

## **ПІДВИЩЕННЯ ПРОЯВУ ЕФЕКТУ СИМБІОТИЧНОЇ АЗОТФІКСАЦІЇ ГОРОХУ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІВ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ, ПРЕПАРАТІВ АЗОТФІКСУЮЧИХ БАКТЕРІЙ ТА ОРГАНІЧНИХ БІОСТИМУЛЯТОРІВ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

**ЛЕМІШКО С.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
*orcid.org/0000-0002-4973-7455*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**ЧЕРНИХ С.А.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
*orcid.org/0000-0002-8106-9901*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**ЯРЧУК І.І.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
*orcid.org/0000-0002-8107-0582*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Для більш інтенсивного проходження мікробіологічних процесів у ґрунті необхідним заходом є створення в площині кореневої системи рослин високоактивної мікрофлори, що досягається внесенням препаратів на основі азотфіксуючих бактерій, та застосуванням регуляторів росту, які за активізації біологічних процесів в рослинних організмах та посиленні проникності міжклітинних мембран, мають позитивний вплив на утворення і розвиток вузлових коренів та зернову продуктивність рослин [17].

Для формування високого рівня продуктивності за повного використання генетичного потенціалу гороху необхідним заходом є запровадження технологічних операцій з використанням комплексного впливу регуляторів росту рослин (природного та синтетичного походження), які діють аналогічно фітогормонам, біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосформобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин, а також засобів захисту рослин (біологічних) та дотримання агротехнічних вимог вирощування [2].

Біопрепарати, в склад яких входять речовини з широким спектром біологічної активності та полівекторної дії, дозволяють додати в кореневу зону високу чисельність клітин з активним штамом бульбочкових бактерій, що призводить за певних ґрунтових умов (вологості, вмісту поживних речовин) та за оптимальної густоти стояння рослин до посилення інтенсивності біологічної фіксації з повітря азоту і продуктивності процесу фотосинтезу, завдяки чому відбувається стимулювання процесів як проростання насіння, так і росту й розвитку рослин в цілому, збільшення вмісту речовин (вуглеводів, амінокислот та елементів мінерального живлення), посилення імунної системи, що призводить до росту рівня їх продуктивності [1].

Застосування екологічно безпечних препаратів, що викликають стимулювання протікання фізіологічних і біохімічних процесів в органах рослин, активізацію настання фаз цвітіння і досягання, підвищення врожайності за позитивного впливу на ґрунтову мікрофлору дозволяє більш повно розкрити потенціал рослин [8].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Альтернативними шляхами для забезпечення гороху азотом, при зростанні вартості азотних добрив, є впровадження азотфіксувальних мікроорганізмів, що дозволяють провести біологічне зв'язування молекулярного азоту атмосфери за перетворення його в доступні сполуки для покращення живлення рослин [10].

Для створення умов, що дозволяють рослинам максимально реалізувати свій потенціал продуктивності необхідним є сприяння їх азотному живленню, а також забезпечення інтенсивного синтезу і діяльності механізмів ферментного (нітрогеназного) комплексу, в основні функції якого входить проведення біологічного зв'язування азоту(молекулярного) [20].

Бульбочкові бактерії завдяки своїй життєдіяльності можуть зв'язувати азот, але період їх активної діяльності обмежений(від утворення справжніх листків до настання періоду цвітіння рослин) [16].

За набування рослинами старшого віку, коли відбувається зменшення обсягу надходження до коренів поживних речовин, бульбочкові бактерії змінюють форму (стають неправильної конфігурації) [5]. В цей час призупиняється процес фіксування молекулярного азоту з повітря [4].

Для росту, розвитку та процесів життєдіяльності бульбочкових бактерій фаза цвітіння рослин (і зокрема гороху) є переломною [18].

На рослинах бобових культур (і зокрема гороху) процес фіксування азоту та активний прояв діяльності симбіотичного апарату отримує ознаки візуального проявлення (рожевий колір тканин у корневих бульбочках рослин) вслід за утворенням нітрогенази (специфічного ферменту), що має пряму кореляцію з пігментом леґемоглобін [7].

Біологічна фіксація атмосферного азоту проходить завдяки зв'язуванню інертної молекули азоту та перетворення в азотні сполуки, що будуть мати доступ до рослин [3; 10].

Завдяки секретам, що синтезуються під час взаємодії мікроорганізмів і рослин в момент проростання бобо-

вих культур, відбувається виділення біологічно активних речовин, які можуть модифікувати ознаки бульбочкових бактерій [4, 22].

