

**М. В. Кушнір**

*Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН*

## **ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА УРОЖАЙНОСТІ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО**

*Наведено результати досліджень щодо впливу способу передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на симбіотичну та насіннєву продуктивність різних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного. Вивчено вплив цих чинників на формування та функціонування величини симбіотичного апарату та рівень урожайності насіння сортів сої КиВін та Хуторяночка. Виявлено сильний позитивний зв'язок між роботою симбіотичного апарату та рівнем урожаю насіння сої.*

**Ключові слова:** *соя, сорт, передпосівна обробка, позакореневе підживлення, азотфіксація, симбіотичний потенціал, урожайність.*

Сьогодні перед сільським господарством стоїть нелегке завдання – збільшити постачання білка, незважаючи на труднощі енергетичного, економічного й екологічного характеру. Великий потенціал у цьому плані належить зернобобовим рослинам, зокрема сої. Унікальний хімічний склад її насіння поєднує: 38–42 % білка, 18–23 жиру, 25–30 % вуглеводів, ферменти, вітаміни, мінеральні речовини [1–4]. Значення сої різко зростає у сучасних тенденціях біологізації землеробства, оскільки вона може формувати високі урожаї без використання мінеральних добрив, за рахунок біологічної фіксації азоту [5–11]. Соя за вегетаційний період у середньому фіксує від 70 до 190 кг/га біологічного азоту, що дає можливість покращити баланс даного елемента в ґрунтах сівозміни, збільшити врожайність основних сільськогосподарських культур при збереженні родючості ґрунтів та поліпшенні їх екологічного стану та суттєво підвищити рентабельність [12, 13].

Дослідження Мішустіна Е. Н., Посипанова Г. С., Парахіна Н. В. показали, що компактний і високопродуктивний симбіотичний потенціал у зернобобових рослин формується за рахунок сприятливих умов симбіозу і залежить від ґрунтового-кліматичних чинників, виду і сорту культури, умов зволоження, мінерального живлення та інших елементів технологій вирощування. Передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами, на основі відселектованих азотфіксуючих мікроорганізмів, сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур на 10–30 % [14–16].

Останніми роками для інокуляції насіння в Україні використовують препарати комплексної дії, які крім бульбочкових бактерій, містять фізіологічно активні речовини (гормони, вітаміни, амінокислоти, стимулятори росту) біологічного походження, що здійснюють пряму регуляцію росту рослин, істотно поліпшують використання добрив завдяки швидкому розвитку кореневої системи й підвищенню її поглинальних властивостей, не допускають інфікування рослини патогенними мікроорганізмами підвищуючи стійкість до хвороб. У дослідженнях Волкогон В. В., Кириченко О. В. відмічено позитивний вплив комплексних препаратів, на підвищення якості посівного матеріалу: зростання енергії проростання та схожість насіння а також сприяє активації бобово-ризобіального симбіозу та інтенсифікації фотосинтезу [17, 18].

Тому метою наших досліджень було вивчити вплив агротехнічних чинників, таких як спосіб передпосівної обробки насіння та позакореневі підживлення на формування та функціонування симбіотичного апарату сої та рівень урожайності її насіння.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводилися в 2010–2012 рр. у польовій сівозміні лабораторії технології вирощування сої і зернобобових культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах. Передбачалось вивчення дії та взаємодії трьох факторів: А – сорт; В – спосіб передпосівної обробки насіння; С – строк позакореневих підживлень посівів сої. Градація цих факторів 2 x 4 x 4. Розмір облікової ділянки в польовому досліді – 25 м<sup>2</sup>, повторність – чотириразова. Розміщення варіантів систематичне в два яруси. Попередник – озима пшениця. Обробіток ґрунту на зяб включав лущення серні та оранку. Навесні проводили ранньовесняне боронування і передпосівну культивуацію. Фосфорні і калійні добрива (суперфосфат та калійну сіль) вносили восени під оранку з розрахунку P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, азотні (аміачна селітра) у дозі N<sub>45</sub> – під передпосівну культивуацію. Перед сівбою насіння сої обробляли інокулянтном Оптімайз з розрахунку 2,8 л/т, мікродобривом ТЕНСО Коктейль (100 г/т) та протруйником Вітавакс 200 ФФ (2,5 л/га). Сівбу сої проводили, коли ґрунт прогрівся до 12 – 14 °С на глибині 10 см, що припадало на першу декаду травня, широкорядним способом з міжряддями 45 см. У період вегетації рослин проводили позакореневі підживлення водорозчинним добривом на хелатній основі Кропмакс (0,5 л/га). Висівали два сорти сої Хуторяночка (ср) та КиВін (рс) селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН.

