



original article | UDC 631.5:633.358 | doi: 10.31210/visnyk2019.03.06

MINERAL NUTRITION AS A FACTOR OF INCREASING PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY AND YIELD OF FIELD PEA

L. S. Yeremko,

ORCID ID: [0000-0001-5641-7436](https://orcid.org/0000-0001-5641-7436), E-mail: yeremkol@ukr.net,

V. V. Hanhur,

ORCID ID: [0000-0002-5619-492X](https://orcid.org/0000-0002-5619-492X), E-mail: volodimirgangu@gmail.com,

O. O. Kyrychok,

E-mail: kirichok-oleg@ukr.net,

Poltava State Agrarian Academy, 1/3., Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

D. P. Sokyrko,

E-mail: sokirko.dp@gmail.com,

NSC "Institute of Agriculture of NAAS", 2b, Mashynobudivnykiv str., township of Chabany, Kyiv-Sviatoshynskiyi district, Kyiv region, 08162, Ukraine

*Grain legume crops, field pea (*Pisum sativum* L.) in particular, combine two major physiological processes – photosynthesis and symbiotic nitrogen fixation. Due to this, they not only satisfy their own nitrogen requirements, but also increase soil fertility and improve the ecological status of agro-phytocenoses. These crops have a unique chemical composition, combining high protein content with high amounts of fat and carbohydrates. Due to their peculiarities, they occupy a prominent place among the crops of world arable farming. Therefore, it is urgent to develop technological measures to control the processes of forming the productive potential of field pea. The purpose of the research was to find out the effect of seed inoculation with microbiological preparation, different levels of mineral fertilizers' application on the formation of photosynthesis active surface, its productivity and yield of pea grain. The following scientific methods were used in the research: analysis, synthesis, field, and statistical. The results of the conducted studies show that the optimization of plant nutrition due to different levels of mineral fertilization, as well as biological nitrogen and seed inoculation with Rizogumin microbiological preparation contributed to improving the conditions of the assimilation apparatus formation, in particular to increasing the area of the crops' leaf surface by 0.4–2.6 thousand m²/ha or 1.5–8.4 %. It was found that the net productivity of photosynthesis, on average during the pea cultivation season, varied from 4.07 to 6.76 g/m² per day on different backgrounds of mineral fertilizers' application, increasing with the improvement of the plant supply of with mineral nutrients. It also contributed to the prolongation of the period of the leaf surface in the photosynthesis active state, which was evidenced by increasing the values of photosynthetic potential from 1.03 to 1.41 thousand m²/ha. It was determined that the yield of pea grain as a result of using mineral fertilizers increased by 0.23–0.51 t/ha or by 7.9–17.6 %, seed inoculation by 0.15 t/ha or 5.2 %, the combination of seed inoculation and mineral fertilization – by 0.29–0.62 t/ha or 9.5–20.3%. The experiment also demonstrated the increase of crop yields at transferring part of nitrogen from the basic application to additional fertilization, both together with pre-sowing treatment of seeds with Rizogumin microbiological preparation and without it.*

Key words: field pea (*Pisum sativum* L.), area of leaf surface, photosynthetic productivity, mineral nutrition, seed inoculation, yield.

МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й УРОЖАЙНОСТІ ПОСІВІВ ГОРОХУ

Л. С. Єремко, В. В. Гангур, О. О. Киричок,

Полтавська державна аграрна академія, вул. Г. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна

Д. П. Сокирко,

ННЦ «Інститут землеробства НААН», вул. Машинобудівників, 2-б, с. м. т. Чабани, Києво-Святошинський район, Київська область, 08162, Україна