Спрямованою дією ексудатів насіння бобових культур є впливовість бульбочкових бактерій на процес формування симбіотичної взаємодії з рослинами [11].

За проходження симбіотичних взаємовідносин, що є характерними для бобових рослин та бульбочкових бактерій, здійснюється інфікування ризобіями рослин, за якого відбувається утворення корневих бульбочок та відмічається зростання кількості в коренях рослин ниток. Відмічається за такої взаємодії зміна вірулентності бактерій та їх конкурентоспроможність [9].

Ступінь симбіотичної азотфіксації залежить від ряду чинників. До найбільш впливових віднесені ґрунтові показники (вологість, аерація, рівень рН, вміст рухомих форм азоту, фосфору, калію, температурний режим, наявність мікроелементів) [21].

Встановлена залежність рівня врожайності гороху за наявної чисельності бульбочкових бактерій на коренях рослин гороху (від 50 до 100 штук), ступеню їх розвитку та азотфіксуючої активності [18].

До ряду незаперечних переваг регуляторів росту нового покоління віднесена їх здатність до росту стійкості гороху відносно стресових факторів середовища [13].

При застосуванні в технологіях вирощування факторів інтенсифікації (регуляторів росту, препаратів азотфіксуючих бактерій та органічних біостимуляторів), внаслідок поліпшення бобово-ризобіального симбіозу, відбувається більш повне забезпечення рослин гороху біологічним азотом, що призводить до зростання (на 15-25%) продуктивності зерна і на сьогодні слугує одним із найбільш ефективних шляхів створення високопродуктивних агроценозів в умовах сучасного землеробства [6].

**Мета дослідження.** Залежно від технологічних прийомів та гідротермічних умов Північного Степу дослідження впливу мінеральних добрив, регуляторів росту, препаратів азотфіксуючих бактерій і органічних біости-

муляторів на особливості утворення і функціонування симбіотичного апарату та величину врожайності насіння листочкових та безлисточкових (вусатих) сортів гороху посівного.

**Матеріали та методика досліджень.** Польовий дослід в 2020-2022 рр. по вивченню ефекту симбіотичної азотфіксації гороху за застосування регуляторів росту, препаратів азотфіксуючих бактерій та органічних біостимуляторів закладено в 6-пільній ланці сівозміни (зернопросапної) в Кам'янському районі Дніпропетровської області (фермерське господарство «Гривас»).

Розміщення експериментальних ділянок – систематично, повторень – ярусно. Попередник – пшениця озима. Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий на лесовидному суглинку (гумусу в орному шарі – 3,9%). Фон живлення – без добрив, N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>. Внесення добрив (мінеральних) проведено під основний обробіток ґрунту. Види добрив – аміачна селітра та гранульований суперфосфат (доза – N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>). Сівба: міжряддя – 15 см, норма висіву насіння – 1,5 млн/га. Технологія вирощування – загальноприйнята для зони північного Степу.

Перед сівбою насіння гороху оброблено препаратами (Ендоспор ДМ,ЗП – сумішшю мікоризних грибів та ґрунтових бактерій, природним органічним біостимулятором БлекДжек, КС (на основі гумінових кислот), до складу якого входять фульвокислоти, ульмокислоти, макро- і мікроелементи, біопрепаратом Біонорма, р. (марки Біонорма – Мікориза, мікробіологічний інокулянт BINOC/Cornex, р. та 2-компонентним препаратом інокулянту для гороху Агрибактер горох (Agribacter pea), в.р. згідно схеми досліджень.

Для встановлення кількості симбіотично фіксованого азоту (кількості та маси (загальної середньої) бульбочок та активних бульбочок, загального та активного симбіотичних потенціалів за період часу) застосовували методику Посыпанова Г. С. [23] та Посыпанова Г. С., Князева Л. Д. [24].

