

**ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ ПІД ВПЛИВОМ ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПІДЖИВЛЕННЯ**

**ФЕДУРАК І.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0001-7439-6181](https://orcid.org/0000-0001-7439-6181)

Відокремлений структурний підрозділ «Кам'янець-Подільський фаховий коледж

Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»

**ХМЕЛЯНЧИШИН Ю.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0003-2860-2065](https://orcid.org/0000-0003-2860-2065)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**ІВАСИК М.В.** – аспірантка

[orcid.org/0000-0001-6119-9218](https://orcid.org/0000-0001-6119-9218)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Постановка проблеми.** Virішення завдань із збільшення врожайності на основі вдосконалення елементів у технології вирощування зернобобових культур, а саме: розробку варіанту технології вирощування сої з підбору кращих районованих сортів, застосування інокулянтів та мікродобрив в умовах Лісостепу західного.

Економічно ефективно виробництво зерна сої можливе лише за удосконалення нових агротехнічних елементів у технології вирощування.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Підвищення продуктивності рослин сої можливе за рахунок застосування конкурентоспроможних технологій вирощування. Дані технології впливають на відтворення родючості ґрунту з урахуванням особливостей дії та післядії культур, збалансованій системі удобрення та якісно підібраній системі захисту від шкідників і хвороб, відповідно до вимог сорту, ґрунтово-кліматичних умов, норм висіву, строків посіву тощо [3, с. 41].

Найважливішою умовою одержання високих урожаїв сої є наявність у ґрунті доступних елементів живлення, азотфіксуючих бульбочкових бактерій, вологи і температурного режиму. Тому важливо визначити і створити оптимальні умови середовища для реалізації потенційної азотфіксуючої активності сої кожного сорто типу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

У підвищенні ефективності мінерального живлення рослин особливу роль відіграють мікроелементи, такі як: бор, молібден, мідь, цинк, залізо, марганець, кобальт, магній. За їхньої відсутності або дефіциту рослина не може нормально розвиватися, оскільки вони входять до складу вітамінів, ферментів, гормонів та інших фізіологічно активних речовин. Під їхнім впливом збільшується вміст хлорофілу в листках, посилюється асиміляційна діяльність рослини, зростає ефективність процесу фотосинтезу [1, с. 9; 4, с. 171].

**Мета статті.** Обґрунтувати використання у технології вирощування сої препарату Вуксал Борон та вплив проведення інокуляції насіння на формування сортової продуктивності зерна сої.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили впродовж 2020-2022 рр. на базі дослідного поля навчально-виробничої лабораторії рослинництва Відокремленого структурного підрозділу

«Новоушицький фаховий коледж Закладу вищої освіти «Подільський державний університет».

Об'єкт дослідження – рослини сої, процеси їх розвитку, вплив мікроелементів та інокуляції насіння на формування сортової продуктивності.

Предмет дослідження – сорти сої, їх реакція на інокуляцію насіння інокулянтном Хі Стік та підживлення мікродобривом Вуксал Борон рН.

Дослідження проводилися у відповідності до вимог методики польового досліду і закладались методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності. Елементами методики досліду є кількість варіантів у схемі досліду, частота контролів, дослідні ділянки і захисні смуги, форма ділянок та їх орієнтація, повторність і повторення досліду, методи розміщення варіантів у досліді, методика обліків і спостережень.

Загальна площа ділянки становила 36 м<sup>2</sup>, облікова – 25 м<sup>2</sup>. Попередник – пшениця озима. Мінеральні добрива вносили під передпосівну культивування згідно схеми досліду. Висівали середньоранні сорти Софія і Аратта широкорядним способом з міжряддями 45 см. Норму висіву визначали з урахуванням маси 1000 насінин і посівної придатності.

Норма висіву насіння сої сорту Аратта при 400 тис./га становила в середньому 73,7 кг/га, при 600 тис./га – 110,4, при 800 тис./га – 147,3 кг/га, а сорту Софія – відповідно 73,5, 110,2 і 147,9 кг/га. Протруйник Максим XL 035 FS з діючою речовиною флудіоксоніл 25 г/л, металаксилу – М 10 г/л.

