

original article □ UDC 631.82/.85:631.559 □ doi: 10.31210/visnyk2020.04.04

THE INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION ON SOYA PRODUCTIVITY

O. V. Barabolia*

ORCID  [0000-0003-4123-9547](https://orcid.org/0000-0003-4123-9547)

M. Yu. Naidon

S. M. Kononenko

S. H. Korovnichenko

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

*Corresponding author

E-mail: olga.barabolia@ukr.net

How to Cite

Barabolia, O. V., Naidon, M. Yu., Kononenko, S. M., & Korovnichenko, S. H. (2020). The influence of mineral nutrition on soya productivity. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 35–44. doi: 10.31210/visnyk2020.04.04

The relevance of combining of phosphate-potassium and nitrogen fertilizers in soybean fertilization system in order to implement its genetic potential has been substantiated in the article. The aim of the study was to establish the optimal reasonable rates of nitrogen fertilizers. The research to study the effectiveness of different quantities of nitrogen fertilizers during soybean cultivation was performed in a temporary experiment with three randomized variant placements. The following mineral fertilizers were used: ammonium nitrate, granular superphosphate and potassium chloride. Phosphate and potassium fertilizers were applied at basic tillage, and nitrogen – at pre-sowing soil cultivation in the spring. Carrying out field experiments, selecting plant and soil samples, observing and studying were conducted according to the recommendations and methodical instructions of recent years. The research results have shown that applying nitrogen fertilizers is the main factor influencing the realization of the genetic potential of soybean productivity and reduces moisture consumption on the formation of yield unit. The application of nitrogen fertilizers (N_{60}) and (N_{90}) at phosphate-potassium background ($P_{60}K_{60}$) allows to reduce moisture consumption on the formation of yield unit by 34–39 % as compared with the variant without fertilizers. The application of nitrogen fertilizers (N_{30-90} at the background of $P_{60}K_{60}$) increases the content of nitrate and ammonium nitrogen in soil layers 0–20 and 20–40 cm in the range from 1.1 to 4.7 %, respectively. Mineral fertilizers had a very positive effect on biometric indicators of soybean plants. The variants, in which nitrogen fertilizers were used at the background of phosphate-potassium fertilizers, were the best ones. There was a tendency to improve the corresponding indicators at increasing the rates of nitrogen fertilizers. On the average, the highest yield of soybean seeds, over the years of the research was 25.5 hundredweight/ha, and it was formed in the variant with applying nitrogen at a rate of N_{90} . The increase, as compared with the variant without fertilizers, was 7.6 hundredweight/ha or 42 %. The difference according to the given indicator on the variants, in which N_{30} and N_{60} were applied, was 1.6 hundredweight/ha. Positive effect after applying mineral fertilizers on soybean seed quality indicators was revealed. The maximum protein content in soybean grain (38.2 %) was found in the variant with applying

nitrogen fertilizers at a rate of 90 kg/ha of active substance. The same variant was characterized by its highest yield per unit area – 9.7 hundredweight/ha. The highest fat content (22.0 %) in soybean grain was found in the variant without fertilizers. Improving the conditions of mineral nutrition due to applying nitrogen fertilizers contributed to reducing its content by 20.1 %.

Key words: soybean, fertilizers, phosphate-potassium fertilizers, nitrogen fertilizers, yield.

