & Storozhyk, L. I.* (2023). Productivity of winter pea under the application of nitrogen fertilization and biological preparations in the Steppe of Ukraine. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 31, 59–68. [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03141, Ukraine, *e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com*

Purpose. To determine the elements of the yield structure and the level of crop productivity under the effect of the studied agronomic practices. **Methods.** Field, agrochemical and statistical methods were used in the study. **Results.** The results of experiments on the effect of nitrogen fertilization and biological preparations on the yield structure formation and the productivity of winter pea in the Steppe of Ukraine are presented. It was determined that the winter pea varieties 'Enduro' and 'NS Moroz' formed different plant densities: 78 plants/m² and 77 plants/m², respectively. With the application of biological preparations Leanum Humikor and Mycofriend, plant density increased by an average of 3%. The number of beans and seeds per plant and the weight of grain for the application of fertilizers in 'Enduro' was on average 11.3 and 30.6, respectively, and for the application of biological preparations 11.0 and 28.6, respectively. In 'NS Moroz', these indicators were 15.6 and 27.1, respectively, for the application of fertilizers and 15.5 and 27.1, respectively, for the application of biological preparations. The grain weight was 4.5–4.3 g in 'Enduro' and 4–3.8 g in 'NS Moroz'. A high grain yield of 3.83 t/ha and 3.82 t/ha was obtained in both 'Enduro' and 'NS Moroz', respectively, after applying the Mycofriend + N₄₀. In the treatments where the main fertilizers N₁₀P₄₆K₀ + N₄₀ and N₆₄P₄₆K₀ + N₄₀ were applied in spring, the yield was 3.15 t/ha and 3.08 t/ha in the 'Enduro' variety and 3.15 t/ha and 3.24 t/ha in the 'NS Moroz' variety, respectively. **Conclusions.** The application of biological preparations increased grain yield of winter pea compared to the use of additional doses of nitrogen fertilizers. The difference in grain yield between the fertilization options and the application of biological preparations was 0.67–0.74 t/ha in 'Enduro' and 0.59–0.68 t/ha in 'NS Moroz', respectively. To obtain high productivity of winter pea, the most effective agronomic practice is the application of fertilizers and biological preparations during autumn sowing, which helps to reduce the influence of changing soil and climate conditions in the period of plant organogenesis, and obtain optimum yield structure.

Keywords: varieties; nitrogen; nutrition; biological preparations; crop structure; productivity.

Надійшла / Received 07.11.2023

Погоджено до друку / Accepted 21.11.2023