При проведенні досліджень керувалися методиками: «Методи наукових досліджень в агрономії» [19], «Методы изучения биологической фиксации азота воздуха» [20, 21].

**Результати досліджень.** Незважаючи на значну кількість робіт присвячених проблемам симбіотичної азотфіксації, дане питання не може

вважатись достатньо вивченим, оскільки ефективність використання фіксованого азоту суттєво залежить від генетичних ознак рослин й низки технологічних заходів, серед яких обробка бактеріальними препаратами, внесення макро- і мікродобрів, позакоренових підживлень та в цілому умов вирощування рослин [22–24].

Результати наших досліджень у середньому за 2010–2012 рр. показали, що передпосівна обробка насіння та проведення позакоренових підживлень позитивно впливали на ріст та розвиток бульбочкових бактерій. Під час формування симбіотичного апарату відбувається конкуренція між виробничими штамми та спонтанними групами бактерій, які містяться в ґрунті. В цій боротьбі перемагає той мікросимбіонт, який генетично і біохімічно сумісний з рослиною-господарем. Так, максимальну кількість бульбочок відмічено у фазі кінець цвітіння у сорту Хуторяночка 46,8 шт./рослину, з них активних 45,1 шт./рослину, у сорту КиВін, відповідно – 42,2 і 39,0 шт./рослину на ділянках досліду, де проводили передпосівну обробку насіння інокулянтном Оптімайз, мікродобрином ТЕНСО Коктейль у поєднанні із протруйником Вітавакс 200 ФФ та проведенні двох позакоренових підживлень водорозчинним добривом на хелатній основі Кропмакс у фазах бутонізації та формування бобів, що, відповідно, більше на 20,8 – 23,3 і 18,0 – 21,3 шт./рослину порівняно з контрольним варіантом.

Кількість бульбочок не в повній мірі відтворює активність симбіозу. Вони можуть мати різну масу та активність. У наших дослідженнях передпосівна обробка насіння та проведення позакоренового підживлення позитивно впливало на збільшення не тільки кількості бульбочок, але і їх маси. Максимальні показники загальної маси бульбочок у сорту Хуторяночка – 772,9 мг/рослину, та у сорту КиВін – 683,6 мг/рослину, з них маса активних 91,3 – 89,6 % сформувались наприкінці фази цвітіння на ділянках, де проводили передпосівну обробку насіння інокулянтном Оптімайз, мікродобрином ТЕНСО Коктейль у поєднанні із протруйником Вітавакс 200 ФФ та проводили два позакоренові підживлення у фазах бутонізації та формування бобів водорозчинним добривом на хелатній основі Кропмакс. У той же час, на контрольному варіанті показники загальної маси бульбочок у сорту Хуторяночка були на рівні 361,7 мг/рослину, сорту КиВін – 313,6 мг/рослину, активних – 215,9 і 179,4 мг/рослину, що менше на 46,8–30,5 та 45,9–29,3 % порівняно з варіантом, де були створенні найкращі умови для активного симбіозу.

Наші дослідження показали, рівень продуктивності симбіотичного потенціалу зростає до кінця фази цвітіння, а в подальші фази росту та розвитку відбувається поступове зниження показників ризобіальної активності. Таке суттєве зниження пояснюється тим, що в цей період сповільнюється процес фотосинтезу та притік пластичних речовин до кореневої системи, що пов'язано з формуванням плооелементів.

Кількість симбіотично фіксованого азоту залежить не тільки від маси активних бульбочок, а й від тривалості їх функціонування. Тому саме загальний та активний симбіотичні потенціали, об'єднують ці два показники.

Показники загального та активного симбіотичного потенціалу на контрольних ділянках, відповідно, становили у сорту Хуторяночка – 10,9–13,0 тис. кг•днів/га, та 6,9–8,7 кг•днів/га, у сорту КиВін – 10,3–11,4 тис. кг•днів/га та 6,6–7,5 кг•днів/га. Максимальні ж показники ЗСП 33,2 тис. кг•днів/га та АСП 28,3 тис. кг•днів/га у рослин сої сорту Хуторяночка формувалися на варіантах дослідів, де застосовували передпосівну обробку насіння інокулянтном Оптімайз, мікродобривом ТЕНСО Коктейль у поєднанні із протруйником Вітавакс 200 ФФ та проводили два позакореневі підживлення у фазах бутонізації та формування бобів водорозчинним добривом на хелатній основі Кропмакс (табл. 1).