Система захисту включала: Фронт'єр® Оптима (діюча речовина 720 г/л Диметенамід-П) з нормою внесення 0,8 л/га та Стомп® 330 (діюча речовина 330 г/л Пендиметалін) в нормі 2,0 л/га, дана бакова суміш використовувалась одразу після посіву, і термін дії – 14-20 днів. По вегетації у фазі 2-3 трійчатого листочка для контролю дводольних бур'янів використовували гербіцид Базагран 48 в нормі 2,2-2,5 л/га.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Соя, як бобова культура, є цінним попередником у сівозміні. Залишаючи в ґрунті після збирання добре розвинуту кореневу систему з бульбочковими бактеріями, рослини сої сприяють нагромадженню азоту (60-80 кг/га), поліпшенню структури й родючості ґрунту. Соя використовує важкорозчинні поживні речовини з нижніх шарів ґрунту

і включає їх у кругообіг живлення. У середньому на 1 га вона залишає 60-80 кг, 20-25 кг фосфору і 30-40 кг калію [2, с. 547].

Продукти азотфіксації, які транспортуються в надземну частину рослини, впливають на процес фотосинтезу, на розподіл фотоасимілянтів і азотовмісних речовин між органами рослини, і в залишку можуть знижувати або підвищувати продуктивність бобових рослин [5, с. 261].

У формуванні симбіотичних зв'язків ризобій з рослинами-господарями особливу, а інколи і визначну роль відіграють умови середовища і технологія вирощування бобових рослин, зокрема сої [5, с. 262].

Високопродуктивні сорти сої надають можливість отримувати високий урожай даної культури. Упровадження нових сортів суттєво залежить від їх біологічних особливостей та умов навколишнього середовища. Особливістю сільськогосподарських культур є те, що сорти потрібно вирощувати в тому регіоні або поясі, де проявляється найвищий біологічний і генетичний потенціал його продуктивності [6, с. 1].

Сорт Аратта внесений в державний реєстр у 2013 році. Висота рослини – 114,1-97,3 см. Тривалість періоду вегетації складає 122-143 днів. Вміст білка – 37,1-38,4%. Вміст олії – 20,5-20,8%.

Сорт Софія внесений в державний реєстр у 2015 році. Середньоранній (90-100 днів), жаростійкий. Висота рослин – 80-100 см. Вміст білка – 39-40%. Вегетаційний період складає 115-120 днів. Олійність складає 20,5-21,5%.

Проведення інокуляції посівного матеріалу препаратами із високим вмістом азотфіксуючих бактерій для обробки насіння бобових культур сьогодні є важливим елементом технології, оскільки це дає змогу в повній мірі реалізувати генетичний потенціал сучасних сортів [7, с. 12].

У дослідженнях використовували високоефективний інокулянт Хі Стік Соя у традиційній формуляції на основі стерильного торфу, розроблений для нанесення проводилося безпосередньо перед сівбою [7, с. 20].

Соя – це культура, яка чутлива до нестачі макро- та мікроелементів, які засвоює протягом усього періоду вегетації. Азот за правильних умов вирощування та своєчасної інокуляції соя здатна забезпечити самостійно, а такі елементи як фосфор та калій потрібно вносити обов'язково.

При використанні мікроелементів обов'язково враховуємо, що їх вплив на рослини проявляється за умови повного забезпечення рослин макроелементами.

Один з незамінних мікроелементів – бор, у випадку його відсутності порушується метаболізм рослин. Рослини сої особливо потребують бору; відсутність даного мікроелемента призводить до абортів квіток, що є важливим чинником урожайності сої.

Бор – це елемент, що необхідний для поділу і розтягнення клітин меристем, тому відсутність або нестача бору призводять до раннього відмирання точок росту кореня і стебла. Пригнічення поділу і розтягнення клітин супроводжується блокуванням фермента ауксиноксидази, в клітинах збільшується вміст ауксину.

При нестачі бору в рослинах нагромаджується надлишок окислених фенольних сполук, що веде до загального порушення метаболізму і відмирання точок росту. Від наявності бору залежить утворення і функціонування бульбочок на коренях бобових рослин, оскільки бор бере участь у розвитку і функціонуванні судинної системи рослин [5, с. 254].

