


original article | UDC 631.8:633.34 | doi: 10.31210/visnyk2022.03.05

## THE PECULIARITIES OF INDIVIDUAL PRODUCTIVITY FORMATION OF SOYBEAN PLANTS (*GLYCINE HISPIDA* MOENCH.) UNDER CONDITIONS OF DIFFERENT SUPPLY WITH ELEMENTS OF MINERAL NUTRITION

L. Yeremko\*

ORCID  [0000-0001-5641-7436](https://orcid.org/0000-0001-5641-7436)

V. Hanhur

ORCID  [0000-0002-5619-492X](https://orcid.org/0000-0002-5619-492X)

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

\*Corresponding author

E-mail: yeremkol@ukr.net

### How to Cite

Yeremko, L., & Hanhur, V. (2022). The peculiarities of individual productivity formation of soybean plants (*Glycine hispida* Moench.) under conditions of different supply with elements of mineral nutrition. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 40–46. doi: 10.31210/visnyk2022.03.05

*Soybean is a strategic crop of global importance that plays a key role in overcoming the food crisis. Its grain has a unique combination of organic compounds and mineral substances of the two most important components - protein and oil, which play a key role in the physiological and biochemical processes of human and animal life. Formation of crop productivity occurs during the growing season in close relationship with life factors. In their group, one of the key positions is occupied by the nutrient regime of the soil. The use of the microbiological preparations, macro- and microfertilizers are important agrotechnical methods that able to improve the supply of plants with elements of mineral nutrition. The purpose of the research is to find out the effect of mineral fertilizers, microelements and a microbiological preparation based on the nitrogen-fixing microorganisms on the soybean productivity formation. Results of the research indicate that the pre-sowing seed treatment with the microfertilizer and microbiological preparation contributed to intensification of growth processes, formation of the optimal optical and biological structure of crops and the corresponding improvement of the conditions of development and formation of plants biological productivity in them. The combination of such agrotechnical methods proved to be the most effective in the variant with application of mineral fertilizers in a dose of active substance  $N_{35}P_{70}K_{70}$ . In this case, an average of 18.2 pcs. beans were formed on the plants, with an average number of grains in them of 2.3 pcs. The total number of grains from a plant and the weight of 1000 of them were, respectively, 41.9 pcs. and 157.4 g. The size of the structural elements of individual plant productivity and their number per unit area determined the level of crop productivity. Accordingly, its values were the highest in general according to the experiment ( $2.78 \text{ t ha}^{-1}$ ) in the variants with a combine using of mineral fertilizers with a dose of active substance  $N_{35}P_{70}K_{70}$ , a microbiological preparation and microfertilizer. In the variant where the pre-sowing seed treatment was carried out only with a microbiological preparation, a decrease in the grain productivity of soybean crops was noted, compared to the complex application of macro- and microfertilizer and a microbiological preparation, by  $0.1\text{--}0.12 \text{ t ha}^{-1}$ .*

**Keywords:** soybean, microbiological preparation, microfertilizers, mineral fertilizers, individual productivity, yield.

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН СОЇ (*GLYCINE HISPIDA* MOENCH.) ЗА РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ**

*Л. С. Єремко, В. В. Гангур*

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Стратегічною культурою світового значення, що відіграє ключову роль у подоланні продовольчої кризи є соя. Її зерно має унікальне поєднання органічних сполук і мінеральних речовин двох найважливіших складників – білка і олії – що відіграють ключову роль у фізіолого-біохімічних процесах життєдіяльності людини і тварин. Формування продуктивності культури відбувається впродовж вегетаційного періоду в тісному взаємозв'язку із факторами життя. У їх групі одну із ключових позицій займає поживний режим ґрунту. Важливими агротехнологічними прийомами, що здатні покращувати забезпеченість рослин елементами мінерального живлення є застосування мікробіологічних препаратів, макро- та мікродобрив. Мета роботи – з'ясувати вплив мінеральних добрив, мікроелементів та мікробіологічного препарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів на формування продуктивності сої. Результати досліджень свідчать, що передпосівна обробка насіння мікродобривом і мікробіологічним препаратом сприяла інтенсифікації ростових процесів, формування оптимальної оптико-біологічної структури посівів і відповідному покращанню умов розвитку і формування біологічної продуктивності рослин у них. Поєднання таких агротехнологічних прийомів виявилось найбільш ефективним на фоні внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{35}P_{70}K_{70}$ . У такому разі на рослинах формувалося в середньому 18,2 шт. бобів із середньою кількістю зерен у них 2,3 шт. Загальна кількість зерен з рослини та маса їх 1000 становили, відповідно 41,9 шт. і 157,4 г. Величина структурних елементів індивідуальної продуктивності рослин та їх кількість на одиниці площі визначили рівень урожайності посівів. Відповідно, її значення було в цілому по досліді найвищим (2,78 т/га) за поєданого застосування мінеральних добрив дозою діючої речовини  $N_{35}P_{70}K_{70}$ , та передпосівної обробки насіння мікробіологічним препаратом Ризоактив Р (2,0 л/т) і мікродобривом Оракул насіння (1,5 л/т). Приріст урожайності зерна сої, порівняно з абсолютним контролем становив 0,55 т/га або 24,7 %.