Таблиця 1

**Кількість бульбочок гороху залежно від застосування препаратів в середньому за 2020–2022 рр., шт/рослину**

Сорт (фактор А)	Варіанти (інокуляція насіння) (фактор В)	Фази вегетації		
		третій листок	цвітіння	налив зерна
Харківський янтарний	Без інокуляції насіння (контроль)	12/3	51/35	16/6
	Ендоспор ДМ, ЗП	16/5	57/41	19/7
	БлекДжек, КС	12/6	69/49	23/8
	Біонорма, р. (Біонорма – Мікориза)	18/7	88/64	32/11
	Мікробіологічний інокулянт BINOC/Cornex, р.	20/8	91/67	34/13
	Агрибактер горох (Agribacter pea), в.р.	21/9	95/69	35/15
Харківський еталонний	Без інокуляції насіння (контроль)	13/4	65/57	22/8
	Ендоспор ДМ, ЗП	17/6	80/61	28/9
	БлекДжек, КС	18/7	87/70	30/10
	Біонорма, р. (Біонорма – Мікориза)	19/8	88/72	33/11
	Мікробіологічний інокулянт BINOC/Cornex, р.	22/9	97/75	35/12
	Агрибактер горох (Agribacter pea), в.р.	24/10	98/76	37/16
НІР <sub>0,95</sub> , шт/рослину	для фактору А	4,1/2,2	14,7/7,0	7,2/5,6
	для фактору В	3,2/1,8	4,2/6,3	8,3/1,8
	для взаємодії	6,9/3,5	18,4/11,3	15,1/7,7

Виконання спостережень та досліджень проведено у відповідності до методики польового дослідження та з використанням статистичної обробки результатів Б. О. Доспехов [19].

**Результати досліджень.** Доказано, що на коренях (головному та бічному) починається настання процесу біологічної азотфіксації за фази вегетації гороху в мікростадії ВВСН 12-13, для якої характерно утворення 2–3 справжніх листків, що мають прилистки та вусики, які розкрились [12].

На початкових фазах (третьій листок) процес азотфіксації відбувається повільно (за незначного утворення кореневих бульбочок), а до фази цвітіння їх кількість стає найбільшою (табл. 1).

При проходженні 7-13 діб після утворення бульбочок відбувається проявлення ефекту симбіотичної азотфіксації, але більш рання фіксація ефекту спостерігалась на сорті Харківський янтарний завдяки характерним взаємозв'язкам рослини і мікросимбіонту.

В фазі 3 листка для досліджуваних сортів кількість бульбочок на кореневій системі складала 12 та 13 бульбочок на одну рослину гороху на контролі (при кількості активних – 3 та 4 шт). За дії 2-компонентного препарату інокулянту для гороху Агрибактер горох (*Agribacter pea*), в.р. відмічається найбільше збільшення загальної кількості бульбочок до 21,0 шт/рослину – для сорту Харківський янтарний, 24,0 шт/рослину – для сорту Харківський еталонний, з них активних бульбочок – 9 та 10 шт/рослину відповідно.

Впродовж 3 років досліджень встановлено, що в середньому за проведення інокуляції мікробіологічним інокулянтом BINOC/Сорпех, р. азотфіксація відбувалась менш інтенсивно (кількість активних бульбочок в фазу третього листка гороху становила 8,0 шт/рослину, а загальна кількість бульбочок 20,0 шт/рослину – для сорту Харківський янтарний та 9,0 і 22,0 шт/рослину – для сорту Харківський еталонний відповідно).

Так, за обробітку на варіантах загальна кількість бульбочок, що мають зеленкувате або сіре забарв-

лення, в фазу повного цвітіння варіювала в сторону збільшення (на сорті Харківський янтарний від 51 до 95 шт/рослину та сорті Харківський еталонний від 65 до 98 шт/рослину).

Таким чином за проведеного обробітку відмічалось і збільшення кількості активних бульбочок, що мають рожеве забарвлення (від 41 до 69 шт/рослину та від 61 до 76 шт/рослину на сортах Харківський янтарний та Харківський еталонний відповідно).

У сортів Харківський янтарний та Харківський еталонний зафіксовано найменше утворення бульбочок на коренях рослин гороху (шт/рослину) за обробки насіння Ендоспор ДМ, ЗП в дозі 250 г/т (всього 57 та 80, з них активних 41 та 61 відповідно).

За проведення аналізування показників впродовж 2020–2022 років встановлено, що за настання наливу зерна відбуваються зміни (в бік скорочення) в функціонуванні симбіотичного апарату, за якої знижується кількість утворених та активних бульбочок і їх маса та загальний і симбіотичний потенціали (на контролі загальна кількість 16 та 22 шт/рослину, з них активних 6 та 8 шт/рослину для сортів Харківський янтарний та Харківський еталонний відповідно).

В цю фазу вегетації отримано найбільш високий показник мінливості активного симбіотичного потенціалу за обробки водним розчином Агрибактер горох, за якої загальна кількість бульбочок складала 35 та 37 шт/рослину, з них активних 15 та 16 шт/рослину для сортів Харківський янтарний та Харківський еталонний відповідно.