Зернові бобові культури, зокрема і горох посівний (*Pisum sativum L.*) поєднують два найважливіших фізіологічних процеси – фотосинтез та симбіотичну азотфіксацію. Завдяки цьому вони не лише забезпечують власні потреби в азоті, а й підвищують родючість ґрунтів та поліпшують екологічний стан агрофітоценозів. Ці культури мають унікальний хімічний склад, поєднуючи високий вміст білка з підвищеними кількостями жирів та вуглеводів. Завдяки своїм особливостям вони посідають чільне місце серед культур світового землеробства. Тому актуальним є розроблення технологічних заходів управління процесами формування продуктивного потенціалу гороху посівного. Метою досліджень було з'ясувати вплив інокуляції насіння мікробіологічним препаратом, різних рівнів застосування мінеральних добрив на формування фотосинтетично активної поверхні, її продуктивність та урожайність зерна гороху. У процесі дослідження використано такі наукові методи: аналіз, синтез, польовий, статистичний. Результати проведених досліджень свідчать, що оптимізація живлення рослин за рахунок різних рівнів мінерального добрива, а також біологічного азоту за умов проведення інокуляції насіння мікробіологічним препаратом Ризогумін сприяли покращенню умов формування асиміляційного апарату, зокрема збільшення площі листкової поверхні посівів на 0,4–2,6 тис. м²/га або 1,5–8,4 %. Встановлено, що чиста продуктивність фотосинтезу в середньому за період вегетації гороху на різних фонах внесення мінеральних добрив змінювалася від 4,07 до 6,76 г/м² добу, збільшуючись по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Це також сприяло подовженню тривалості періоду перебування листкової поверхні у фотосинтетично активному стані, про рівень якої свідчить збільшення значень фотосинтетичного потенціалу від 1,03 до 1,41 тис. м²/га. Визначено, що урожайність зерна гороху від застосування мінеральних добрив збільшилася на 0,23–0,51 т/га або 7,9–17,6 %, інокуляції насіння – на 0,15 т/га або 5,2 %, поєднання інокуляції насіння і мінерального удобрення – на 0,29–0,62 т/га або 9,5–20,3 %. У досліді також відмічено підвищення урожайності культури за умови перенесення частини азоту із основного внесення в підживлення як на фоні із допосівним оброблянням насіння мікробіологічним препаратом Ризогумін, так і без нього.

Ключові слова: горох посівний (*Pisum sativum L.*), площа листкової поверхні, фотосинтетична продуктивність, мінеральне живлення, інокуляція насіння, урожайність.

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И УРОЖАЙНОСТИ ПОСЕВОВ ГОРОХА

Л. С. Єремко, В. В. Гангур, О. О. Киричок,

Полтавская государственная аграрная академия, ул. Г. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Украина

Д. П. Сокирко,

ННЦ «Институт земледелия НААН», ул. Машиностроителей, 2-б, п. г. т. Чабаны, Киево-Святошинского района, Киевской области, 08162, Украина

Зерновые бобовые культуры, в том числе и горох посевной (*Pisum sativum L.*) сочетают в себе два важнейших физиологических процесса – фотосинтез и симбиотическая азотфиксация. Поэтому, актуальным является разработка технологических приемов управления процессами формирования продуктивного потенциала гороха посевного. Целью исследований было выяснить влияние инокуляции семян микробиологическим препаратом различных уровней применения минеральных удобрений на формирование фотосинтетически активной поверхности, ее продуктивность и урожайность зерна гороха. В процессе исследования использованы следующие научные методы: анализ, синтез, полевой, статистический. Определено, что урожайность зерна гороха

от применения минеральных удобрений увеличилось на 0,23–0,51 т/га или 7,9–17,6 %, инокуляция семян – на 0,15 т/га или 5,2 %, сочетание инокуляции семян и минерального удобрения – на 0,29–0,62 т/га или 9,5–20,3 %. В опыте также отмечено повышение урожайности культуры при перенесении части азота с основного внесения в подкормку.

Ключевые слова: горох посевной (*Pisum sativum L.*), площадь листовой поверхности, фотосинтетическая продуктивность, минеральное питание, инокуляция семян, урожайность.

Вступ

Подолання проблеми дефіциту білкових ресурсів, що забезпечують повноцінне харчування людей і годівлю сільськогосподарських тварин, нерозривно пов'язане зі стабілізацією виробництва зерна бобових культур через упровадження у виробництво високоефективних конкурентоспроможних технологій вирощування та вдосконаленням уже наявних, які б забезпечували максимальну реалізацію потенціалу біологічної продуктивності сучасних сортів.