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ

О. В. Бараболя, М. Ю. Найдьон, С. М. Кононенко, С. Г. Коровніченко

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

У статті обґрунтовано актуальність поєднання в системі удобрення сої фосфорно-калійних та азотних добрив для реалізації її генетичного потенціалу. Метою дослідження є встановити оптимально обґрунтовані дози застосування азотних добрив. Дослідження з вивчення ефективності різних доз азотних добрив під час вирощування сої проводили в тимчасовому досліді з триразовим рендомізованим розміщенням варіантів. Використовувалися такі форми мінеральних добрив: аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, а азотні – навесні під передпосівну культивуацію. Закладання польових дослідів, відбір рослинних і ґрунтових зразків, спостереження та дослідження проводили згідно з рекомендаціями і методичними вказівками останніх років. Результати досліджень показали, що застосування азотних добрив є головним чинником, що впливає на реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сої та дає змогу зменшити витрати вологи на формування одиниці врожаю. Внесення азотних добрив (N_{60}) та (N_{90}) на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$) дозволяє зменшити на 34–39 % витрати вологи на формування одиниці врожаю порівняно з варіантом без добрив. Внесення азотних добрив (N_{30-90} на фоні $P_{60}K_{60}$) збільшує вміст нітратного і амонійного азоту в шарах ґрунту 0–20 і 20–40 см у межах від 1,1 до 4,7 % відповідно. Мінеральні добрива досить позитивно вплинули на біометричні показники рослин сої. Найкращими виявилися варіанти, де азотні добрива застосовувалися на фоні фосфорно-калійних. Спостерігається тенденція до покращення відповідних показників за умови збільшення дози азотних добрив. Найвища врожайність насіння сої, в середньому за роки проведення досліджень 25,5 ц/га, формується на варіанті із внесенням азоту в дозі N_{90} . Перевищення порівняно з варіантом без добрив становить 7,6 ц/га або 42 %. Розбіжність за цим показником на варіантах, де вносили N_{30} і N_{60} , становить 1,6 ц/га. Виявлено позитивний вплив внесення мінеральних добрив на показники якості насіння сої. Максимальний вміст білка в зерні сої (38,2 %) виявлено на варіанті із внесенням по фону азотних добрив у дозі 90 кг/га д. р. Цей же варіант характеризувався і найвищим його виходом з одиниці площі – 9,7 ц/га. Найвищий вміст жиру (22,0 %) у зерні сої встановлено у варіанті без внесення добрив. Покращення умов мінерального живлення шляхом внесення азотних добрив сприяло зниженню його вмісту до 20,1 %.

Ключові слова: соя, удобрення, фосфорно-калійні добрива, азотні добрива, врожайність.

Вступ

Україна є основним репродуктором сої в Європі, має багату історію створення сортів, розробки технології вирощування і впровадження на європейському континенті. Останні 10 років площі посівів сої зросли в Україні від 583 тис. га до 1,8 млн га [13]. Основна причина збільшення виробництва сої полягає у високій харчовій та кормовій цінності компонентів її насіння – білка та олії. Обидва ці продукти є важливим джерелом харчування людей, крім того, світове птахівництво і свинарство базуються на згодовуванні соєвого протеїну [12].

До Державного реєстру України на сьогодні занесені понад 90 сортів сої різних груп стиглості, придатних для вирощування в усіх областях. Найкращі з них за оптимальних погодних умов здатні давати врожай на рівні 3,8–4,2 т/га [16]. На жаль, у разі настання посушливих погодних умов їх урожайність знижується до 0,7–0,8 т/га, тому підвищення адаптивних можливостей, особливо стійкості до недостатнього зволоження, залишається одним із найбільш важливих показників, які потрібно покращити шляхом селекції в найближчій перспективі [18].

Головні напрями в селекції сої полягають у збільшенні врожайності та її стабільності у разі зміни умов зовнішнього середовища, створенні генотипів з оптимальною тривалістю вегетаційного періоду, введенні генів стійкості у новий вихідний матеріал, який створюється шляхом гібридизації, підвищенні адаптивності, покращенні технологічності, тобто придатності до індустріальної технології вирощування, поліпшенні азотофіксувальної здатності [20, 21]. Дуже важливо, щоб усі ці ознаки були наявні в одному сорті, хоча це досить складна справа. Тому часто програма створення нового сорту включає низку етапів і кінцева мета досягається поступовим поліпшенням окремих ознак [23].

Необхідність використання сої в Україні для виробництва насамперед високоякісних харчових продуктів, а також кормових добавок не викликає сумніву. Однак недостатня адаптивна пластичність використовуваного генетичного матеріалу на практиці негативно позначається на зерновій продуктивності культури при нестабільних погодних умовах, якими характеризується більшість регіонів України. Виробничі сорти часто мають порівняно високу чутливість рослин до знижених температур як на ранніх, так і на подальших етапах росту і розвитку, що впливає на їхню здатність формувати повноцінний урожай у несприятливих за температурним фактором умовах [22].

