

The impact of pre-sowing soybean seed preparation on yield capacity

I. Kobylynskyi  | O. Antonets

Article info

Correspondence Author

I. Kobylynskyi

E-mail:

super.ivan9518338@gmail.comPoltava State Agrarian
University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Kobylynskyi, I., & Antonets, O. (2023). The impact of pre-sowing soybean seed preparation on yield capacity. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 24–28. doi: 10.31210/spi2023.26.04.05

Soybean cultivation has a stable dynamics to increase both in Ukraine and all over the world taking into account the universality of using this crop in feed production, food and oil production industry. Thus, soybean yield increase becomes topical under limited land resources considering the necessity of decreasing chemical load on the environment, preserving and increasing soil fertility, supplying the population of different countries with food products having a high content of plant protein, etc. The purpose of the article is to study the methods of pre-sowing soybean seed treatment and their effect on the crop yield capacity. Pre-sowing soybean seed treatment is aimed at providing the seeds with the protection from pests and diseases, pathogens in the aggressive soil environment. Such treatment enables to obtain uniform and well-developed seedlings, which directly affects the preservation of varieties' yield potential. Soybean seeds are treated with inoculants, fungicidal and insecticidal disinfectants, micro-fertilizers, growth stimulants and their mixtures. It is considered that seed treatment with disinfectants is an important prerequisite for obtaining high-quality yield and profitable production as, under such treatment, it is possible to reduce crop losses from 50 to 65 %. The effectiveness of seed disinfection depends on the correct choice of the preparation considering variety characteristics, the forecast of pests and diseases' affection, and weather conditions. Pre-sowing soybean seed treatment with micro-elements and inoculants enables to increase the number of nitrogen-fixing bacteria nodules, ensure high sowing seed qualities (germination and seed emergence rate), enlarge leaf-area duration, increase individual productivity (the amount of soya beans and seeds per plant, seed weight per plant, thousand-seed weight) and yield, receive a higher content of protein, oil, and cellulose. Pre-sowing soybean seed treatment (especially inoculation) also assists in reducing the expenses on means of chemical protection and increases soil fertility

Keywords: inoculation, micro-elements, fungicides, insecticides, nitrogen-fixing bacteria, productivity.

Вплив способів передпосівної підготовки насіння сої на врожайність

I. В. Кобылинський | О. А. Антонєць

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Вирощування сої як в Україні, так і в усьому світі має стабільну динаміку до зростання, зважаючи на універсальність використання цієї культури у кормовиробництві, харчовій та олійній промисловості. Тому набуває актуальності збільшення врожайності сої в умовах обмежених земельних ресурсах з огляду на необхідність зменшення хімічного навантаження на довкілля, збереження та підвищення родючості ґрунтів, забезпечення населення різних країн продуктами харчування з високим вмістом рослинного білка тощо. Метою статті є дослідження методів передпосівної обробки насіння сої та їхнього впливу на врожайність культури. Передпосівна обробка насіння сої направлена на забезпечення насінин захистом від шкідників і хвороб, патогенів у агресивному ґрунтовому середовищі, дозволяє отримати рівномірні та добре розвинуті сходи, що прямо впливає на збереження потенціалу врожайності сортів. Насіння сої обробляють інокулянтами, фунгіцидним та інсектицидним протруйниками, мікродобривами, стимуляторами росту та їхніми сумішами. Вважається, що обробка насіння протруйниками є важливою передумовою отримання якісного врожаю та рентабельного виробництва, оскільки за такої обробки можна зменшити втрати врожаю від 50 до 65 %. Ефективність протруювання насіння залежить від правильного вибору препарату з огляду на сортові особливості, прогноз ураження шкідниками та хворобами, погодні умови. Передпосівна обробка насіння сої мікроелементами й інокулянтами дає змогу збільшити кількість бульбочок азотфіксуючих бактерій, забезпечити високі посівні якості насіння (схожість і енергію проростання насіння), збільшити площу листової поверхні, підвищити індивідуальну продуктивність (кількість бобів і насінин на 1 рослину, масу насіння з 1 рослини, масу 1000 насінин) і врожайність, отримати більший вміст білка, олії та клітковини. Також передпосівна обробка насіння сої (особливо інокуляція) сприяє зменшенню витрат на хімічні засоби захисту та підвищує родючість ґрунту.

Ключові слова: інокуляція, мікроелементи, фунгіциди, інсектициди, азотфіксуючі бактерії, продуктивність.