**Ключові слова:** соя, мікробіологічний препарат, мікродобрива, мінеральні добрива, індивідуальна продуктивність, урожайність.

### Вступ

Стратегічного значення у вирішенні проблеми забезпечення продовольством населення України, що досить гостро постала останнім часом, набуває збільшення валових зборів зерна сої, як унікальної білково-олійної культури. Вона широко використовується у кормовиробництві, харчовій, технічній, фармацевтичній промисловості.

Висока енергетична і споживча цінність даної культури обумовлюється значним умістом у сухій речовині її зерна збалансованого за амінокислотним складом білка на рівні 30–55 %, жиру – від 13 до 26 %, вуглеводів – від 20 до 32 %, мікроелементів, вітамінів (А, В1, С, В2, Е, К, D1, D3, РР).

У харчовій промисловості зерно сої є сировиною для виготовлення соусів, молока, сиру, котлет, заміників яечного порошку, кондитерських виробів, ковбас, сосисок, консервів, фаршу тощо [11].

У кормовиробництві сою використовують для збалансування кормової бази та покращання використання грубих, соковитих і концентрованих кормів у відгодівлі тварин та птиці.

Медико-біологічні дослідження показали, що споживання соєвих продуктів зменшує вміст холестерину у крові, стимулює центральну нервову систему, нормалізує артеріальний тиск, має позитивний вплив на серцево-судинну систему, обмінні процеси, запобігає розвитку цукрового діабету, утворенню каменів у нирках та у жовчному міхурі, а за рахунок вмісту ізофлавоноїдів, зменшує ризики канцерогенезу [18–20].

Рослин сої (*Glycine hispida* Maxim.) характеризуються унікальною біологічною властивістю вступати у симбіотичні взаємовідносини із бульбочковими бактеріями роду *Bradyrhizobium japonicum*, фіксувати біологічний азот повітря та використовувати його в процесі синтезу амінокислот і білків, покращуючи таким чином господарсько-цінні ознаки врожаю. Після її збирання більше 30 % біологічно фіксованого азоту залишається в післяжнивних і кореневих залишках та використовується послідовними культурами сівозміни [23].

Вагомим фактором реалізації генетично обумовленого потенціалу продуктивності певного сорту чи гібриду є оптимізація поживного режиму його рослин за рахунок застосування мікробіологічних препаратів, макро- та мікроелементів [25].

Ріст і розвиток рослин, формування їх потужної надземної маси і кореневої системи є тісно пов'язаним із забезпеченістю азотом, що є складовою частиною вітамінів, хлорофілу, амінокислот, нуклеїнових кислот, за участю яких відбуваються процеси синтезу ростових речовин і білків, необхідних для побудови тканин.

За рахунок азотфіксації соя здатна забезпечувати себе азотом на 90–95 % і за сприятливих умов вегетаційного періоду фіксувати близько 70–140 кг/га д.р. даного елемента [2]. Разом з тим, у початковий період розвитку, до формування симбіотичного апарату її рослини потребують стартового внесення мінерального азоту для наростання і функціонування листової поверхні, як донора енергетичного матеріалу у ході становлення бобово-ризобіального симбіозу [6].

Поглинання і засвоєння азоту тісно пов'язано із наявністю у ґрунті фосфору, що є важливою складовою вуглеводного обміну, процесів передачі генетичної інформації, дихання, фотосинтезу, синтезу білків, фіксації молекулярного азоту, а також транспорту асимілятів і поживних речовин у рослинах [21].