До того ж здебільшого в сортів істотно знижується зернова продуктивність на фоні дії посухи. Умови зрошення також не завжди дозволяють реалізувати потенціал зернової продуктивності [24, 25]. Крім того, реальний збір зерна, як і його якість, нерідко знижуються з причини ураження посівів хворобами [9, 10]. Все це спричиняє різкі коливання урожайності сої за роками та залежно від місця вирощування і є однією з основних причин того, що протягом вже тривалого періоду в нашій державі не відбулося істотного збільшення частки цієї цінної культури у структурі посівних площ [1, 3].

Окрім того, в Україні урожайність сортів сої у виробничих умовах значно нижча від їхньої потенційної можливості, що свідчить про недостатній рівень вивченості особливостей росту й розвитку рослин, формування фотосинтетичних параметрів посівів залежно від поширеності й розвитку хвороб та шкідників, рівня стійкості до посухи та холоду [2, 4]. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених цим питанням [11, 17, 18–20], з кожним роком проходять випробування та реєстрацію нові сорти, які характеризуються генетичною різноманітністю, але потребують індивідуального оцінювання на стійкість щодо біо- та абіотичних чинників для виявлення джерел стійкості та залучення в сучасні селекційні програми, що і становить актуальність напряду наших досліджень.

Проблема недостатньої кількості виробництва зерна сої полягає в нестабільних площах посіву і використанні не повною мірою біологічної продуктивності сортів, що вирощуються [5–7]. Важливого значення в умовах сьогодення набуває агроекологічне обґрунтування використання технологічних заходів вирощування культури [8], що повинні спрямовуватися на підвищення врожайності і якості насіння в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах і сприяти збільшенню вмісту доступних сполук азоту у ґрунті шляхом азотфіксації [19].

Метою дослідження є встановити оптимально обґрунтовані дози застосування азотних добрив. Для реалізації поставленої мети ми розв'язали такі завдання:

- дослідити запаси продуктивної вологи у ґрунті;
- визначити поживний режим ґрунту;
- виявити реакцію рослин сої на умови мінерального живлення;
- визначити вміст білка і жиру в насінні сої та їхній збір залежно від умов мінерального живлення.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження з вивчення ефективності різних доз азотних добрив під час вирощування сої проводили в тимчасовому досліді. Площа дослідної ділянки складала 120 м², облікової – 80 м², повторення дослідів триразове з рендомізованим розміщенням варіантів. Агротехніка вирощування сої в досліді була загальноприйнятою для регіону. Для закладання дослідів використовували такі форми мінеральних добрив: аміачну селітру, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні і калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, а азотні – навесні під

передпосівну культивуацію. Закладання польових дослідів, відбір рослинних і ґрунтових зразків, спостереження і дослідження проводили згідно з рекомендаціями і методичними вказівками останніх років.

Відбір та підготовку зразків ґрунту для проведення аналізу проводили згідно з ДСТУ ISO 10381-62001. Зразки ґрунту для визначення вмісту елементів живлення в шарі 0–100 см з кроком 20 см відбирали у фазі повних сходів, цвітіння, повної стиглості насіння сої. Хімічні аналізи ґрунту рослин та зерна сої проводили в лабораторії. Висоту рослин вимірювали у 100 типових рослин кожного варіанту досліду. Площу листової поверхні визначали методом «висічок» за методикою О. О. Ничипоровича зі співавторами (1961). Під час оцінки якості зерна визначали: вміст «сирого» протеїну в зерні сої за методикою Н. І. Третьякова та ін. (1990); вміст «сирого» жиру – згідно з ГОСТом 8756.21–70. Статистичну обробку експериментальних даних проводили дисперсійним методом на персональному комп'ютері за методиками Б. А. Доспехова (1985). Використані методи і методики проведення польових і лабораторних досліджень забезпечили належну точність та достовірність одержаних результатів.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами досліджень, які проводились у господарстві було встановлено, що запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см значною мірою залежали від кількості опадів за вегетацію і характеризувались найбільшою її кількістю в період сівби досліджуваної культури. Внесення фосфорних і калійних добрив восени та азотних під передпосівну культивуацію згідно зі схемою нашого досліду не впливали на вміст доступної вологи під час сівби. В період цвітіння сої спостерігалась чітка різниця запасів продуктивної вологи між досліджуваними варіантами у разі внесення удобрення. Найбільшу кількість вологи рослини сої споживали для формування врожаю у варіантах із внесенням азотних добрив у дозах 30, 60 і 90 кг д.р./га, різниця між цими варіантами досліду і варіантом без внесення добрив склала, відповідно 4,9, 7,3 і 8,0 мм.