На досліджуваних варіантах проводили позакореневе підживлення боровмісним препаратом Вуксал Борон рН у фазі бутонізації, друге підживлення – у фазу наливу бобів, норма препарату – 1 л/га.

**Результати досліджень.** Встановлено, що вирощування сої сортів Аратта та Софія в умовах західного Лісостепу із використанням в основному удобренні азоту та фосфору, боровмісного препарату Вуксал Борон рН та інокулянту на основі стерильного торфу Хі Стік Соя суттєво впливає на збільшення врожаю порівняно із звичайною технологією цієї зернобобової культури (табл. 1).

Таблиця 1

Урожайність зерна сої в роки досліджень залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, т/га (середнє за 2020-2022 рр.)

Сорт (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Норма висіву насіння, тис/га (С)	Урожайність т/га	± до контролю по фактору, т/га		
				Сорт	Фон живлення	Норма висіву насіння
Аратта	без добрив	400	2,54	-	-	-
		600	2,66	-	-	0,12
		800	2,67	-	-	0,13
	інокуляція	400	2,82	-	0,28	-
		600	3,04	-	0,38	0,22
		800	2,82	-	0,15	0
	N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> + інокуляція	400	2,75	-	0,21	-
		600	2,70	-	0,04	-0,05
		800	2,56	-	-0,11	-0,19
	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + інокуляція	400	2,73	-	0,19	-
		600	2,69	-	0,03	-0,04
		800	2,45	-	0,22	-0,28

Продовження таблиці 1

Софія	без добрив	400	2,46	-0,08	-	-
		600	2,69	0,03	-	0,23
		800	2,75	0,08	-	0,29
	інокуляція	400	2,9	0,03	0,44	-
		600	3,03	-0,01	0,34	0,13
		800	2,83	0,01	0,08	-0,07
	N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> + інокуляція	400	2,93	0,18	0,47	-
		600	3,2	0,5	0,51	0,27
		800	2,95	0,39	0,2	0,02
	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + інокуляція	400	2,89	0,13	0,43	-
		600	2,82	0,39	0,13	-0,07
		800	2,7	0,25	-0,03	-0,19
НІР <sub>05</sub>	для фактора А, т/га		0,08			
	для фактора В, т/га		0,06			
	для фактора С, т/га		0,06			

Аналізуючи результати варіантів досліджень, відмічаємо, що за період 2020-2022 рр. сорт сої Аратта позитивно реагує на проведення інокуляції препаратом Хі Стік з нормами висіву 400-600 тис./га, прибавка врожаю до контролю склала 0,28-0,38 т/га. При збільшенні норми висіву до 800 тис./га прибавка врожаю склала 0,15 т/га.

Сорт сої Софія проявив себе краще. Особливо слід відмітити варіант дослідів із інокулянтном + N<sub>30</sub>P<sub>40</sub> та нормою висіву 600 тис./га з урожайністю 3,2 т/га, фон живлення дав прибавку до контролю 0,51 т/га. Хороший результат із врожайності забезпечив варіант дослідів з інокулянтном та нормою висіву 600 тис./га з урожайністю 3,03 т/га, фон живлення дав прибавку до контролю 0,34 т/га.

Оптимізація елементів технології вирощування дозволяє максимально реалізувати урожайний потенціал рослин сої та суттєво впливає на її зернову продуктивність.

**Висновки.** Оптимальні норми висіву насіння сої на різних фонах живлення, використання інокулянтів, мінеральних, мікродобрив і бактеріальних добрив суттєво впливають на врожайність зерна сої, підвищують його якість та зменшують технологічні витрати на 10-12% порівняно з базовою технологією.