Дефіцит даного елемента у ґрунті призводить до уповільнення росту коренів, недостатнього розвитку і функціонування симбіотичного апарату і не може бути компенсованим за рахунок внесення фосфоровмісних добрив у послідуочі етапи розвитку.

Калій є елементом, що сприяє регулюванню водного й азотного обміну, підвищує пружність тканин і разом з тим стійкість рослин до вилягання, пришвидшує проходження процесу наливання зерна [9, 13, 24].

Для підтримання фізіологічних процесів життєдіяльності рослини сої потребують достатнього рівня забезпеченості мікроелементами, що є складовими частинами біологічно активних речовин, які приймають участь в окислювально-відновних процесах, вуглеводному і азотному обміні [22]. У цьому зв'язку проведення позакореневого підживлення рослин мікродобривами у критичні фази росту і розвитку (від бутонізації до формування і наливу бобів та насіння) є важливим елементом системи удобрення сої, за рахунок якого підвищується ефективність засвоєння мікроелементів [8].

У життєдіяльності рослинного організму кожен макро- і мікроелемент відіграє специфічні, притаманні тільки йому функції обміну речовин. Тому, в умовах сьогодення є досить актуальним, проведення оптимізації поживного режиму рослин за рахунок найбільш раціонального поєднання макро- і мікроелементів та застосування мікробіологічних препаратів, складовими яких є азотфіксуючі бульбочкові бактерії та фізіологічно активні речовини, що забезпечують рістстимулюючий ефект для рослини [7].

*Мета досліджень* – з'ясувати вплив макро-, мікроелементів та мікробіологічного препарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів на формування продуктивності сої.

*Завдання дослідження:* дослідити зміну елементів індивідуальної продуктивності рослин сої залежно від застосування мікробіологічного препарату Ризоактив Р і його поєднання із мікродобривом Оракул насіння у допосівній обробці насіння на різних фонах мінерального удобрення; виявити вплив різних рівнів удобрення на урожайність насіння сої.

### Матеріали і методи досліджень

Наукові дослідження були проведені впродовж 2019–2021 рр. в умовах державного підприємства «Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН».

Схема двохфакторного польового дослідження включала: Фактор А – фони мінерального удобрення: без добрив (контроль), застосування мінеральних добрив у дозах діючої речовини  $N_{35}P_{70}K_{70}$  і  $P_{70}K_{70}$ ; Фактор В – проведення допосівної обробки насіння мікробіологічним препаратом на основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* Ризоактив Р (2,0 л/т) і комплексом даного мікробіологічного препарату і мікродобрива Оракул насіння (1,5 л/т). Розміщення варіантів дослідження було систематичним у чотирикратній повторності. Облікова площа ділянок становила 50 м<sup>2</sup>.

Технологія вирощування сої у досліді, була рекомендованою для зони Лівобережного Лісостепу України за виключенням елементів, що вивчали.

Відбір пробних снопів та аналіз структури врожаю проводили із використанням методики державного сортопробування сільськогосподарських культур [5].

Облік врожаю проводили прямим комбайнуванням, за настання повної стиглості насіння. Отримані дані урожайності перераховували на базисну вологість 12 %.

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

### Результати досліджень та їх обговорення

Індивідуальна продуктивність рослин є відображенням впливу екзогенних чинників навколишнього середовища на ступінь реалізації генетичного потенціалу сорту [4].

Формування врожаю сої складається із трьох етапів: вегетативного розвитку рослин, під час якого відбувається формування стеблових вузлів і асиміляційної поверхні; закладання і розвиток плодоеlementів (бобів, насінин); накопичення і транслокації поживних речовин у насіння [3, 16].

Одним із факторів, що визначає проходження цих етапів і відповідно, значення показників структурних елементів урожаю рослин є збалансоване забезпечення елементами мінерального живлення впродовж періоду вегетації [15].

Результати наших досліджень свідчать, що внесення мінеральних добрив, застосування мікробіологічного препарату і мікродобрива мало позитивний вплив на основні елементи структури урожаю сої, а саме, на кількість бобів, сформованих на одній рослині та насінин у них, кількість насінин із рослини, масу 1000 насінин (табл. 1).