Аналогічна тенденція зміни запасів доступної вологи під посівами сої залежно від внесення різних доз азотних добрив відповідно до поставлення досліду спостерігалась і в період повної стиглості зерна сої. Встановлено прямо пропорційну залежність між кількістю добрив і підвищенням ролі умов зволоження посівів досліджуваної культури. Варто відмітити, що добрива інгібують негативний вплив екстремальних погодно-кліматичних умов вирощування.

Найбільше вологи на формування 1 т зерна сої витрачалось у варіанті без внесення добрив – від 127,5 мм до 158,4 мм залежно від погодно-кліматичних умов вегетаційного періоду. За умов покращення фону мінерального живлення рослини сої більш раціонально використовували вологу ґрунту на формування 1 т зерна. У середньому за роки проведення досліджень внесення фосфорних і калійних добрив зменшило кількість витраченої вологи ґрунту на формування врожаю на 15,3 мм/т порівняно з варіантом без внесення добрив. У варіантах з внесенням азотних добрив під культивуацію в дозах 30, 60 і 90 кг д.р./га на фосфорно-калійному фоні також зменшувались витрати вологи ґрунту на формування врожаю сої, відповідно на 26,1, 32,3 і 39,1 мм/т порівняно з контролем.

Соя характеризується відносно помірними темпами накопичення сухої речовини і засвоєння азоту на ранніх стадіях онтогенезу. Високу інтенсивність указаних процесів спостерігали в період утворення та формування бобів. Аналізуючи динаміку засвоєння азоту рослинами протягом вегетації, відмічено суттєву роль внесених азотних добрив у загальний азотний баланс рослин. Зважаючи на той факт, що засвоєння соєю мінерального азоту уповільнюється на час цвітіння, то в період підвищеної її потреби в азоті єдиним його джерелом був процес симбіотичної азотфіксації, що відбувався досить інтенсивно.

Високі темпи азотфіксації в період репродуктивної фази підтримувались через посилення активності одиниці маси бульбочок, пізніше – шляхом збільшення їхньої маси. У період від початку плодоутворення до наливання насіння в рослини сої надійшло 50–60 % азоту від загальної його кількості, фіксованого бульбочками за вегетаційний період. Тому ріст бобів і наливання зерна здійснювались, головню, шляхом безпосереднього використання фіксованого азоту і ні в жодному разі не шляхом реутилізації раніше накопиченого азоту, фіксованого бульбочками за вегетацію.

Дослідження, проведені в господарстві, свідчать, що вміст нітратного азоту у ґрунті під посівами сої відповідно збільшувався за умови внесення азотних добрив. У середньому за роки проведення досліджень у разі внесення азотних добрив у дозі N₃₀ (найменшої кількості) в період фази росту

сходів становив у шарі ґрунту 0–20 см – 18,74 мг/кг. Під час збільшення внесення дози азотних добрив ще на 30 кг д.р./га вміст нітратного азоту відповідно зростав ще на 1,2 мг/кг. Водночас вміст нітратного азоту в середньому за роки проведення досліджень під час внесення азотних добрив у дозі N₉₀ в період сходів відповідно збільшувався у шарі ґрунту 0–20 см і становив 22,3 мг/кг.

Азотні мінеральні добрива відповідно сприяли і збільшенню вмісту нітратного азоту і в шарі ґрунту 20–40 см – від 19,0 мг/кг до 22,3 мг/кг відповідно у разі внесення доз мінерального азотного добрива N₃₀; N₆₀ і N₉₀. Проте, як свідчать отримані лабораторні результати, спостерігається відсутність позитивного впливу внесення азотних добрив при різних нормах на вміст мінерального азоту у ґрунті під посівами сої особливо у нижніх шарах ґрунту. Якщо різниця за цим показником у шарі ґрунту 40–60 см перебувала в межах 0,1–0,6 мг/кг, а в шарі ґрунту 60–80 см – у межах 0,3–0,8 мг/кг, то в шарі ґрунту

80–100 см значення цього показника було практично на однаковому рівні: розбіжність або найменша істотна різниця була в межах 0,1–0,3 мг/кг (табл. 1).