Бібліографічний опис для цитування: Кобылинський І. В., Антонєць О. А. Вплив способів передпосівної підготовки насіння сої на врожайність. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 24–28.

Зростання чисельності населення планети та збільшення споживання призвели до глобального збільшення попиту на продовольство, тоді як родючих сільськогосподарських угідь стає дедалі менше [1, 2]. Серед багатьох різноманітних стратегій адаптації до зміни клімату та підтримки вразливих верств населення (зазвичай у сільській місцевості), спрямованих на покращення засобів до існування фермерів, країни, що розвиваються, підтримують виробництво соєвих бобів завдяки її універсальності. В цьому відношенні соєві боби можуть бути як стратегією адаптації, так і стратегією пом'якшення клімату, що постійно змінюється [3, 4]. Наприклад, соя є однією з основних культур, що вирощується в усьому світі, що впливає на різні аспекти екосистеми, до найважливіших компонентів якої належать ґрунтова мікроба (ґрунтова біота, включаючи ризобії та мікоризні гриби) [5]. Оскільки соя є єдиним видом бобових, який можна асоціювати з ризобіями та арбускулярними мікоризними грибами, збільшується потенціал подальшого її вирощування.

Історично соя (*G. max* (L.) Merr.) походить з Китаю, є основним джерелом білка для людей, а також є високоякісним кормом для тварин. До того ж високий попит на виробництво сої пояснюється наявністю в соєвих бобах важливих харчових добавок і збільшеним споживанням. Соеві боби містять численні корисні компоненти, такі як ізофлавоїни, соєві білки, сапоніни та клітковину, кальцій, а також значні кількості вітамінів (А, В і С). Соевий білок має велику енергетичну цінність і містить усі незамінні амінокислоти. Дослідження доводять, що едамаме (edamame) багатий стеринами – речовинами, що зміцнюють імунну систему, захищають від раку, а також серцевих захворювань. Завдяки високому вмісту ізофлавоїнів населення, яке вживає соєві продукти, має меншу захворюваність на гормонозалежні ракові захворювання [6].

Світове виробництво сої на вересень 2023 року оцінюється на рівні 401,3 млн т, що на 4,1 % більше, ніж за весь 2022 рік [7, 8]. Найбільшими виробниками сої у світі є Бразилія (163 млн т або 41 %), Сполучені Штати Америки (112,8 млн т або 28 %), Аргентина (48 млн т або 12 %), Китай (20,5 млн т або 5 %), Індія (12 млн т або 3 %). Україна займає дев'яте місце у світовому виробництві сої з 4,8 млн т, що становить 1 % [7], хоча ця культура не відноситься до традиційних культур.

Отже, актуальність вирощування сої в сучасному світі пов'язана з багатьма факторами (кормовиробництво, харчування людей, відновлення ґрунтової біоти, пом'якшення впливу на клімат тощо) та потребує детального дослідження, особливо щодо збільшення її врожайності. Існують декілька складників процесу вирощування цієї культури, що впливають на її врожайність: генетика сорту, передпосівна обробка насіння, обробіток ґрунту та сівозміна, захист від бур'янів, удобрення [9].

Передпосівна обробка насіння сої інокулянтами, мікроелементами, фунгіцидним та інсектицидним протруйниками забезпечує насінні захист від патогенів в агресивному ґрунтовому середовищі, дозволяє отримати рівномірні та добре розвинуті сходи, що прямо впливає на збереження потенціалу врожайності сортів [10].

Оскільки соя достатньо вибаглива до наявних поживних елементів, тому для реалізації потенційної врожайності сучасних сортів необхідно забезпечити її високу фізіологічну потребу в мікроелементах [11, 12], які з огляду на вартість та простоту використання найдоцільніше застосовувати у вигляді мікродобрив [13].

Використання мікроелементів для розвитку сої сприяє поліпшенню обміну речовин, забезпечує проходження біохімічних і фізіологічних процесів при нормальних умовах, впливає на процес синтезу хлорофілу та збільшує швидкість (інтенсивність) фотосинтезу [14]. Також мікроелементи сприяють підвищенню стійкості рослин до несприятливих погодних умов (перепаду температур, дефіциту вологи у ґрунті), захисту рослини від значної кількості бактеріальних і грибкових хвороб, що підвищує їхній імунітет [15]. Найбільш ефективним способом щодо використання мікродобрив на сої є передпосівна обробка її насіння [16].