Однією з провідних культур цієї групи є горох посівний (*Pisum sativum L.*), зерно якого містить 21–25 % білка, збалансованого за вмістом незамінних амінокислот, зокрема й критичних, 29–54 % крохмалю, 4–10 % цукру, 0,7–1,6 % олії, а також вітаміни А, В₁, В₂, В₆, С, РР, К, холін, солі калію, марганцю, фосфору, кальцію [5, 16]. Його рослини в симбіозі з бульбочковими бактеріями виду *Rhizobium* здатні фіксувати до 70–160 кг/га азоту та залишати в поживних і корневих рештках до 30 % засвоєної кількості такого елемента живлення, що потім використовується наступними культурами сівозміни [1, 17].

Невід'ємним складником агротехнологічного процесу вирощування гороху, спрямованим на підвищення біологічної фіксації молекулярного азоту, покращання умов росту і розвитку рослин, формування їхньої продуктивності є застосування мінеральних добрив та мікробіологічних препаратів поліфункціональної дії на основі специфічних штамів азотфіксуючих бульбочкових бактерій, що характеризуються високою вірулентністю та активністю.

Формування врожаю сільськогосподарських культур визначається надходженням поживних речовин та використанням їх разом з органічними сполуками, утвореними у процесі фотосинтезу і симбіотичної азотфіксації в ході онтогенезу рослин.

Рівень симбіотичної активності залежить від наявності у ґрунті мінеральних сполук азоту. Їхній надлишок пригнічує формування і нітрогеназну активність бобово-ризобіального комплексу. Водночас у перші 3–4 тижні після сходів до початку утворення й активного функціонування симбіотичного апарату доцільним є внесення стартових доз мінерального азоту [12].

Азот входить до складу хлорофілу, вітамінів, амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, АТФ [11, 15]. У разі достатньої забезпеченості рослин цим макроелементом збільшуються розміри асиміляційної поверхні, підвищується продуктивність фотосинтетичної діяльності, що сприяє зростанню врожайності та покращанню якісних показників [14, 18]. Крім того азот стимулює поглинання й використання рослинами інших елементів мінерального живлення, зокрема фосфору й калію [11].

Фосфор є складовою частиною нуклеїнових кислот, нуклеотидів, ферментів і продуктів фотосинтетичного та дихального циклів [9]. За умови достатньої забезпеченості рослин фосфором покращуються умови росту кореневої системи, підвищується інтенсивність наростання вегетативної та асиміляційної поверхні рослин, збільшується надходження продуктів фотосинтезу до плодів та насіння у процесі їх формування та досягання [3, 20].

Калій бере участь у процесах біосинтезу хлорофілу, АТФ, білка, підтримує рівновагу електричних зарядів, необхідних для процесу фотофосфорильовання у хлоропластах, регулює поглинання й транспірацію води, що сприяє підвищенню посухостійкості рослин, відіграє ключову роль у контролі рН клітин [10, 13, 19]. В умовах дефіциту калію тканини листкових пластинок нижніх ярусів та периферійної частини між жилками відмирають, а за умови його надлишку скорочується вегетаційний період рослин через зменшення тривалості проходження фаз формування й досягання бобів та зерен у них, унаслідок чого зменшуються їхні розміри та маса [8].

Однією з умов підвищення рівня продуктивності агроценозів є забезпечення надходження достатньої кількості поживних речовин у ході онтогенетичного розвитку рослин і використання їх разом з фотоасимілянтами у процесах обміну на формування вегетативної частини та господарсько-цінних органів.

Мета досліджень – вивчити вплив мікробіологічного препарату комплексної дії Ризогумін, різних доз мінеральних добрив, способів внесення мінерального азоту на фотосинтетичну продуктивність та

урожайність зерна гороху.