Використання у технології вирощування сортів сої Аратта та Софія в умовах західного Лісостепу препарату Вуксал Борон при підживленні та проведенні інокуляції посівного матеріалу препаратами із високим вмістом азотфіксуючих бактерій краще показав себе сорт Софія, забезпечивши максимальну врожайність зерна на рівні 3,2 т/га.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Федорук І. В., Бахмат О. М. Продуктивність сортів сої в умовах Поділля. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 1, т. 12. С. 7-17. doi: 10.31548/agr2021.01.00
2. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Івашук П. В. Зерновиробництво : навч. посіб. Львів : НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

3. Раїса Вожегова. Сорт має значення. *AGRO TIMES* : веб-сайт. URL: <https://agrotimes.ua/article/sort-soyi-maye-znachennya/>
4. Федорук І. В. Вплив мікроелементів та інокуляції посівного матеріалу в технології вирощування сої. *Агробіологія*. 2020. №2 (161). С. 170-176. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-170-176
5. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин: підручник за редакцією професора М. М. Макрушина. Вінниця : Нова книга, 2006. 416 с.
6. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ. Аграрна наука. 2011. 548 с.
7. Бобові : брошура / BASF Agro. Київ, 2021. 81 с. URL: [https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/BASF\\_bobovie\\_160x225\\_2021\\_web.pdf](https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/BASF_bobovie_160x225_2021_web.pdf)

#### REFERENCES:

1. Fedoruk I. V., & Bakhmat O. M. (2021). Produktivnist sortiv soi v umovakh Podillia [Productivity of soybean varieties in the conditions of Podolia]. *Roslynystvo ta gruntoznavstvo*. 2021. № 1, t. 12. S. 7-17. doi: 10.31548/agr2021.01.00 [in Ukrainian].
2. Lykhochvor V.V., Petrychenko V.F., & Ivashchuk P.V. (2008). Zernovyrobnytstvo [Grain production]. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii» [in Ukrainian].
3. Raisa Vozhehova (2021). *Sort maie znachennia [The variety matters]*. AGRO TIMES : veb-sait. URL: <https://agrotimes.ua/article/sort-soyi-maye-znachennya/> [in Ukrainian].
4. Fedoruk I. V. (2020). Vplyv mikroelementiv ta inokuliatsii posivnoho materialu v tekhnolohii vyroshchuvannia soi [Influence of trace elements and inoculation of inoculum in soybean cultivation technology]. *Agrobiologija*. 2 (161), 170-176. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-170-176 [in Ukrainian].
5. Makrushin, M. M., Makrushina, E. M., Peterson, N. V., & Melnikov M. M. (2006). *Fiziologija roslin [Plant physiology]*. Vinnytsia : Nova kniga [in Ukrainian].
6. Babich A. O., & Babich-Poberezhna A. A. (2011). *Selekcija, virobnytstvo, torgivlja i vikoristannja soi v sviti*

[Selection, production, trade and use of soybeans in the world]. Kyiv : Ahrarna nauka. [in Ukrainian].

7. Bobovi [Legumes] (2021). Broshura / BASF Agro. Kyiv. URL: [https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/BASF\\_bobovie\\_160kh225\\_2021\\_web.pdf](https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/BASF_bobovie_160kh225_2021_web.pdf) [in Ukrainian].

**Федорук І.В., Хмелянчишин Ю.В., Івасик М.В. Формування урожайності сої під впливом інокуляції та підживлення**

**Мета.** Дослідити важливість проведення обробки посівного матеріалу насіння інокулянтами та підживлення рослин сої макро- та мікроелементами.

**Методи.** Теоретичні дослідження роботи ґрунтуються на аналізі фахової інформації, науковому узагальненні літературних джерел; практична частина досліджень виконувалася у відповідності до вимог методики польового досліджу.

**Результати.** Встановлено, що при проведенні передпосівної інокуляції бобових кількість бульбочкових бактерій, що потрапляють у ґрунт, залежить від розміру насіння, густоти посівів, методу інокуляції.

Нанесення формуляції у вигляді ризобіальних бактерій на насінний матеріал покращує здатність рослин сої фіксувати атмосферний азот та впливати на збільшення врожайності.

Застосування ризобіальних бактерій – це природний шлях збільшення кількості азоту, доступного для рослин, і підвищення та розкриття їх потенціалу урожайності.