Так, за результатами польових досліджень визначено позитивний вплив передпосівної обробки насіння сої мікроелементами на польову схожість і густоту рослин у посівах [17]. Завдяки передпосівній обробці насіння сої сумішшю нітродара з мікроелементами ми маємо такі показники: вдвічі більшу кількість бульбочок азотфіксуєючих бактерій у фазі гілкування на рослинах сої; збільшення їх маси, що призводить до покращення розвитку рослин і підвищення їхньої продуктивності [18].

За результатами досліджень [19] отримано позитивний вплив застосування мікродобрив у передпосівній обробці насіння сої на формування компонентів структури врожаю. Так, залежно від застосування мікродобрив висота прикріплення нижніх бобів різних дослідних сортів сої перебувала в межах 13,2–15,9 см. Завдяки передпосівній обробці насіння Актив Корн Бобовий було отримано найбільшу кількість бобів на одній рослині (15,9–16,7 шт.) та масу 1000 насінин (167,3–190,5 г). Приріст урожайності залежав від сортового складу та використаних мікродобрив: ВУКСАЛ КоМо Active – 0,22–0,28 т/га; Нано-мінераліс – 0,47–0,56 т/га; Актив Корн Бобовий– 0,58–0,70 т/га.

Заслуговеє на увагу дослід передпосівної обробки насіння сої біологічно активними сполуками Lignohumate B (суміш гумінових і фульвокислот), Lexin (суміш гумінових і фульвокислот, збагачена ауксинами), брасиностероїдом (фітогормони, синтетичний аналог природного епібрасиноліду 24) і комплексною обробкою насіння (суміш насиченого розчину сахарози, Lexin, фунгіциду Maxim XL 035 FS та

ПАР на основі пінолену Agrovital). Чотирирічні дослідження довели позитивний вплив усіх обробок на параметри насіння (лабораторну схожість, енергію проростання насіння, польові сходи та масу 1000 насінин) і врожайність сої [20]. Також насіння сої аналізували на вміст олії, білка та клітковини після окремих обробок. Результати свідчать, що найефективнішим методом виявилася комплексна обробка насіння, яка порівняно з необробленим варіантом значно підвищила не лише врожайність, а і вміст олії в насінні [21].

Доцільно також зазначити, що важливим резервом підвищення врожайності сої є проведення інокуляції, що передбачає обробку насіння препаратами чистих культур азотфіксуючих мікроорганізмів. Оскільки соя, як всі бобові культури, містить азотфіксуючі бульбочкові бактерії (а саме – *Bradyrhizobium japonicum*), то завдяки проведеній обробці відбуваються складні біохімічні процеси, які сприяють колонізації кореню рослини на стадії розвитку цієї бактерією. Сформовані бульбочкові бактерії на кореневій системі сої у поєднанні з азотфіксуючими бактеріями сприяють засвоєнню азоту з різних джерел, зокрема і з повітря [22, 23].

Однак є певні умови, за яких після інокуляції насіння забезпечується ефективно фіксування азоту з повітря та переведення його в доступну для рослини іонну форму: достатня аерація ґрунту; рН ґрунтового розчину – 5,5–8,8; середній вміст фосфору – не менше 5,2 мг/100 г [22].

За умови здійснення правильної інокуляції біологічна азотфіксація сої здатна забезпечити повне покриття потреб культури в азотних добривах. Стверджується, що інокуляція сприяє зростанню врожайності зерна на 12 % і концентрації білка на 40–60 %, що сприяє збільшенню ціни на сою [24, 25]. Експерти також зазначають, що за умови вирощування сої у несприятливих ґрунтових і кліматичних умовах, необхідно здійснювати подвійну інокуляцію насіння: відразу після протруєння насіння вносити повну норму в рідкій формі; перед засипанням до бункера сівалки – половину норми в сухій формі [26]. Таким чином, інокуляція насіння сої за допомогою рідких форм препаратів може поєднуватися з інсектицидними або фунгіцидними протруйниками, обробкою насіння мікроелементами.