Завдання дослідження: вивчити вплив мікробіологічного препарату комплексної дії Ризогумін та різних доз мінеральних добрив на фотосинтетичну діяльність посівів гороху; дослідити вплив мінеральних добрив, інокуляції насіння на урожайність зерна гороху.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження тривали протягом 2015–2017 рр. на базі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий, із вмістом гумусу в шарі 0–20 см 4,9–5,2 %; азоту, що легко гідролізується – 5,4–6,8 мг/100 г ґрунту (за Тюріним та Коновою); P_2O_5 в оцтовокислій витяжці – 10,0–12,3 мг/100 г ґрунту (за Чириковим); обмінного калію – 17,0–17,7 мг/100 г ґрунту (за Масловою), реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН сольової витяжки – 6,3).

Повну схему досліду наведено в таблиці 1. Внесення мінеральних добрив проводилося під передпосівну культивування, а позакореневе підживлення мінеральним азотом – у фазу – початок гілкування гороху.

Інокуляцію насіння проводили мікробіологічним препаратом комплексної дії Ризогумін з розрахунку 300 г на одну гектарну норму насіння.

Повторність досліду триразова. Розміщення варіантів і повторень – рендомізоване. Посівна площа ділянки становила 100 м², облікова – 80 м². Технологія вирощування гороху була загальноприйнятною для зони лівобережного Лісостепу, окрім агротехнічних прийомів, що вивчалися.

Для розв'язання поставлених завдань був проведений комплекс спостережень, обліків і аналізів. Площу листової поверхні визначали методом висічок [7]. Фотосинтетичний потенціал посіву (ФП) знаходили шляхом вимірювання площі листової поверхні в певні фази росту й розвитку рослин за методикою А. А. Ничипорович [6]. Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали як швидкість збільшення сухої маси на одиницю листової поверхні за певний проміжок часу, г/м² за добу за формулою Кідда, Веста і Бріггса [4]. Облік урожайності проводили на кожній ділянці методом суцільного обмолоту комбайном SAMPO-500.

Результати досліджень та їх обговорення

Експериментальні дані свідчать, що внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості листків на рослинах та їх площі. У фазі зав'язування бобів площа листової поверхні посівів гороху збільшувалася від 30,9 тис. м²/га за умови внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ до 39,2 тис. м²/га на фоні мінерального добрива $N_{45}P_{45}K_{45}$ (табл. 1).

Потреба рослин у забезпеченості основними елементами мінерального живлення змінювалася впродовж вегетаційного періоду. Найвищою вона була у фазах гілкування й бутонізації, під час яких відбувалося інтенсивне наростання надземної маси та формування асиміляційної поверхні. Проведення підживлення рослин мінеральним азотом у цей період виявилось більш ефективним порівняно із повним удобренням під передпосівну культивування.

Оптимізація живлення рослин мінеральним та біологічним азотом за рахунок проведення інокуляції насіння та підживлення рослин у фазі гілкування покращувала умови формування асиміляційного апарату, про що свідчить збільшення площі листової поверхні посівів на 0,4–2,6 тис. м²/га або 1,5–8,4 %.

Накопичення органічної речовини, створеної у процесі фотосинтезу відбувалося впродовж усього періоду вегетації гороху. У цьому відношенні кількість поглиненої сонячної енергії та абсолютне значення акумульованої органічної речовини залежали не лише від величини площі листової поверхні, але й від тривалості періоду її функціонування та інтенсивної роботи. Для характеристики тривалості перебування листового апарату у функціональному стані та продуктивності його фотосинтетичної активності був визначений фотосинтетичний потенціал посівів гороху.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

1. Фотосинтетична продуктивність посівів гороху залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення та інокуляції насіння, (2015–2017 рр.)