Поліпшення умов мінерального живлення рослин сої за рахунок проведення допосівної інокуляції насіння мікробіологічним препаратом Ризоактив Р та внесення мінеральних добрив у дозах діючої речовини  $N_{35}P_{70}K_{70}$  та  $P_{70}K_{70}$  сприяло підвищенню інтенсивності відтоку пластичних речовин із вегетативної до репродуктивної частини рослин та збільшення кількості плодоеlementів і виповненості насіння. Так, найвищі значення показників елементів структури врожаю сої були відзначені у варіанті передпосівної обробки насіння за поєднання застосування мікробіологічного препарату Ризоактив Р і мікродобрива Оракул насіння на фоні внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{35}P_{70}K_{70}$ . У середньому рослини формували 18,2 шт. бобів із кількістю зернин у них 2,3 шт. Відповідно загальна кількість зернин з рослини була на рівні 41,9 шт. Величина показника маси 1000 зернин збільшувалася до 157,4 г, що вказує на посилене надходження органічних сполук до зерна під час його досягання.

### 1. Індивідуальна продуктивність рослин сої за різної забезпеченості елементами мінерального живлення (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти удобрення	Кількість бобів на 1 рослину, шт.	Кількість насінин у 1 бобі, шт.	Кількість насінин з 1 рослини, шт.	Маса 1000 насінин, г
Без допосівної обробки насіння	контроль (без добрив)	14,8	2,0	29,6	139,5
	$N_{35}P_{70}K_{70}$	16,7	2,2	36,7	148,2
	$P_{70}K_{70}$	15,4	2,2	33,9	142,8
Допосівна обробка насіння (Ризоактив Р – 2,0 л/т)	контроль (без добрив)	15,2	2,1	31,9	141,6
	$N_{35}P_{70}K_{70}$	17,1	2,3	39,3	150,9
	$P_{70}K_{70}$	16,1	2,2	35,4	144,4
Допосівна обробка насіння (Ризоактив Р – 2,0 л/т + Оракул насіння – 1,5 л/т)	контроль (без добрив)	15,9	2,1	33,4	143,5
	$N_{35}P_{70}K_{70}$	18,2	2,3	41,9	157,4
	$P_{70}K_{70}$	16,5	2,3	37,9	148,8

Величина структурних елементів індивідуальної продуктивності рослин та їх кількість на одиниці площі визначали рівень урожайності посівів. Так, найвищою (2,78 т/га) вона була за поєданого застосування мінеральних добрив дозою діючої речовини  $N_{35}P_{70}K_{70}$ , мікробіологічного препарату і мікродобрива (табл. 2). Приріст урожайності зерна сої, порівняно з контролем, становив 0,4 т/га і за результатами дисперсійного аналізу є істотним ( $HP_{0,95} = 0,04$  т/га). За внесення мінеральних добрив у дозі  $P_{70}K_{70}$  урожайність сої зменшилася щодо попереднього варіанту на 0,13 т/га або 4,8 %, але при цьому перевищувала контроль на 0,27 т/га або 11,3 %.

У варіанті допосівної обробки насіння мікробіологічним препаратом Ризоактив Р спостерігали зниження продуктивності сої, порівняно з комплексним застосуванням заходів інтенсифікації технології, що вивчали. Так, врожайність зерна культури, за варіантами удобрення, була нижчою на 0,1–0,12 т/га, але при цьому перевищувала абсолютний контроль на 0,05–0,12 т/га.

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

### 2. Урожайність зерна сої за різних рівнів мінерального живлення, т/га (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти удобрення	Урожайність зерна за роками, т/га			Середнє за 2019–2021 рр.
		2019	2020	2021	
Без допосівної обробки насіння	контроль (без добрив)	2,18	2,06	2,45	2,23
	N <sub>35</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	2,46	2,35	2,83	2,54
	P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	2,39	2,29	2,78	2,48
Допосівна обробка насіння (Ризоактив Р – 2,0 л/т)	контроль (без добрив)	2,23	2,12	2,50	2,28
	N <sub>35</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	2,54	2,42	3,04	2,66
	P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	2,48	2,35	2,82	2,55
Допосівна обробка насіння (Ризоактив Р – 2,0 л/т + Оракул насіння – 1,5 л/т)	контроль (без добрив)	2,34	2,19	2,62	2,38
	N <sub>35</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	2,62	2,53	3,19	2,78
	P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	2,56	2,46	2,95	2,65
NIP <sub>0,95</sub> , т/га: фактор А – 0,03; фактор В – 0,04; взаємодія факторів АВ – 0,06.					