1. Вміст мінерального азоту у ґрунті на посівах сої (в середньому за 2017–2019 рр.), мг/кг

Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку рослин														
	сходи					цвітіння					повна стиглість				
	шар ґрунту, см														
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100
Без добрив (контроль)	17,6	18,0	15,6	13,8	13,7	15,2	16,2	13,5	13,0	10,8	8,1	8,9	8,6	8,1	7,7
Фон (Р ₆₀ К ₆₀)	17,7	18,4	15,8	14,1	13,8	15,3	16,0	13,3	13,2	10,7	8,2	8,7	8,2	8,0	7,5
Фон+N ₃₀	18,7	19,0	15,7	14,5	14,1	16,3	16,9	13,4	13,5	10,9	9,3	9,7	8,8	8,2	7,9
Фон+N ₆₀	20,2	20,4	15,8	14,4	14,2	17,8	18,4	13,8	13,3	10,8	10,3	10,7	9,2	8,5	8,2
Фон+N ₉₀	22,3	22,3	16,2	14,6	14,0	19,3	20,8	13,1	13,5	10,5	11,2	11,6	9,5	8,7	8,4

НІР₀₅ 2017 1,1 1,0 0,9 0,8 0,8 1,1 1,0 0,7 0,7 0,6 0,5 0,6 0,5 0,4 0,4 2018 1,0 1,1 0,9 0,8 0,8 1,0 1,0 0,8 0,7 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5
2019 1,1 1,3 1,0 0,9 0,8 1,0 1,1 0,8 0,8 0,6 0,6 0,7 0,5 0,5 0,5

У період фази цвітіння, в середньому за роки проведених досліджень, показники вмісту нітратного азоту у верхніх шарах ґрунту від 0 до 40 см були дещо нижчими, ніж на початку періоду вегетації, що пояснюється більш інтенсивним використанням азоту рослинами сої. Так, на контролі (без добрив) і на фоні внесення мінерального азоту коливається в межах від 15,2–16,2 мг/кг і до 15,3–16,0 мг/кг відповідно.

Внесення азотних мінеральних добрив, як і в першому варіанті, має досить позитивний вплив на вміст мінерального азоту. За умови внесення азотних добрив у дозі N₃₀ вміст мінерального азоту в шарі ґрунту від 0 до 40 см порівняно з попередніми показниками відповідно збільшився на 1,0–1,1 мг/кг та 0,7–0,9 мг/кг. А саме у разі внесення азотних мінеральних добрив у відповідній дозі 30 кг д.р./га не спостерігалось достовірного підвищення вмісту досліджуваної форми азоту.

Більш достовірне підвищення вмісту мінерального азоту у ґрунті спостерігається на варіантах сої, де вносили азотні мінеральні добрива в більших дозах а саме від 60 і до 90 кг д.р./га. В цьому разі перевищення показника мінерального азоту відповідно до контролю та фону удобрення було в межах 2,2–4,6 мг/кг.

Отже, як свідчать отримані дані, починаючи з шару ґрунту 40–60 см і аж до шару 80–100 см внесення азотних мінеральних добрив не мало особливо значного впливу на підвищення форм азоту, що відповідно ми досліджували. Різниця на цих варіантах не перевищувала межу 0,1–0,4 мг/кг (табл. 1).

У період від повного наливу насіння до повної фази стиглості сої спостерігалась відповідна тенденція до зменшення вмісту рухомих сполук азоту в метровому шарі ґрунту, в результаті чого засвоєння азоту рослинами і мікроорганізмами зменшувалась. Значення цього показника на всіх без винятку варіантах досліду суттєво зменшилось майже в декілька разів порівняно з періодом фази сходів рослин сої, або трійчатого листка. Істотний вплив мінеральних азотних добрив на вміст мінерального азоту у ґрунті спостерігається на варіантах з дозою 60 і 90 кг д.р./га. Достовірне підвищення вмісту досліджуваної форми азоту від внесення азотних добрив в дозі N₃₀ спостерігається лише у верхніх шарах ґрунту, тобто не глибше 40 см.

У середньому за роки проведення досліджень шляхом внесення мінеральних добрив у дозі N₃₀ підвищення вмісту азоту було лише у верхніх шарах ґрунту від 0 до 40 см. Найбільший його вміст, що спостерігався в цих шарах ґрунту, було виявлено при внесенні азотних добрив у дозі N₉₀.