Варіант	Фітомаса рослин, г	Маса рослин в абсолютно сухому стані, г	Площа листової поверхні посіву, тис. м ² /га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² добу	Фотосинтетичний потенціал, тис. м ² /га
Сівба не інокульованим насінням					
Без добрив (контроль)	28,5	6,68	25,9	4,05	0,85
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	35,3	7,85	30,9	4,07	1,03
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	36,8	8,61	34,7	4,37	1,18
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ +N ₁₅ (прикореневе підживлення)	35,0	8,48	35,2	4,51	1,21
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	36,1	9,51	39,2	6,76	1,37
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (прикореневе підживлення)	38,0	9,90	40,7	5,68	1,41
Сівба інокульованим насінням					
Без добрив (контроль)	31,8	7,46	26,3	4,37	0,88
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	37,9	9,33	33,5	4,49	1,12
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	41,8	9,83	35,9	4,60	1,23
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ +N ₁₅ (прикореневе підживлення)	41,5	10,0	36,6	5,12	1,29
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	41,6	10,8	40,6	6,77	1,43
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (прикореневе підживлення)	42,7	11,4	43,2	6,11	1,48

Покращання поживного режиму рослин за рахунок внесення мінеральних добрив сприяло подовженню тривалості перебування листової поверхні в активному стані, на що вказує збільшення значень фотосинтетичного потенціалу від 1,03 до 1,41 тис. м²/га. При цьому варто звернути увагу на те, що не тільки дози внесення мінеральних добрив, але й час їх застосування можуть позначитися на інтенсивності проходження процесів наростання надземної маси рослин та формування їхньої продуктивності. Підживлення рослин мінеральним азотом у дозі діючої речовини N₁₅ на фоні внесення N₁₅P₃₀K₃₀ та N₃₀P₄₅K₄₅ у фазі гілкування, виявилось більш ефективним порівняно із одноразовим внесенням мінеральних добрив у передпосівну культивуацію, про що свідчить підвищення значень фотосинтетичного потенціалу посівів до 1,21 та 1,41 тис. м²/га, відповідно.

За умови сівби інокульованим насінням тривалість перебування листового апарату у функціональному стані подовжувалася. Величина фотосинтетичного потенціалу зростала від 1,12 тис. м²/га на фоні внесення N₁₅P₁₅K₁₅ до 1,43 тис. м²/га, у разі мінерального добрива N₄₅P₄₅K₄₅. На варіантах з перенесенням частини дози азоту в підживлення значення цього показника підвищувалися на 3,49–4,88 % порівняно з повним мінеральним удобренням під передпосівну культивуацію.

Результати досліджень свідчать, що чиста продуктивність фотосинтезу, в середньому за вегетаційний період гороху, на фонах внесення мінеральних добрив змінювалася від 4,07 до 6,76 г/м² добу, збільшуючись по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

У варіантах застосування мікробіологічного препарату комплексної дії Ризогумін кількість продуктів фотосинтезу, створених одиницею листової поверхні, підвищувалася на 0,85–10,3 %, порівняно з контролем. Проведення підживлення мінеральним азотом на фонах удобрення N₁₅P₃₀K₃₀ виявилось більш ефективним порівняно із внесенням повної дози добрив під передпосівну культивуацію.

Покращання поживного режиму сприяло підвищенню інтенсивності накопичення рослинами органічної речовини, на що вказує збільшення їхньої фітомаси та маси абсолютно сухої речовини порівняно з контролем на 19,3–33,3 % та 14,9–32,5 % відповідно, однак дробне внесення мінерального азоту було більш ефективним.

За умови сівби насінням, обробленим мікробіологічним препаратом Ризогумін, інтенсивність наростання надземної біомаси рослин гороху зростала по мірі збільшення дози мінеральних добрив. Найбільш сприятливі умови росту надземної частини рослин створювалися у разі внесення N₃₀P₄₅K₄₅ + N₁₅ (підживлення), де фітомаса рослин та їх абсолютно суха маса становили відповідно 42,7 г і 11,4 г, що відповідно на 14,2 і 4,72 г або 49,8 і 70,7 % більше, ніж на контрольному варіанті.

У досліді відмічено відмінності в рівнях зернової продуктивності посівів гороху на різних фонах

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

мінерального живлення. Максимальну урожайність 3,41 т/га було одержано у варіанті з проведенням підживлення мінеральним азотом у фазі гілкування на фоні внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ (табл. 2).