**1. Ефективність симбіотичної азотфіксації сої сорту Хуторяночка залежно від передпосівної обробки та позакореневих підживлень (у середньому за 2010–2012 рр.)**

Передпосівна обробка насіння	Позакореневе підживлення	Активний симбіотичний потенціал, тис. кг•днів/га	Кількість біологічно фіксованого азоту, кг	Частка біологічно фіксованого азоту у формуванні врожаю, %
Контроль	1*	6,9	39,4	19,6
	2	8,1	46,0	22,0
	3	7,4	42,2	20,4
	4	8,7	49,3	23,5
Оптімайз	1	16,6	94,8	43,2
	2	18,8	106,9	47,2
	3	17,6	100,3	44,9
	4	19,7	112,5	49,4
Оптімайз + ТЕНСО Коктейль	1	20,2	115,0	51,4
	2	22,7	129,1	55,4
	3	21,3	121,4	53,1
	4	23,8	135,4	58,1
Оптімайз + ТЕНСО Коктейль+ Вітавакс 200ФФ	1	24,4	139,0	61,9
	2	27,0	153,7	63,7
	3	25,7	146,7	62,3
	4	28,3	161,5	66,4

\* Примітка: 1) Без підживлення (контроль); 2) Кропмакс (0,5 л/га) у фазі бутонізації; 3) Кропмакс (0,5 л/га) у фазі формування бобів; 4) Кропмакс (0,5 л/га) у фазах бутонізації та формування бобів.

У сорту КиВін встановлено аналогічну залежність, проте рівень ЗСП та АСП був нижчим.

Потенційна здатність азотфіксуючих бактерій досить велика. Інтенсивність біологічної фіксації азоту залежить від типу ґрунту, вмісту в ньому мінерального азоту, забезпеченості фосфором, вологості й температури ґрунту, кількості і активності бульбочкових бактерій та інших факторів. Кількість засвоєного з повітря азоту розраховували за величиною активного симбіотичного потенціалу та питомої активності симбіозу. В середньому за роки досліджень (2010–2012 рр.) питома активність симбіозу у сортів Хуторяночка і КиВін, відповідно, складала 5,7 та 5,5 г/кг за добу.

Відмічено, що застосування комплексної обробки насіння перед сівбою інокулянт *Оптімайз*, мікродобривом *ТЕНСО Коктейль*, протруйником *Вітавакс 200 ФФ* та проведення двох позакорневих підживлень водорозчинним добривом на хелатній основі *Кропмакс* у фазах бутонізації та формування бобів, забезпечило біологічну фіксацію азоту у сорту Хуторяночка 161,5 кг/га, сорту КиВін – 134,5 кг/га, що більше на 122,2 та 99,9 кг/га порівняно з ділянками контрольного варіанта. Така кількість біологічно фіксованого азоту забезпечила 66,4 % у формуванні врожаю сорту Хуторяночка, та 59,7 % – у сорту КиВін.

Інтегральним показником ефективності симбіозу є формування урожайності макросимбіонта. Нами виявлено, що серед способів передпосівної обробки насіння сої найбільш ефективною виявилася композиція, яка включала інокуляцію насіння препаратом *Оптімайз*, мікродобривом *ТЕНСО Коктейль*, протруйником *Вітавакс 200 ФФ*. При цьому урожайність насіння сої сорту КиВін склала 2,58 т/га, сорту Хуторяночка – 2,69 т/га, що, відповідно, на 0,48 та 0,51 т/га більше порівняно з варіантом без передпосівної обробки насіння (табл. 2).

Одержані експериментальні дані свідчать також про високу ефективність позакорневих підживлень водорозчинними добривами на хелатній основі *Кропмакс*. Так, їх проведення у фазі бутонізації забезпечило приріст врожаю до варіанта без підживлень у сорту КиВін 0,15–0,68 т/га, у сорту Хуторяночка – 0,16–0,72 т/га.

Під час проведення позакорневих підживлень у фазі формування бобів прирости були меншими. Максимальна урожайність насіння сої 3,05 т/га формувалася на ділянках сорту Хуторяночка, де перед сівбою насіння сої обробляли інокулянт *Оптімайз*, мікродобривом *ТЕНСО Коктейлем*, протруйником *Вітавакс 200ФФ* та проводили два позакореневі підживлення водорозчинними добривами на хелатній основі *Кропмакс* у фазах бутонізації та формування бобів. Приріст урожайності становив 0,87 т/га порівняно з контролем без передпосівної обробки насіння та позакорневих підживлень.