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що комплексне застосування мікробіологічного препарату та мікродобрива для передпосівної обробки насіння на фоні внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>35</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub>, порівняно з контролем, забезпечує збільшення кількості бобів на 2,3 шт./рослину або 14,5 %, числа насінин на 0,2 шт./біб або 9,5 %, кількості насінин з однієї рослини на 8,5 шт., або 25,4 %. Поряд з цим маса 1000 насінин зросла на 9,7 г або 13,9 %, а урожайність зерна сої – на 16,8 %.

Позитивний вплив застосування мінерального удобрення та мікробіологічних препаратів на зернову продуктивність сої відзначають і інші вчені. Результатами досліджень, проведених Г. Л. Гадзовським, Н. В. Новицькою, О. М. Мартиновим відзначено, що застосування мікробіологічного препарату Легум Фікс за допосівної обробки насіння сприяє підвищенню рівня урожайності сої на 0,2–0,4 т/га порівняно з контролем [1].

У польових дослідженнях виявлено, що проходження всіх етапів росту і розвитку сої відбувається у тісному зв'язку із наявністю у кореневій зоні рослин необхідної кількості макро- і мікроелементів, які визначають перебіг фізіологічних процесів у рослинах. Разом з тим спостерігали взаємодію елементів мінерального живлення та їх вплив на метаболізм у рослинному організмі [12, 14].

Дослідженнями, відзначено підвищення рівня урожайності зерна сої, порівняно з контролем, на 13 % у варіантах поєднання удобрення сіркою і азотом із дозою внесення N<sub>60</sub> у два прийоми [17]. Застосування різних доз добрив, що містять мікроелементи (6,8 % Mn, 3,9 % Zn, 2,1 % Fe, 1,2 % Cu і 1,1 % B) сприяє збільшенню врожаю сої з 33,6 % до 79,7 % щодо до контролю у дослідженнях, проведених J. M. Barbosa, C. F. A. Rezende, W. Leandro, R. F. Ratke, R. Flores, Á. R. Da Silva [10].

#### Висновки

Застосування допосівної обробки насіння мікробіологічним препаратом Ризоактив Р (2,0 л/т) на основі високоактивних конкурентоздатних штамів мікроорганізмів *Bradyrhizobium japonicum* та мікродобрива Оракул насіння (1,5 л/т) має стимулюючу дію на ріст, розвиток рослин та формування їх індивідуальної продуктивності. Поєднання застосування мікробіологічного препарату Ризоактив Р та мікродобрива Оракул насіння у передпосівній обробці насіння на фоні внесення N<sub>35</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub> дає можливість підвищити рівень урожайності зерна сої до 2,78 т/га, що є вищим за абсолютний контроль на 0,55 т/га або 24,7 %).

Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні ефективності поєднання внесення мінеральних добрив та стимуляторів росту на основі гумінових речовин.

#### References

1. Hadzovskyi, H. L., Novytska, N. V., & Martynov, O. M. (2020). Urozhai i yakist zerna soi pid vplyvom inokuliacii ta pozakorenevoho pidzhyvlennia. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 111, 44–48. doi: 10.32851/2226-0099.2020.111.5 [In Ukrainian].