Допосівна інокуляція насіння мікробіологічним препаратом комплексної дії Ризогумін сприяла підвищенню інтенсивності фіксації молекулярного азоту посівами гороху, покращувала умови мінерального живлення рослин, що супроводжувалося зростанням зернової продуктивності культури.

2. Урожайність зерна гороху залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення та інокуляції насіння, (2015–2017 рр.)

Варіант	Урожайність зерна, т/га			Середнє за 3 роки, т/га
	2015 р.	2016 р.	2017 р.	
Сівба не інокульованим насінням				
Без добрив (контроль)	2,31	4,07	2,32	2,90
$N_{15}P_{15}K_{15}$	2,42	4,4	2,56	3,13
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,50	4,48	2,72	3,23
$N_{15}P_{30}K_{30} + N_{15}$ (прикореневе підживлення)	2,55	4,56	2,71	3,27
$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,54	4,41	3,03	3,33
$N_{30}P_{45}K_{45} + N_{15}$ (прикореневе підживлення)	2,63	4,46	3,15	3,41
Сівба інокульованим насінням				
Без добрив (контроль)	2,52	4,24	2,38	3,05
$N_{15}P_{15}K_{15}$	2,67	4,68	2,68	3,34
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,68	4,86	2,79	3,44
$N_{15}P_{30}K_{30} + N_{15}$ (прикореневе підживлення)	2,71	4,87	2,85	3,48
$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,81	4,77	3,23	3,60
$N_{30}P_{45}K_{45} + N_{15}$ (прикореневе підживлення)	2,83	4,83	3,34	3,67
НІР _{0,95}	фактор А (добрива)	0,09	0,06	–
	фактор В (інокуляція насіння)	0,08	0,10	–
	взаємодія АВ	0,18	0,13	0,28

На фонах мінерального удобрення, що вивчалися, сівба інокульованим насінням забезпечила приріст урожайності зерна на рівні 4,91–7,50 %. Найбільш продуктивними виявилися посіви на варіанті з внесенням $N_{30}P_{45}K_{45} + N_{15}$ (прикореневе підживлення).

Отже, внесення мінеральних добрив та використання мікробіопрепарату комплексної дії підвищувало рівень фотосинтетичної продуктивності рослин та інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю за рахунок збільшення розмірів асиміляційної поверхні та подовження тривалості перебування її у функціональному стані.

Асиміляти, утворені у процесі фотосинтетичної діяльності використовувалися надалі рослинами для реалізації морфогенетичної програми росту і розвитку, що в кінцевому результаті визначило їхні розміри [2].

Висновки

Внесення мінеральних добрив та використання мікробіопрепарату комплексної дії підвищувало рівень фотосинтетичної продуктивності рослин та інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю за рахунок збільшення розмірів асиміляційної поверхні та подовження тривалості перебування її у функціональному стані. При вирощуванні гороху на зерно в зоні лівобережного Лісостепу України найбільш доцільною є сівба насінням, обробленим мікробіологічним препаратом Ризогумін на фоні внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$, з подальшим проведенням підживлення рослин у фазі гілкування мінеральним азотом у дозі N_{15} . Це дає змогу підвищити фотосинтетичну продуктивність посівів та збільшити урожайність зерна культури до 3,67 т/га.

Перспективи подальшої роботи в цьому напрямі. Перспективами подальших досліджень є вивчення різних строків внесення мінерального азоту на ефективність симбіотичної азотфіксації.

References

1. Adamen, F. F. (1999). Azotfiktsatsiia ta osnovni napriamy polipshennia azotnoho balansu gruntiv. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 2, 9–16 [In Ukrainian].
2. Huljaev, B. Y. (1981). *Voprosy kolychestvennoho opysanyia rostovykh funktsyi rastenyia.*

Fyzyolohyia Byokhymyia Kulturnykh Rastenyi, 3 (13), 227–238 [In Russian].