Процес азотфіксації проходив менш інтенсивно за дії препаратів БлекДжек, КС (1,0 л/т) та Біонорма, р. (Біонорма – Мікориза) (1,0 л/т).

Проведеними експериментальними дослідженнями виявлена залежність формування активного симбіотичного апарату від фону мінерального живлення ( $N_{20}P_{40}$ ), варіантів обробітку препаратами та сортової реакції рослин гороху, що знайшло відображення в отриманій продуктивності.

Таблиця 2

**Вплив регуляторів росту і органічних біостимуляторів на врожайність зерна гороху на фоні без внесення добрив і за фонового передпосівного внесення добрив  $N_{20}P_{40}$  (в середньому за 2020–2022 рр.)**

Препарат (фактор В)	Без добрив (фактор С)				$N_{20}P_{40}$ (фактор С)			
	врожайність зерна, т/га		приріст, т/га		врожайність зерна, т/га		приріст, т/га	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2
Контроль	1,93	2,05	-	-	2,02	2,16	-	-
Ендоспор ДМ, ЗП	2,18	2,35	0,25	0,30	2,25	2,41	0,23	0,25
БлекДжек, КС	2,20	2,36	0,27	0,31	2,28	2,43	0,26	0,27
Біонорма, р. (Біонорма – Мікориза)	2,21	2,38	0,28	0,33	2,3	2,45	0,28	0,29
Мікробіологічний інокулянт BINOC/Сорпех, р.	2,23	2,39	0,3	0,34	2,31	2,46	0,29	0,3
Агрибактер горох ( <i>Agribacter pea</i> ), в.р.	2,26	2,41	0,33	0,36	2,32	2,48	0,3	0,32
НІР <sub>0,95</sub> , т/га								
для фактору А	0,1							
для фактору В	0,08							
для фактору С	0,17							
для взаємодії АВС	0,21							

Примітка: (Фактор А): 1\* – сорт Харківський янтарний; 2\* – Харківський еталонний.

Завдяки здатності бобових культур проводити біологічну фіксацію азоту з атмосфери, накопичення якого відбувається в ґрунті за період взаємовпливу рослин та бактерій, та за рахунок якої відмічається ріст врожайності та підтримання родючості ґрунтів [15].

Активні симбіонти рослин гороху дозволяють провести засвоєння атмосферного азоту, тоді як в ґрунті азот залишається і зберігається його родючість [14].

За проведення порівняння даних (табл.2) на фоні за передпосівного внесення мінеральних добрив ( $N_{20}P_{40}$ ) відмічено зростання врожайності гороху на досліджуваних варіантах з обробкою насіння для обох сортів гороху (для сорту Харківський янтарний на 0,23-0,3 т/га, сорту Харківський еталонний на 0,25-0,32 т/га) відповідно контрольному варіанту.

Інокуляція насіння гороху дозволила підвищити продуктивність на неодобреному фоні для сорту гороху Харківський янтарний на 12,95-17,09% і Харківський еталонний на 14,63-17,76% та отримати найбільшу прибавку в 0,33 та 0,36 т/га відповідно.

За проведення обробки насіння перед сівбою варіантом Агрибактер горох (*Agribacter pea*), в.р. (2,0 л/т) встановлено, що він найкраще себе зарекомендував у впродовж 2020–2022 років (за зростання врожайності на 17,09% для сорту Харківський янтарний та 17,76% для сорту Харківський еталонний).

Застосування мікробіологічного інокулянту BINOC/Сопех, р., за більш меншого активного сприяння до фіксації азоту із повітря, призвело до підвищення продуктивності рослин гороху сорту Харківський янтарний лише на 15,54% та Харківський еталонний тільки на 16,59% відповідно.

При дозі мінерального азоту ( $(N_{20}P_{40})$ ) за роботи симбіотичної системи за обробки насіння гороху препаратом Біонорма, р. (Біонорма – Мікориза) в дозі 1,0 л/т у сорту Харківський янтарний зростання врожайності на 0,28 т/га та Харківський еталонний на 0,3 т/га.

За застосування мікробіологічного інокулянту BINOC/Сопех, р. поєднанні з мінеральними добривами ( $N_{20}P_{40}$ ) зафіксовано зростання врожайності гороху сорту Харківський янтарний на 0,29 т/га та Харківський еталонний на 0,3 т/га відповідно, що нижче варіанту з Агрибактер горох (*Agribacter pea*), в.р. на 0,01 та 0,2 т/га.