Найбільш чіткі зміни кількості вмісту мінерального азоту на посівах сої залежно від дози внесення азотних мінеральних добрив спостерігались у шарах ґрунту від 0–20 до 20–40 см. У середньому за роки проведення досліджень найменший вміст мінерального азоту в шарах ґрунту від 0 до 40 см в усі періоди спостережень встановлено у варіантах без внесення мінеральних добрив та з внесенням P₆₀K₆₀. Так, у фазу сходів сої або 3-й трійчастий листок, його вміст відповідно перебував у межах від 17,6–18,0 до 17,7–18,4 мг/кг. Необхідно визначити, що в роки проведення досліджень суттєве збільшення вмісту мінерального азоту у варіанті Фон+N₃₀, порівняно з варіантом контроль, не виявлено. Найкращий азотний режим ґрунту під посівами сої створювався при внесенні N₉₀, збільшення азоту в шарах ґрунту 0–20 та 20–40 см становило відповідно 3,1–4,7 мг/кг ґрунту залежно від варіанту досліду.

Дослідження продуктивності рослин сої вказують на позитивний вплив мінеральних добрив на основні елементи структури врожаю культури. Реакція рослин досліджуваної сої на умови вирощування відображається насамперед на висоті рослин. Ростові процеси характеризують значною мірою продуктивність рослин, оскільки вони пов'язані з наростанням листової поверхні, накопиченням надземної маси.

Як свідчать отримані у процесі замірів дані таблиці 2, застосування мінеральних добрив має позитивний вплив на збільшення висоти рослин сої. Низькорослі (54,3 см) рослини формуються на варіанті без добрив (контроль). Застосування мінеральних добрив (фон), як і внесення азотних мінеральних добрив у дозі 30 кг д.р./га має незначний вплив на збільшення висоти рослин. Різниця між контролем і цими варіантами становить 2,6 см і 4,2 см відповідно.

2. Продуктивність рослин сої залежно від застосування азотних добрив (у середньому за 2017–2019 рр.)

Варіанти	Висота рослин, см		Кількість на одну рослину, шт.			Маса насінин з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
	загальна	прикріплення нижніх бобів	гілок	бобів	насінин		
Без добрив (контроль)	54,3	8,7	1,6	12,4	22,7	3,11	137,2
Фон (P ₆₀ K ₆₀)	56,9	9,2	1,7	15,5	29,6	4,35	146,8
Фон+N ₃₀	58,5	10,1	1,8	18,4	34,5	5,11	148,1
Фон+N ₆₀	64,4	10,3	1,9	19,9	35,7	5,17	147,5
Фон+N ₉₀	66,2	11,7	гілок	20,6	37,0	6,30	148,8
НІР ₀₅	3,6	0,8	0,11	0,8	2,3	0,22	7,4

Достовірне збільшення висоти рослин сої спостерігається на варіантах від внесення азотних добрив у дозі N₆₀ і N₉₀. У цьому разі висота рослин збільшилася порівняно з контролем на 10,1 см і 11,9 см. Відповідно, розбіжностей між варіантами, де вносили азотні добрива, за висотою рослин сої не спостерігається.

Здебільшого втрати врожаю насіння вирощеної сої під час збирання визначаються висотою прикріплення нижніх бобів. За даними таблиці 2, найнижчим цей показник був на ділянках без

внесення добрив (контроль) – 8,7 см. На цьому ж варіанті спостерігається і найменша (54,3 см) висота самої рослини сої.

Застосування мінеральних добрив має позитивний вплив на формування відповідного показника продуктивності рослин сої. Особливо істотного значення висота прикріплення нижнього бобу сої набуває за умови застосування підвищеної дози азотних мінеральних добрив. У разі внесення доз N₃₀; N₆₀ і N₉₀ висота прикріплення нижніх бобів порівняно з контролем збільшувалася на 1,4 см; 1,6 см і 3,0 см. Між досліджуваними варіантами використання азотних добрив не виявлено істотного впливу на збільшення висоти прикріплення нижнього бобу.