3. Huliaev, B. Y., & Patyka, V. P. (2004). Fosfor kak enerhetycheskaia osnova protsessov fotosynteza, rosta y razvytyia rastenyi. *Ahroekolohichnyi Zhurnal*, 2, 3–9 [In Russian].

4. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv*. Kyiv: Nichlava [In Ukrainian].

5. Kaminskyi, V. F. (2000). Stan ta perspektyvy vyrobnytstva horokhu v Ukraini. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 5, 22–25 [In Ukrainian].

6. Nichiporovich, A. A., Stroganova L. E., Chmora S. N., Vlasova M. P. (1961). *Fotosinteticheskaya deyatelnost rasteniy v posevah*. Moskva: Izdatelstvo AN SSSR

7. Yeshchenko, V. O. (Eds.). (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Vinnytsia: Edelveis i K.

8. Rozvadovskyi, A. M. (1988). *Intensyvna tekhnolohiia vyroshchuvannia horokhu*. Kyiv: Urozhai [In Ukrainian].

9. Allen, J. F. (2002). Photosynthesis of ATP–Electrons, Proton Pumps, Rotors, and Poise. *Cell*, 110 (3), 273–276. doi: 10.1016/s0092-8674(02)00870-x.

10. Amtmann, A., Hammond, J. P., Armengaud, P., & White, P. J. (2005). Nutrient Sensing and Signaling in Plants: Potassium and Phosphorus. *Incorporating Advances in Plant Pathology*, 209–257. doi: 10.1016/s0065-2296(05)43005-0.

11. Bloom, A. J. (2015). The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. *Current Opinion in Plant Biology*, 25, 10–16. doi: 10.1016/j.pbi.2015.03.002.

12. Di Paolo, E., Garofalo, P., & Rinaldi, M. (2015). Irrigation and nitrogen fertilization treatments on productive and qualitative traits of broad bean (*Vicia fabavar.minorL.*) in a Mediterranean environment. *Legume Research – An International Journal*, 38 (2), 209. doi: 10.5958/0976-0571.2015.00069.7.

13. George, E., Marschner, H., & Jakobsen, I. (1995). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Uptake of Phosphorus and Nitrogen From Soil. *Critical Reviews in Biotechnology*, 15 (3–4), 257–270. doi: 10.3109/07388559509147412.

14. Hörtensteiner, S., & Feller, U. (2002). Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany*, 53 (370), 927–937. doi: 10.1093/jexbot/53.370.927.

15. Maathuis, F. J. (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, 12 (3), 250–258. doi: 10.1016/j.pbi.2009.04.003.

16. Mishra, N. (2014). Growth and yield response of pea (*pisum sativum l.*) to Integrated Nutrient Management A Review. *Journal of plant and pest science*, 1 (2), 87–95.

17. Negi, S., Sing, R., & Dwivedi, O. (2006). Effect of biofertilizers, nutrient sources and lime on growth and yield of garden pea. *Legume research*, 29 (4), 282–285.

18. Razaq, M., Zhang, P., Shen, H., & Salahuddin. (2017). Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of *Acer mono*. *PLOS ONE*, 12 (2), e0171321. doi: 10.1371/journal.pone.0171321.

19. Rojo, M. J., Carcedo, S. G., & Mateos, M. P. (1990). Distribution and characterization of phosphatase and organic phosphorus in soil fractions. *Soil Biology and Biochemistry*, 22 (2), 169–174. doi: 10.1016/0038-0717(90)90082-b.

20. Schachtman, D. P., Reid, R. J., & Ayling, S. M. (1998). Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiology*, 116 (2), 447–453. doi: 10.1104/pp.116.2.447.

Стаття надійшла до редакції 09.09.2019 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Єремко Л. С., Гангур В. В., Киричок О. О., Сокирко Д. П. Мінеральне живлення як фактор підвищення фотосинтетичної продуктивності і урожайності посівів гороху. *Вісник ПДАА*. 2019. № 3. С. 50–56.

© Єремко Людмила Сергіївна, Гангур Володимир Васильович,
Киричок Олег Олегович, Сокирко Дмитро Петрович, 2019