**Висновки.** За виконання досліджень по встановленню впливу регуляторів росту, препаратів азотфіксуючих бактерій і органічних біостимуляторів на ефект симбіотичної азотфіксації з'ясовна індивідуальна продуктивність рослин 2 листочкових та безлисточкових (вусатих) сортів гороху посівного харківської селекції (Харківський янтарний та Харківський еталонний) та їх реакція на умови вирощування за різних гідротермічних показників в умовах Північного Степу України.

З врахуванням симбіотичної фіксації азоту бульбочковими бактеріями відмічається позитивний рівень балансу азоту в ґрунті після вирощування гороху посівного і будуть створені умови для накопичення азоту в ґрунті, що слугуватиме резервом вдосконалення азотного режиму ґрунтових умов.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Біологічно активні речовини в рослинництві / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, В. П. Карпенко, І. Б. Леонтюк. Київ: Аграрна наука. 2008. 352 с.
2. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосформобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин / В. П. Патица та ін. Київ : Аграрна наука. 2000. 35 с.
3. Мельничук Т. М., Шерстобоев М. К., Толкачов М. З., Каменєва І. О. Застосування мікробіологічних препаратів як один із шляхів поліпшення якості продукції рослинництва. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2005. №4. С. 23–26.
4. Волкогон В. В., Надкерничка О. В., Крутило Д. В., Ковалевська Т. М. Біопрепарати на основі бульбочкових бактерій для підвищення врожайності бобових культур. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 118–119.
5. Волкогон, В. В., Сальник В. П. Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксуючих симбіозів та асоціацій. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2005. Т. 37, № 3. С. 187–197.
6. Анішин Л. А. Регулятори росту рослин: сумніви і факти. *Пропозиція*. 2002. № 5. С. 64–65.
7. Камінський В. Ф., Дворецька С. П., Лапа І. В. Вплив інокулянтів і фізіологічно активних речовин на урожайність гороху. *Землеробство*, 2000. Вип. 74. С. 113–115.
8. Тихонович І. А. Повышение эффективности симбиотической азотфиксации у бобовых. *Мікробіологічний журнал*. 1997. Т. 59. № 4. С. 14–22.
9. Опофрала Л. Ф., Якимова М. Ф., Ковальжиу А. И., Волоскова М. М. Симбиотическая азотфиксация и пути ее повышения. Кишенев: Штинца, 1992. С. 52–57.
10. Колюсь Є. М. Вплив мінеральних добрив, інокуляції та стимуляторів росту на формування насінневої продуктивності гороху в умовах Східного Степу. *Збірник наукових праць ВДАУ*. 2002. Вип. 13. С. 14–17.
11. Капінос М. В., Калитка В. В. Вплив регуляторів росту рослин і мікробних препаратів на проростання насіння та початковий ріст гороху посівного (*Pisum sativum* L.). *Таврійський науковий вісник*. 2016. Вип. 96. С. 66–73.
12. Єременко О. А., Капінос М. В. Вплив передпосівної обробки насіння на продуктивність сортів гороху посівного в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 113. С. 41–48.
13. Огурцов Ю. Є. Урожайність рослин залежно від застосування регуляторів росту рослин і мікродобрива на різних фонах живлення. *Наукові доповіді НУБІП України*. 2015. № 2. С. 24–28.
14. Коваленко О. А. Застосування мікродобрив та біопрепаратів в зоні південного степу України за вирощування гороху. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 22. С. 22–23.
15. Іщенко В. А., Томашина Г. П., Темченко А. М. Поширеність гороху та ефективність елементів його вирощування в умовах північного Степу. *Вісник Степу*. 2013. Вип 10. С. 49–53.
16. Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишневська Л. В. Біологізація вирощування зернобобових культур