Щодо інших показників структури врожайності сої, то, як свідчать дані таблиці 2, внесення мінеральних добрив мало позитивний ефект на формування гілок порівняно з контролем. Найбільш істотний вплив на формування гілок відмічається на варіантах з внесенням азотних добрив. У цьому випадку спостерігається тенденція до збільшення кількості гілок за умови підвищення дози азоту. Найбільша кількість бобів сформувалася на варіанті, де на фоні вносили азот у дозі 60 кг/га д.р. На нашу думку, це пов'язано з тим, що підвищена доза азотних мінеральних добрив мала більший вплив на формування вегетативної маси, що вплинуло на зменшення кількості бобів.

Відповідно, проаналізувавши дані таблиці, варто відмітити, що деяке зменшення кількості бобів на варіанті з дозою N₉₀ компенсується кількістю насінин, яка формується на рослині. Тут значення показника перебуває на рівні 37,0 шт., тоді як на контролі формувалося лише 22,7 шт., а на варіанті з фосфорними і калійними мінеральними добривами (фон) 29,6 шт. (табл. 2). Внесення азотних мінеральних добрив у дозі N₃₀ і N₆₀ не мало істотного впливу на формування кількості насінин відповідно з однієї рослини порівняно з фоном.

Це, своєю чергою, як свідчать дані таблиці 2, мало позитивний вплив на формування такого показника, як маса насіння з однієї рослини. В цьому випадку спостерігається тенденція до збільшення маси насінин з однієї рослини сої на варіантах, де збільшувалася його кількість. Так, найбільша маса насінин становила (6,30 г) з однієї рослини і формувалася на варіанті із внесенням азоту в дозі 90 кг/га д.р. Зменшення норм азоту на 30 кг/га д.р. знизило масу насінин на 1,33 г, а на 60 кг/га д.р. – на 1,39 г, відповідно значення цього показника продуктивності на контролі і фоні коливалося в межах 3,11–4,35 г.

Водночас варто відмітити, що найбільша маса 1000 насінин у досліджуваних рослин сої була сформована на варіанті із внесенням азоту в дозі N₆₀ і становила 147,5 г. Практично на однаковому рівні (148,8–148,1 г) була маса 1000 насінин на варіантах дослідів з мінімальною і максимальною дозою азоту, що досліджувалися.

Величина асиміляційної поверхні сої також зростала з покращенням умов мінерального живлення насамперед азотного, як шляхом внесення мінеральних добрив, так і інокуляції. Так, у фазу гілкування залежно від дії досліджуваного фактора площа листової поверхні зростала на 4–17 %, цвітіння

– 9–27, повної стиглості – 8–24 % порівняно з контролем.

Встановлено, що мінеральні добрива сприяли кращому формуванню врожайності насіння сої (табл. 3).

3. Урожайність насіння сої залежно від удобрення, ц/га

Варіант дослідів	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середня за три роки
Без добрив (контроль)	18,5	16,2	19,1	17,9
Фон (P ₆₀ K ₆₀)	21,3	17,5	21,2	20,0
Фон+N ₃₀	24,6	18,9	22,8	22,1
Фон+N ₆₀	26,8	19,8	24,6	23,7
Фон+N ₉₀	29,0	21,0	26,4	25,5

НІР₀₅

0,9

0,6

1,0

Як свідчать дані, у варіанті без внесення добрив (контроль) урожайність насіння сої в середньому за роки проведення досліджень становила 17,9 ц/га, коливаючись у межах від 16,4 ц/га 2018 року до 19,6 ц/га 2019 року. Шляхом унесення фосфорних і калійних добрив врожайність, в середньому за роки проведення досліджень, підвищилась на 1,3 ц/га.

Вплив азотних добрив на фосфорно-калійному фоні в дозах N₃₀, N₆₀, N₉₀ підвищували відносну врожайність насіння сої. Так, у першому випадку урожайність культури сої порівняно з контролем підвищилась в середньому на 2,9 ц/га або на 13 %. Збільшення дози азотних добрив до 60 кг/га д.р. дещо підвищило збір насіння сої з одного гектару на 28 %, що становило 4,7 ц/га. Найвищий ефект застосування азотних добрив під посіви сої спостерігається на варіанті, де вносились найвища доза азотних добрив. У цьому дослідженні урожайність культури соя коливалась у межах 20,8–24,8 ц/га. Отже, застосування азотних добрив у дозі N₉₀ підвищило відповідно урожайність насіння сої на 38 % порівняно з контролем; на 23 % порівняно з фоном і на 13 % та 6 % відповідно з варіантами азотних добрив у дозах N₃₀, N₆₀.