Передпосівна обробка насіння сої може здійснюватися також стимуляторами росту. Так, наприклад застосування біостимулятора Rhizostim [27] й інокулянта Optimize 400 [28] достовірно підвищувало схожість насіння за умови внесення фосфорно-калійних добрив і без добрив на 2,4–3,6 %. Внесення азотних добрив спричиняло суттєве зниження польової схожості насіння сої порівняно з абсолютним контролем на 2,6 %, а фосфорно-калійне, навпаки, підвищувало цей показник на 3,5 %. Достовірно позитивно вплинуло внесення азотних добрив на формування маси рослин, де вона зростає порівняно з абсолютним контролем на 9,4 г, що становило 25,6 %. Більша маса рослин формувалася у варіантах

із комплексним внесенням азотних добрив і біопрепаратів (47,0–47,5 г). Внесення азотних добрив спричинило зменшення кількості бульбочок порівняно з абсолютним контролем на 14,0 шт., що становило 32,1 %. За умови внесення фосфорно-калійних добрив, навпаки, відбулося збільшення кількості бульбочок на 15,3 шт., або на 35,1 %. Найвища продуктивність була при застосуванні біопрепаратів з фосфорно-калійним добривом (2,79–2,83 т/га), приріст урожайності порівняно з абсолютним контролем становив 10,3–11,9 % [29].

Під час досліджень [30] визначено, що інокуляція насіння сої бактеріальними препаратами Ризоактив і Фосфоентерин як окремо, так і їхньою сумішшю на фоні без удобрення показало позитивний вплив на індивідуальну продуктивність дослідних сортів сої (відсоткове збільшення відповідно до контролю за препаратами):

- кількість бобів на 1 рослину: 13,2–46,8; 8,6–36,3; 25,0–61,3;

- кількість насінин з 1 рослини: 30,1–37,4; 25,3–30,8; 44,5–47,2;

- маса насіння з 1 рослини: 36,8–45,0; 30,4–38,6; 57,2–59,1;

- маса 1000 насінин: 5,0–5,5; 3,9–5,6; 8,4–8,7.

Отже, найбільшу ефективність виявлено за умови поєднання азотфіксуючих і фосформобілізуючих бактерій.

За результатами [31] інокуляція насіння сої Legume Fix [32] на фоні без підкореневого підживлення сприяла підвищенню: урожайності – на 5,6–7,4 %; вмісту білка – на 1,8–3,9 %; вмісту жиру – 3,2–9,9 %. Використання цього ж інокулянта за умови органічної технології вирощування показало збільшення відносно контролю: висоти прикріплення бобів на 4,0 %; кількості бобів на 1 рослині – на 2,7–5,1 %; кількості насінин у бобі – 4,5–8,7 %; кількості насінин з 1 рослини – на 12,1–16,6 %; маси насіння з 1 рослини – на 15,9–22,1 %; маси 1000 насінин – на 4,5–4,7 %; врожайності – на 12,4–16,1 % [33].

У дослідженні [34] визначено, що інокуляція насіння позитивно впливає на площу листової поверхні рослин сої. Так, відбулося зростання до 36,5±6,6 тис. м²/га на варіанті з Біоінокулянтом БТУ, до 33,7±6,0 тис. м²/га з Різалайном і до 34,9±6,7 тис. м²/га з Андерізом. До того ж контрольні зразки без інокуляції мали площу листової поверхні рослин у межах 31,1±5,3 тис. м²/га. Згідно з дослідженням [35], інокуляція насіння сої ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender дає додатково 0,6–2,5 тис. м²/га приросту площі листової поверхні посівів різних сортів сої.

Необхідно зазначити, що у світі останнім часом агропромисловість для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й сої, все більше використовують методи екологічного (органічного) землеробства [36, 37]. Оскільки масове використання хімічних добрив і засобів захисту рослин завдає значної шкоди довкіллю, призводить до деградації

ґрунтів [38] і сприяє появі популяцій шкідників, стійких до дії хімічних засобів, передпосівна обробка насіння сої має бути основним елементом технології її вирощування.

Висновки

Метою проведеного огляду доступних наукових літературних джерел було здійснення всебічного аналізу існуючих методів передпосівної обробки насіння сої та їх впливу на врожайність культури. З літературних джерел встановлено, що передпосівна обробка насіння сої направлена на забезпечення насінин захистом від шкідників і хвороб, патогенів у агресивному ґрунтовому середовищі, дозволяє отримати рівномірні та добре розвинуті сходи, що прямо впливає на збереження потенціалу врожайності сортів. Насіння сої обробляють інокулянтами, фунгіцидним та інсектицидним протруйниками, мікроелементами, стимуляторами росту та їх сумішами. Передпосівна обробка насіння сої мікроелементами й інокулянтами дає змогу збільшити кількість бульбочок азотфіксуючих бактерій, забезпечити високі посівні якості насіння, підвищити індивідуальну продуктивність і врожайність, отримати більший вміст білка, олії та клітковини. Також передпосівна обробка насіння сої (особливо інокуляція) сприяє зменшенню хімічного навантаження на довкілля та підвищує родючість ґрунту.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.