- в Україні, аналіз та перспектива. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 83–91.
17. Лемішко С. М. Ефективність використання біопрепаратів та стимуляторів росту у посівах гороху в умовах Північного Степу України. *Зернові культури*, 2018. Вип.1. т. 2, С. 82–87.
  18. Гончар Л. М., Пилипенко В. С. Польова схожість насіння та густина стояння рослин гороху посівного залежно від удобрення та інокуляції. *Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. Вип. 269. С. 46–57.
  19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
  20. Зернобобові культури: сучасні технології вирощування / за ред. А. В. Черенкова. Дніпропетровськ : Акцент ПП, 2014. 110 с.
  21. Гамаюнова В. В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сортів гороху в Південному Степу. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2016. Вип. 24 (1). С. 46–57.
  22. Бучинський І. М., Лихочвор В. В. Горох повернувся в Україну. *Агроном*. 2018. №1. С. 184–185.
  23. Посыпанов Г. С. Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях. *Известия ТСХА*, 1983. № 6. С. 17–26.
  24. Посыпанов Г. С., Князева Л. Д. К методике определения количества симбиотически фиксированного азота. *Известия ТСХА*, 1975. № 6. С. 41–46.
- REFERENCES:**
1. *Biologichno aktyvni rehovyny v roslynnystvi* [Biologically active substances in crop production] / Z. M. Hrytsayenko, S. P. Ponomarenko, V. P. Karpenko, I. B. Leontyuk (2008), Ahrarna nauka, Kyiv, [in Ukrainian].
  2. *Kompleksne zastosuvannya biopreparativ na osnovi azotfiksuuyuchykh, fosformobilizuyuchykh mikroorganizmiv, fiziologichno aktyvnykh rehovyn i biologichnykh zasobiv zakhystu roslyn* [Complex use of biological preparations based on nitrogen-fixing, phosphorus-mobilizing microorganisms, physiologically active substances and biological means of plant protection]. V. P. Patyka ta in (2000), Ahrarna nauka, Kyiv, [in Ukrainian].
  3. Melnychuk T. M., Sherstoboyev M. K., Tolkachov M. Z., Kamenyeva I. O. (2005). *Zastosuvannya mikrobiologichnykh preparativ yak odyn iz shlyakhiv polipshennya yakosti produktsiyi roslynnystva* [The use of microbiological preparations as one of the ways to improve the quality of plant products], Poltava, Druk, [in Ukrainian].
  4. Volkohon V. V., Nadkernycha O. V., Krutylo D. V., Kovalevs'ka T. M. (2008) *Biopreparaty na osnovi bul'bochkovykh bakteriy dlya pidvyshchennya vrozhaynosti bobovykh kul'tur* [Biopreparations based on nodule bacteria to increase the yield of leguminous crops], Kharkiv, [in Ukrainian].
  5. Volkohon, V. V., Salnyk V. P. (2005), *Znachennya rehulyatoriv rostu roslyn u formuvanni aktyvnykh azotfiksuval'nykh symbioziv ta asotsiatsiy* [The importance of plant growth regulators in the formation of active nitrogen-fixing symbioses and associations], Fyzyolohyya y byokhymyya kul'turnykh rastenyy, [in Ukrainian].
  6. Anishyn L. A. (2002), *Rehulyatory rostu roslyn: sumnivy i fakty* [Plant growth regulators: doubts and facts], Uninvest Media, Kyiv, [in Ukrainian].
  7. Kaminsky V. F., Dvoretzka S. P., Lapa I. V. (2000), *Vplyv inokulyantiv i fiziologichno aktyvnykh rehovyn na urozhaynist' horokhu* [The effect of inoculants and physiologically active substances on the yield of peas], *Zemlerobstvo*, [in Ukrainian].
  8. Tikhonovich I. A. (1997), *Povysheniye effektivnosti simbioticheskoy azotfiktsatsii u bobovykh* [Increasing the efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes], *Mikrobiologichnyi zhurnal*, [in Russian].
  9. Opofrali L. F., Yakimova M. F., Kovalzhiu A. I., Voloskova M. M. (1992), *Simbioticheskaya azotfiktsatsiya i puti yeye povysheniya* [Symbiotic nitrogen fixation and ways to increase it], Kishenev, Shtintsa, [in Russian].
  10. Kolyus Y. M. (2002), *Vplyv mineral'nykh dobryv, inokulyatsiyi ta stymulyatoriv rostu na formuvannya nasinnyevoyi produktyvnosti horokhu v umovakh Skhidnoho Stepu* [The influence of mineral fertilizers, inoculation and growth stimulants on the formation of seed productivity of peas in the conditions of the Eastern Steppe], *Zbirnyk naukovykh prats' VDAU*, [in Ukrainian].
  11. Kapinos M. V., Kalytka V. V. (2016), *Vplyv rehulyatoriv rostu roslyn i mikrobnnykh preparativ na prorostannya nasynnya ta pochatkovyy rist horokhu posivnoho (Pisum sativum L.)* [Effect of plant growth regulators and microbial preparations on seed germination and initial growth of seed pea (Pisum sativum L.)], *Helvetica, Kherson*, [in Ukrainian].
  12. Yeremenko O. A., Kapinos M. V. (2020), *Vplyv peredposivnoyi obrobky nasynnya na produktyvnist' sortiv horokhu posivnoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrayiny* [The effect of pre-sowing seed treatment on the productivity of seed pea varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine], *Helvetica, Kherson*, [in Ukrainian].
  13. Ohurtsov Y. Y. (2015), *Urozhaynist' roslyn zalezho vid zastosuvannya rehulyatoriv rostu roslyn i mikrodobryva na riznykh fonakh zhyvlennya* [Plant productivity depending on the application of plant growth regulators and microfertilizers on different nutritional backgrounds], *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny*, [in Ukrainian].
  14. Kovalenko O.A. (2021), *Zastosuvannya mikrodobryv ta biopreparativ v zoni pivdennoho stepu Ukrayiny za vyroshchuvannya horokhu* [The use of microfertilizers and biopreparations in the southern steppe zone of Ukraine for the cultivation of peas], *Kherson, Oldie plus*, [in Ukrainian].
  15. Ishchenko V. A., Tomashyna H. P., Temchenko A. M. (2013), *Poshyrenist' horokhu ta efektyvnist' elementiv yoho vyroshchuvannya v umovakh pivnichnoho Stepu* [The prevalence of peas and the effectiveness of elements of its cultivation in the conditions of the northern Steppe], *Visnyk Stepu*, [in Ukrainian].
  16. Kravchenko V. S., Kononenko L. M., Vyshnevs'ka L. V. (2019), *Biologizatsiya vyroshchuvannya zernobobovykh kul'tur v Ukrayini, analiz ta perspektyva* [Biologization of the cultivation of leguminous crops in Ukraine, analysis and perspective], *Odesa*, [in Ukrainian].
  17. Lemishko, S. M. (2018), *Efektyvnist vykorystannya biopreparativ ta stymulyatoriv rostu v posivakh horokhu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrayiny* [The effectiveness of the use of biological preparations and growth stimulants in pea crops in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine], *Dnipro, Aktsent PP*, [in Ukrainian].