2. Hanhur, V. V., Pypko, O. S., & Prokopiv, O. O. (2021). roduktivnist soi zalezno vid tekhnolohii peredposivnoho obrobittu gruntu ta inokulivannia. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 80–85. doi: 10.31210/visnyk2021.04.10 [In Ukrainian].
3. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, Yu. M. (2017). Produktivnist korotkorotatsiinykh sivozmin za maksymalnoi chastky v nykh soi ta kukurudzy pry vyroshchuvanni v umovakh nedostatnoho zvolozhennia livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 1, 2, 313–319 [In Ukrainian].
4. Yeremko, L. S., Shvets, A. Yu., Kobylinskyi, I. V., & Saienko, V. O. (2021). Optymizatsiia pozhyvnoho rezhymu – faktor pidvyshchennia produktivnosti posiviv chyny posivnoi (*Lathyrus sativus* L.). *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 149–155. doi: 10.31210/visnyk2021.01.18 [In Ukrainian].
5. *Metodyka Derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur*. (2004). Kyiv. [In Ukrainian].
6. Petrychenko, V. F., Lykhochvor, V. V., & Ivaniuk, S. V. (2016). *Soia: monohrafiia*. Vinnytsia: Dilo [In Ukrainian].
7. Rynkys, H. Ya., & Nollendorf, V. F. (1982). Sbalansyrovannoe pytanye rastenyi makro- y mikroelementamy. Ryha: Zynatne [in Latvia].
8. Temriienko, O. O. (2018). Formuvannia produktivnosti soi zalezno vid ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho. *Naukovi Dopovidi Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 3 (73). doi: 10.31548/dopovidi2018.03.014 [In Ukrainian].
9. Tkachuk, K. S., & Zhukova, T. V. (2009). *Fiziolohichna rol ta efektyvnist vykorystannia kaliuu i kaltsiiu roslynamy*. Kyiv: DIA [In Ukrainian].
10. Barbosa, J. M., Rezende, C. F. A., Leandro, W., Ratke, R. F., Flores, R., Da Silva, Á. R., & Goiânia, G.-B. (2016). Effects of micronutrients application on soybean yield. *Australian Journal of Crop Science*, 10, 8, 1092–1097. doi: 10.21475/ajcs.2016.10.08.p7367
11. Chen, M., Rao, Y., Zheng, Y., Wei, S., Li, Y., Guo, T., & Yin, P. (2014). Association between soy isoflavone intake and breast cancer risk for pre- and post-menopausal women: A meta-analysis of epidemiological studies. *PLoS ONE*, 9, 2, 1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0089288
12. Fismes, J., Vong, P. S., Guckert, A., & Frossard, E. (2000). Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy*, 12, 127–141.
13. Conceição, G. M., Cunha, V. dos S., Fipke, G. M., Bruning, L. A., Rossato, A. da C., & Martin, T. N. (2020). Mineral supplementation of soybean seeds with different initial nutrient levels. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 42, 1–14. doi: 10.4025/actasciagron.v42i1.42484
14. Jamal, A., Moon, Y. S., & Abdin, M. Z. (2010). Sulphur – a general overview and interaction with nitrogen. *Australian Journal of Crop Science*, 4, 7, 523–529.
15. Kaminskyi, V., Sokyрко, D., Hanhur, V., & Yeremko, L. (2021). Formation of the leaf surface and productivity of the chickling vetch (*Lathyrus sativus* L.) depending on the amounts of mineral fertilizers and pre-sowing inoculation of seeds. *Agronomy Science*, 76, 2, 87–99. doi: 10.24326/as.2021.2.7
16. Liu, K. (1997). *Soybeans: chemistry, technology and Utilization*. New York: Charman & Hall. doi: 10.1007/978-1-4615-1763-4
17. Lorenc-Kozik, A. M., & Pisulewska, E. (2003). Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i mikroelementami na plonowanie wybranych odmian soi. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops*, 24, 1, 131–142.
18. Messina, M. (2016). Impact of soy foods on the development of breast cancer and the prognosis of breast cancer patients. *Forschende Komplementarmedizin*, 23, 2, 75–80. doi: 10.1159/000444735
19. Messina, M., Rogero, M. M., Fisberg, M., & Waitzberg, D. (2017). Health impact of childhood and adolescent soy consumption. *Nutrition Reviews*, 75 (7), 500–515. doi: 10.1093/nutrit/nux016
20. Nogueira-de-Almeida, C. A., Ferraz, I. S., Ued, F. V., Almeida, A. C. F., & Del Ciampo, L. A. (2020). Impact of soy consumption on human health: integrative review. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, 1–17. doi: 10.1590/1981-6723.12919
21. Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Sprecht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A., & Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crop Research*, 108, 1–13.
22. Singh, J. S., Pandey, V. C., & Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140 (3-4), 339–353.
23. Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., and & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1–13. doi: 10.1186/s40538-016-0085-1

24. Bang, T. C., Husted, S., Laursen, K. H., Persson, D. P., & Schjoerring, J. K. (2021). The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. *New Phytologist*, 229, 2446–2469. doi: 10.1111/nph.17074

25. Vollmann, J. (2016). Soybean versus other food grain legumes: A critical appraisal of the United Nations International Year of Pulses. *Journal of Land Management, Food and Environment*, 67, 1, 17–24. doi: 10.1515/boku-2016-0002

**Стаття надійшла до редакції: 04.07.2022 р.**

**Бібліографічний опис для цитування:**

Єремко Л. С., Гангур В. В. Особливості формування індивідуальної продуктивності рослин сої (*Glycine hispida* Moench.) за різної забезпеченості елементами мінерального живлення. *Вісник ПДАА*. 2022. № 3. С. 40–46.

© Єремко Людмила Сергіївна, Гангур Володимир Васильович, 2022