References

1. Rulli, M. C., Savori, A., & D'Odorico, P. (2013). Global land and water grabbing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (3), 892–897. <https://doi.org/10.1073/pnas.1213163110>
2. Yu, Y., Feng, K., & Hubacek, K. (2013). Tele-connecting local consumption to global land use. *Global Environmental Change*, 23 (5), 1178–1186. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.04.006>
3. Siamabele, B. (2021). The significance of soybean production in the face of changing climates in Africa. *Cogent Food & Agriculture*, 7 (1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1933745>
4. Climate change in Africa: The threat to agriculture. (2009). *Food and Agriculture Organization*. Retrieved from: <https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/fao34.pdf>
5. Pagano, M. C., & Miransari, M. (2016). The importance of soybean production worldwide. *Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production*, 1–26. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801536-0.00001-3>
6. Cultivation instructions: soybean – edamame. (2022). Retrieved from: <https://www.globalbean.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/07/Soybean-Cultivation-instructions-ENG-v.2.pdf>
7. Soybean 2023 World Production. (2023). *The Foreign Agricultural Service*. Retrieved from: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000>
8. World soybean production. *The Soybean Processors Association*. Retrieved from: <https://www.sopa.org/statistics/world-soybean-production>

9. Adamen, F. F., Vergunov, V. A., & Lazer, P. N. (2006). *Agrobiologicheskie osobennosti vozdelevaniya soi v Ukraine*. Kyiv: Agrarna nauka [in Russian]
10. Stepanchuk, L. (2023). Peredposivna obrobka nasinnia soi mikrobnymy katalizatoramy pokrashchuie zdorovia ta produktyvnist kultury. *The Ukrainian Farmer*. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/article/peredposivna-obrobka-nasinnya-soyi> [in Ukrainian]
11. Artemenko, S. (2017). Try kroky do uspishnoho vyroshchuvannia soi. *Propozytsiia*, 5, 72–76. [in Ukrainian]
12. Ohurtsov, Ye. M. (2008). *Soia u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy*. Kherson [in Ukrainian]
13. Avramenko, S., Manko, K., Sheliakin, V., & Bobrov, O. (2016). Udobrennia soi: novi pidkholdy. *Propozytsiia*, 4, 66–68. [in Ukrainian]
14. Kapitanska, O. (2017). Zbalansovane zhyvlennia – zaporuka formuvannia stresostiikosti roslyn. *Propozytsiia*, 3, 98–99. [in Ukrainian]
15. Adamenko, S. M., & Kostyushko, I. P. (2015). Pidzhyvlennia soi ta soniashnyka. *Ahronom*, 2, 58–61. [in Ukrainian]
16. Holik, H. A., & Chernysh, M. O. (2007). Mikrodobryva – yakisno novyi pidkhid u zhyvlenni roslyn. *Ahrovisnyk Ukraina*, 2 (14), 26–27. [in Ukrainian]
17. Shevnikov, M. Ya. (2006). Vplyv mikroelementiv na produktyvnist soi. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 21–24. [in Ukrainian]
18. Dymyrov, V. H. (2017). Osoblyvosti formuvannia ploskhi lystkovoho aparatu ta fotosyntetychnoho potentsialu ultraskorostyhykh sortiv soi. *Ahrobiolohiia*, 2 (135), 70–76. [in Ukrainian]
19. Shovkova, O. V., & Korotych, Y. V. (2021). Effectiveness of micro-fertilizers for pre-sowing soybean seed treatment. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 98–102. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.12>
20. Procházka, P., Štranc, P., Pazderů, K., & Štranc, J. (2016). The influence of pre-sowing seed treatment by biologically active compounds on soybean seed quality and yield. *Plant, Soil and Environment*, 62 (11), 497–501. <https://doi.org/10.17221/570/2016-pse>
21. Procházka, P., Štranc, P., Pazderů, K., Štranc, J., & Vostřel, J. (2017). Effects of biologically active substances used in soybean seed treatment on oil, protein and fibre content of harvested seeds. *Plant, Soil and Environment*, 63 (12), 564–568. <https://doi.org/10.17221/702/2017-pse>
22. Martynenko, O. (2016). 5 ahrotekhnichnykh pryiomiv, yaki dopomozhut ahronomu otrymaty vyshchyi urozhai soi. *Super-Ahronom*. Retrieved from: <https://superahronom.com/articles/17-agrotekhnichni-priyomi-dlya-zbilshennya-vroжайnosti-soyi> [in Ukrainian]
23. Jarecki, W. (2023). Soybean Response to Seed Inoculation or Coating with Bradyrhizobium japonicum and Foliar Fertilization with Molybdenum. *Plants*, 12 (13), 2431. <https://doi.org/10.3390/plants12132431>
24. Von Beesten, F., Miersch, M., & Recknagel, J. (2019) Inoculation of soybean seed. *Legumes Translated Practice Note 1*. Retrieved from: <https://orprints.org/id/eprint/39224/4/von-beesten-et-al-2019-inoculation-en.pdf>
25. Soya. *Legume technology*. Retrieved from: <https://legumetechnology.co.uk/crop-type/soya>
26. Inokuliatyia pidvyshchuie vrozhainist soi pry minimalnykh opadakh: eksperty kompanii Vitagro Partner. Retrieved from: https://vitagro-partner.com.ua/press_release/jak-zibraty-vdalyi-vrozhai-soi [in Ukrainian]
27. Fertilizer Water soluble Liquid Rhizostim 1 lt. *Agroland*. Retrieved from: <https://www.e-agroland.gr/en/store-en/new-arrivals/fertilizer-water-soluble-liquid-rhizostim-1lt.htm>
28. Optimaiz® 400. *Bayer Crop Science Ukraine*. Retrieved from: <https://www.cropscience.bayer.ua/Products/Seed-Treatment/Optimaiz-400> [in Ukrainian]
29. Shepilova, T., Petrenko, D., Skynnik, I., Karpushyn, S., & Leshchenko, S. (2020). Soybean productivity depending on fertilizers in the northern steppe of Ukraine. *Research on Crops*, 21 (1), 65–69.