Аналогічний вплив передпосівної обробки насіння та позакорневих підживлень спостерігали і у сорту КиВін, проте урожайність його була

дещо нижчою, і склала 2,94 т/га, що більше на 0,84 т/га порівняно з контролем.

Статистичний аналіз отриманих експериментальних даних свідчить про існування тісного кореляційного зв'язку між рівнем урожайності насіння та кількістю біологічно фіксованого азоту, коефіцієнт кореляції становить для сорту Хуторяночка  $r = 0,936$ , для сорту КиВін  $r = 0,899$ . Ця залежність описується рівнянням лінійної регресії:

а) для сорту Хуторяночка б) для сорту КиВін

$$y = 161,46x - 318,71 \quad y = 139,74x - 261,46$$

де  $y$  – урожайність, т/га;  $x$  – кількість біологічно фіксованого азоту, кг/га

Коефіцієнт детермінації складає для сорту Хуторяночка  $R^2 = 0,875$ , для сорту КиВін  $R^2 = 0,899$ .

## 2. Урожайність насіння сортів сої залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень, т/га (у середньому за 2010 – 2012 рр.)

Спосіб передпосівної обробки насіння	Позакореневі підживлення	Сорти	
		КиВін	Хуторяночка
Без передпосівної обробки	Без підживлень	2,10	2,18
	Кропмакс у фазі бутонізації	2,25	2,34
	Кропмакс у фазі формування бобів	2,23	2,32
	Кропмакс у фазах бутонізації та формування бобів	2,37	2,46
Оптімайз	Без підживлень	2,34	2,44
	Кропмакс у фазі бутонізації	2,52	2,62
	Кропмакс у фазі формування бобів	2,49	2,59
	Кропмакс у фазах бутонізації та формування бобів	2,64	2,74
Оптімайз + ТЕНСО Коктейль	Без підживлень	2,45	2,55
	Кропмакс у фазі бутонізації	2,63	2,74
	Кропмакс у фазі формування бобів	2,61	2,71
	Кропмакс у фазах бутонізації та формування бобів	2,76	2,87
Оптімайз + ТЕНСО Коктейль + Вітавакс 200 ФФ	Без підживлень	2,58	2,69
	Кропмакс у фазі бутонізації	2,78	2,90
	Кропмакс у фазі формування бобів	2,76	2,87
	Кропмакс у фазах бутонізації та формування бобів	2,94	3,05

Примітка: А-сортів сої; В – передпосівна обробка насіння; С – позакореневі підживлення.

$HP_{0,95}$ , т/га (у середньому за 2010 – 2012 рр.) А-0,0138 В – 0,0195 С – 0,0195 АВС – 0,0550

**Висновки.** Таким чином, в умовах Лісостепу правобережного на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах встановлено, що передпосівна обробка насіння інокулянтном Оптімайз, мікродобривом ТЕНСО Коктейль, протруйником Вітавакс 200 ФФ і проведення двох позакореневих

підживлень водорозчинним добривом на хелатній основі Кропмакс у фазах бутонізації та формування бобів на фоні основного удобрення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  сприяє формуванню максимальних показників роботи симбіотичного апарату. На цьому ж варіанті відмічено найвищі показники урожайності 3,05 т/га у сорту Хуторяночка, 2,94 т/га – КиВін.