18. Honchar L. M., Pylypenko V. S. (2017), *Pol'ova skhozhi-st' nasinnya ta hustota stoyannya roslyn horokhu posivnoho zalezno vid udobrennya ta inokulyatsiyi* [Field germination of seeds and stand density of pea plants depending on fertilization and inoculation], Kyiv, [in Ukrainian].
19. Dospikhov, B. A. (1985), *Metodyka polevoho opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)], Moskov, Ahropromyzzdat, Russia.
20. Zernobobovi kul'tury: suchasni tekhnolohiyi vyroshchuvannya [Legume crops: modern growing technologies], za red. A. V. Cherenkova (2014), Aktsent PP, Dnipropetrovs'k, [in Ukrainian].
21. Hamayunova V. V. (2016), *Vplyv elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya na produktyvnist' sortiv horokhu v Pivdennomu Stepu* [The influence of elements of cultivation technology on the productivity of pea varieties in the Southern Steppe], Kamianets-Podilsk, [in Ukrainian].
22. Buchyns'kyu I. M., Lykhochvor V. V. (2018), *Horokh povernuvsyia v Ukrayinu* [Peas returned to Ukraine]. Ahronom, [in Ukrainian].
23. Posypanov G. S. (1983), *Metodicheskiye aspekty izucheniya simbioticheskogo apparata bobovykh kul'tur v polevykh usloviyakh* [Methodical aspects of studying the symbiotic apparatus of leguminous crops in field conditions], TSHA, Moscow, [in Russian].
24. Posypanov G. S., Knyazeva L. D. (1995), *K metodike opredeleniya kolichestva simbioticheskoi fiksirovannogo azota* [On the method for determining the amount of symbiotically fixed nitrogen], TSHA, Moscow, [in Russian].

**Лемішко С.М., Черних С.А., Ярчук І.І. Підвищення прояву ефекту симбіотичної азотфіксації гороху та продуктивності посівів за застосування регуляторів росту, препаратів азотфіксуючих бактерій та органічних біостимуляторів в умовах Північного Степу України**

**Мета роботи** – дослідження використання в агрофітоценозі гороху листочкових та безлисточкових (вусатих) сортів препаратів, що сприяють більш повній реалізації потенціалу рослини, встановлення їх впливу на ефект симбіотичної азотфіксації на фоні без застосування мінерального живлення та за застосування мінеральних добрив в дозі  $N_{20}P_{40}$  в їх реакція на умови вирощування за різних гідротермічних показників умов Північного Степу України.