30. Temriienko, O. O. (2017). Formuvannia indyvidualnoi ta nasinievoi produktyvnosti soi zalezno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh lisostepu pravoberezhnoho. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 84, 141–149. [in Ukrainian]
31. Hadzovskiy, H. L., Novytska, N. V., & Martynov, O. M. (2020). Yield and quality of soybeans grain under influence of inoculation and foliar top dressing. *Taurian Scientific Herald*, 111, 44–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.5>
32. Inokuliant Lehum Fiks (Legume Fix). *AhroAntal*. Retrieved from: <https://agroantal.com.ua/product/legume-fix-29373> [in Ukrainian]
33. Chaika, T. O., Liashenko, V. V., & Khomenko, B. S. (2023). Vplyv inokuliatitsii nasinnia na vrozhaunist soi za orhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannia. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk*, 133, 145–152. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.24> [in Ukrainian]
34. Didur, I. (2022). The influence of pre-sowing treatment of seed and extra-root nutrition on the dynamics of formation of the leaf surface area of soybean plants. *Agriculture and Forestry*, 5–14. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-4-1>
35. Dzhehesiuk, O. V., Kalenska, S. M., & Novytska, N. V. (2016). Formation of leaf surface under the influence of soybean inoculation and feed. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 6–10. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.03.01>
36. Chaika, T. O., & Ponomarenko, S. V. (2015). Tekhnoloho-ekonomichni osoblyvosti vyroshchuvannia orhanichnoi soi ta ozymoi pshenytsi na furazh. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 1, 100–105. [in Ukrainian]
37. Chaika, T. O., & Bikbaiev, I. M. (2014). Efektyvnist vyroshchuvannia orhanichnoi soi ta pshenytsi na furazh. *Ahrarnyi Biuletyn*, 13 (34), 21–23. [in Ukrainian]
38. Chaika, T. O. (2013). Environmental consequences of traditional agriculture. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 95–99. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.18>

ORCID

- I. Kobylinskyi  <https://orcid.org/0009-0002-8101-2056>
 O. Antonets  <https://orcid.org/0000-0001-6741-9023>



2023 Kobylinskyi I. and Antonets O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.