Важливе значення в технології вирощування бобових культур має проведення інокуляції насінного матеріалу вискоелективним штамом бульбочкової бактерії *Bradyrhizobium japonicum* на основі стерилізованого торфу і прилипача, що буде мати вагомий позитивний вплив на симбіотичну та зернову продуктивність сої.

Соя – це бобова культура яка має особливу специфіку живлення. Рослини сої характеризується більшим споживанням поживних речовин для формування врожаю ніж рослини зернової групи, соя нерівномірно поглинає макро- та мікроелементи впродовж вегетації, має здатність застосовувати азот з повітря, використовувати сполуки фосфору і калію з ґрунту та переробляти ці запаси зі стебел рослин у насіння.

Нестача мікроелементів негативно впливає на врожайність, призводить до ураження хворобами, впливає на якість зерна. Для процесів росту і розвитку рослин сої мікроелементи надзвичайно важливі, наявність їх у достатній кількості є обов'язковою умовою засвоєння азоту з повітря.

Найефективніший спосіб забезпечення рослин сої мікроелементами – позакореневе підживлення препаратом Вуксал Борон рН (висококонцентрованою суспензією для швидкого забезпечення рослин бором з додатковими ефектами прилипача і сурфактанту) у фазі бутонізації, друге підживлення – у фазу наливу бобів, норма препарату – 1 л/га, так ми забезпечимо потребу культур у мікроелементах на 100%.

**Висновки.** На основі результатів дослідження щодо впливу проведення інокуляції та ефективності внесення мікродобрива на сортах сої Аратта і Софія розроблено

технологію вирощування із врахуванням ростових особливостей рослин.

**Ключові слова:** рослини сої, сорт, інокуляція насіння, симбіотична азотфіксація, мікроелементи, урожайність зерна.

**Fedoruk I.V., Khmelianchyshyn Yu.V., Ivasyk M.V. Formation of soybean productivity under the influence of inoculation and fertilization**

**Purpose.** Investigate the importance of treating the inoculum of seeds with inoculants and feeding soybean plants with macro- and microelements.

**Methods.** Theoretical studies of the work are based on the analysis of professional information, scientific generalization of literary sources; the practical part of the research was carried out in accordance with the requirements of the field experiment methodology.

**Results.** It was established that during the pre-sowing inoculation of legumes, the number of nodule bacteria entering the soil depends on the size of the seeds, the density of the crops, and the inoculation method.

Applying formulations in the form of rhizobial bacteria to the seed material improves the ability of soybean plants to fix atmospheric nitrogen and influence the increase in yield.

The use of rhizobial bacteria is a natural way of increasing the amount of nitrogen available to plants and increasing and unlocking their yield potential.

The inoculation of seed material with a highly effective strain of nodule bacterium *Bradyrhizobium japonicum* on the basis of sterilized peat and adhesive is of great importance in the technology of growing leguminous crops, which will have a significant positive effect on the symbiotic and grain productivity of soybeans.

Soy is a leguminous crop that has a special nutritional profile. Soybean plants are characterized by a higher consumption of nutrients for crop formation than plants of the grain group, soybean unevenly absorbs macro- and microelements during the growing season, has the ability to use nitrogen from the air, use phosphorus and potassium compounds from the soil and process these reserves from plant stems into seeds.

The lack of microelements negatively affects the yield, leads to damage by diseases, affects the quality of the grain. Trace elements are extremely important for the growth and development of soybean plants, their presence in sufficient quantity is a prerequisite for assimilation of nitrogen from the air.

The most effective way to provide soybean plants with trace elements is foliar feeding with Vuksal Boron pH (a highly concentrated suspension for quickly providing plants with boron with additional adhesive and surfactant effects) in the budding phase, the second feeding in the bean filling phase, the rate of the drug is 1 l/ha, so we will provide 100% of the culture's need for trace elements.

**Conclusion.** Based on the results of research on the effect of inoculation and the effectiveness of applying micro-fertilizer on Aratta and Sofia soybean varieties, a cultivation technology was developed taking into account the growth characteristics of plants.

**Key words:** soybean plants, variety, seed inoculation, symbiotic nitrogen fixation, trace elements, grain yield.