### Бібліографічний список

1. *Бабич А. О.* Сучасне виробництво і використання сої / А. О. Бабич – К.: Урожай, 1993. – 430 с.
2. *Бабич А. О.* Проблеми білка: сучасний стан, перспективи виробництва і використання сої / А. О. Бабич // Корми і кормовиробництво. – 1992. № 33. С. 3–13.
3. *Петибская В. С.* Соя: химический состав и использование / Под ред. В. М. Лукомца. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. – 432 с.
4. *Патика В. П.* Біологічна азотфіксація: вчора, сьогодні, завтра / В. П. Патика, В. В. Волкогон, О. В. Надкернична // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть: у 2-х т. Т. 1. К.: Фітосоціоцентр, 2001. С. 212–226.
5. *Патыка В. Ф.* Основные направления оптимизации симбиотической азотфиксации в современной земледелии Украины / В. Ф. Патыка, Н. З. Толкачев, О. Ю. Бутвина // Физиология и биохимия культурных растений. 2005. Т. 37. № 5. С. 384–393.
6. Balatti P. A., Pueppke S. G. Cultivar specific interactions of soybean with *Rhizobium fredii* are regulated by genotype of the root / P. A. Balatti, S. G. Pueppke // Plant Physiol. 1990. Vol. 94. N 4. P. 1907–1909.
7. *Кожемяков А. П.* Биопрепараты для земледелия / А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь // Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). – М., 2005. – С. 18 – 54.
8. *Шотт П. Р.* Возможности и перспективы энерго- и ресурсосбережения при оптимизации азотного питания полевых культур/ П. Р. Шотт // Сб. энерго- и ресурсосбережения в земледелии аридных территорий / Материалы международно-практической конференции. Барнаул, Россия, 17–19 июля 2010 г. – Барнаул, 2010. – 125 с.
9. *Трепачев Е. П.* Агрохимические аспекты биологического азота в современной земледелии / Е. П. Трепачев. – М., 2009. – 532 с.
10. *Тихонович И. А.* Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И. А. Тихонович, Н. А. Проворов. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009. – 210 с.
11. *Тихонович И. А.* Симбиогенетика микробно-растительных взаимодействий / И. А. Тихонович, Н. А. Проворов // Экологическая генетика. – 2003. – Т. 1. – С. 36 – 46.
12. Биологическая фиксация азота / Отв. ред. В. К. Шумный, К. К. Сидорова. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 270 с.
13. *Вавилов П. П.* Бобовые культуры и проблема растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов – М.: Россельхозиздат, 1983. – 255 с.

14. *Мишустин Е. Н.* Микробиология / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
15. *Патыка В. Ф.* Основные направления оптимизации симбиотической азотфиксации в современной земледелии Украины / В. Ф. Патыка, Н. З. Толкачев, О. Ю. Бутвина // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – № 5. – С. 384–393.
16. *Шерстобоева О. В.* Індукована асоціативна азотфіксація як елемент екологічного землеробства / О. В. Шерстобоева, М. К. Шерстобоев, В. В. Гармашов // Онтогенез рослин, біологічна фіксація молекулярного азоту та азотний метаболізм: матеріали Міжн. наук. конф., 1–4 жовт. 2001 р.: тези доповіді. – Тернопіль, 2001. – С. 203–207.
17. *Кириченко О. В.* Симбіотичні властивості *Bradyrhizobium japonicum* 634 б за дії фіторегулятора RegIalg / О. В. Кириченко, Л. В. Титова, А. В. Жемойда [та ін.] // Мікробіологічний журнал. – 2008. – Т. 70. – № 1. – С. 17 – 24.
18. *Волкогон В. В.* Ефективність нового біологічного препарату ризогуміну для сої / В. В. Волкогон, Н. П. Шматько, В. П. Сальник [та ін.] // Селекція і насінництво. – 2005. – № 90. – С. 254–259.
19. *Єщенко В. О.* Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко. – К.: Дія, 2005. – 288 с.
20. *Посыпанов Г. С.* Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях / Г. С. Посыпанов // Известия ТСХА. – 1983. – Вып. 5. – С. 17 – 26.



УДК:635.655:631.5

**Кушнир М. В.** Формирование симбиотической производительности и урожайности сои в условиях Лесостепи правобережной // Корми і кормовиробництво. – 2014. – Вип. 79. – С. 144–151.

Приведены результаты исследований влияния способа предпосевной обработки семян и внекорневых подкормок на симбиотическую и семенную продуктивность различных сортов сои в условиях Лесостепи правобережной. Изучено влияние этих факторов на формирование и функционирование величины симбиотического аппарата и уровень урожайности семян сортов сои КиВин и Хуторяночка. Выявлено сильную положительную связь между работой симбиотического аппарата и уровнем урожая семян сои. Библиогр. 20 названий.

**Ключевые слова:** соя, сорт, предпосевная обработка, внекорневые подкормки, азотфиксация, симбиотическая потенциал, урожайность.

UDC: 635.655:631.5

**Kushnir M. V.** Formation of soybean symbiotic productivity and yield under conditions of the right-bank Forest-Steppe // Feeds and Feed Production. – 2014. – Issue 79. – P. 144–151.

The results of studies on the effect of the method of pre-sowing seed treatment and foliar nutrition on the symbiotic and seed productivity of different soybean varieties under conditions of the right-bank Forest-Steppe are stated. The influence of these factors on the formation and functioning of the value of symbiotic apparatus and the level of seed yield of soybean varieties KiVin and Hutoryanochka is studied. Strong positive correlation between the activity of symbiotic apparatus and the level of soybean seed yield is revealed.

**Keywords:** soybean, variety, pre-sowing treatment, foliar nutrition, nitrogen fixation, symbiotic potential, yield.