**Методи.** Проведення польових експериментальних досліджень впродовж 2020-2022 рр. в ФГ «Гривас» Кам'янського району Дніпропетровської області. Методи досліджень – польовий, статистичний. Агротехніка вирощування гороху посівного загальноприйнята для умов Північного Степу України, окрім факторів, які ставились на вивчення.

**Результати.** Результатом застосування інокулянту для гороху Агрибактер горох (Agribacter pea), в.р для сорту Харківський янтарний є більш висока загальна кількість бульбочок (до 21,0 шт/рослину в фазу 3 листка, до 95 шт/рослину в фазу цвітіння та зниження до 35 шт/рослину в фазу наливу зерна, з них активних бульбочок – 9,69 та 15 шт/рослину відповідно. Проходження процесу азотфіксації за певних ґрунтових умов спостерігалось недостатньо інтенсивно за засто-

сування препаратів БлекДжек, КС (1,0 л/т) та Біонорма, р. (Біонорма – Мікориза) (1,0 л/т) та Ендоспор ДМ, ЗП (250 г/т.). Проведення інокуляції насіння гороху посівного обраними варіантами призвела до підвищення врожайності гороху сорту Харківський янтарний (на 12,95-17,09% та сорту Харківський еталонний на 14,63-17,76%.)

**Висновки.** За вирощування гороху посівного в умовах Північного Степу України задля підвищення прояву ефекту симбіотичної азотфіксації гороху та продуктивності посівів, що забезпечить найвищий рівень врожайності, рекомендується проведення вирощування сортів Харківський янтарний та Харківський еталонний та виконати передпосівну обробку насіння препаратом горох (Agribacter pea), в.р. нормою 2,0 л на 1т.

**Ключові слова:** обробка насіння, препарати, азотне живлення, кількість активних бульбочок, бульбочкові бактерії, урожайність.

**Lemishko S.M., Chernykh S.A., Yarchuk I.I. Increasing the manifestation of the effect of symbiotic nitrogen fixation of peas and the productivity of crops using growth regulators, preparations of nitrogen-fixing bacteria and organic biostimulators in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine**

The purpose of the work is to study the use in agrophytocenosis of peas of leafy and leafless (whiskered) varieties of preparations that contribute to a more complete realization of the potential of plants, establishing their influence on the effect of symbiotic nitrogen fixation in the background without the use of mineral nutrition and for the application of mineral fertilizers in the dose of  $N_{20}P_{40}$  in their response to growing conditions under different hydrothermal indicators in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

**Methods.** Conducting field experimental research during 2020–2022 in FG "Hrivias" of Kamian district of Dnipropetrovsk region. Research methods – field, statistical. Agricultural techniques for growing peas are generally accepted for the conditions of the Northern Steppe of Ukraine, except for the factors that were studied. The results. The result of the use of the inoculant for peas Agribacter pea (Agribacter pea), v.r. for the Kharkiv amber variety is a higher total number of nodules (up to 21.0 pcs/plant in the 3-leaf phase, up to 95 pcs/plant in the flowering phase and a decrease up to 35 pcs/plant in the grain filling phase, of which active nodules are 9.69 and 15 pcs/plant, respectively. The nitrogen fixation process under certain soil conditions was observed insufficiently intensively with the use of preparations Black Jack, KS (1.0 l/t) and Bionorma, r. (Bionorma – Mycorrhiza) (1.0 l/t) and Endospor DM, ZP (250 g/t.). The inoculation of pea seeds with the selected options led to an increase in the yield of peas of the Kharkiv amber variety (on an unfertilized background by 12.95-17.09% and the Kharkiv reference variety by 14.63-17.76%).

**Conclusions.** For the cultivation of peas for sowing in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine, in order to increase the manifestation of the effect of symbiotic nitrogen fixation of peas and the productivity of crops, which will ensure the highest level of yield, it is recommended to grow Kharkiv amber and Kharkiv reference varieties and perform pre-sowing seed treatment with the preparation of peas (Agribacter pea), v.r. norm of 2.0 l per 1 ton.

**Key words:** seed treatment, drugs, nitrogen nutrition, number of active nodules, nodule bacteria, productivity.