Водночас, зазначимо, що спостерігається істотна різниця з урожайності між варіантами, які ми досліджували. Пояснити збільшення урожайності насіння сої за умови підвищення доз азотних добрив можна тим, що насіння перед сівбою не оброблялося інокулянтном, а у ґрунті була наявна незначна кількість бульбочкових бактерій, які формуються на коренях цієї бобової культури. Через це в рослин сої погіршується азотфіксація, характерна для бобових культур, і тому збільшується кількість азоту, який рослина буде використовувати з ґрунту. Як свідчать наші дані, застосування фосфорно-калійних добрив не розв'язує проблеми азотного живлення, тому застосування азотних добрив має позитивний результат.

Як свідчать дані з таблиці 4, застосування мінеральних добрив спричинило зміну не тільки врожайності, але й мало вплив на якість насіння сої. Покращення умов азотного живлення досліджуваної сої позитивно впливало на збільшення вмісту білка в насінні (табл. 4). У разі внесення азотних мінеральних добрив його вміст зростав на 0,7–2,4 пункти відповідно порівняно з контролем (34,1 %). Це означає що, цей варіант характеризувався і найменшим збором білка – 7,16 ц/га.

Збільшення вмісту білка в насінні досліджуваної сої, яке спостерігається на інших варіантах дослідження з використанням мінеральних добрив, особливо азотних, що впливають на формування білка в насінні сої, в поєднанні зі збільшенням урожайності, відповідно, це вплинуло і на збільшення збору білка, який становив 7,32 ц/га на фоні і 7,30 ц/га; 8,8 ц/га та 9,7 ц/га на варіантах за дозою азотних добрив N₃₀, N₆₀, N₉₀ відповідно до схеми досліду.

4. Вміст білка і жиру в насінні сої та їхній збір залежно від внесення азотних добрив під посіви сої, 2017–2019 рр.

Варіант досліджу	Вміст білка, %	Збір білка, ц/га	Вміст жиру, %	Збір жиру, ц/га
Без добрив (контроль)	35,8	7,16	21,4	3,6
Фон (P ₆₀ K ₆₀)	36,6	7,32	18,5	4,0
Фон+N ₃₀	36,5	7,30	18,6	4,2
Фон+N ₆₀	37,3	8,80	19,4	4,7
Фон+N ₉₀	38,2	9,70	20,2	5,1

Як свідчать дані, отримані в результаті проведення лабораторного визначення вмісту білка, збору білка, вмісту жиру та збору жиру (табл. 4), внесення азотних добрив зменшувало вміст жиру в насінні сої на 1,2–2,8 пункти порівняно з варіантом без добрив (контроль): на контролі цей показник становить 21,4 %. На цьому ж варіанті спостерігається і найменший збір жиру 3,6 ц/га.

Як свідчать отримані дані, у разі внесення мінеральних добрив P₆₀K₆₀ вміст жиру в насінні зменшився на 2,9 % порівняно з контролем, а збір збільшився відповідно на 0,4 ц/га, головню, цей показник змінювався через збільшення урожайності.

Аналогічна ситуація спостерігається і на варіантах із внесення різних доз азотних добрив. Крім того, потрібно відмітити тенденцію зменшення вмісту жиру зі збільшенням дози азоту. Так, на

дослідних ділянках, де вносили 30 кг д.р./га азотних добрив, відповідно вміст жиру в насінні сої порівняно з контролем зменшився на 2,8 пункта, а збільшення дози мінеральних добрив до 60 і 90 кг/га д.р. зменшило цей показник на 2,0 % та 1,2 % відповідно. Водночас зменшення вмісту жиру в насінні сої не вплинуло на збір. Як свідчать отримані дані з таблиці 4, найбільший збір жиру відмічений на досліджуваних ділянках, де вносили підвищений вміст азоту (N_{90}). Головно, це пов'язано не стільки із вмістом жиру в насінні, а зі збільшенням продуктивності рослин сої цих варіантів, що і відіграло позитивну роль на кінцевий результат – збір жиру з одного гектару.

Як свідчать результати проведеного експерименту, найбільший вплив на якісні показники насіння сої був у варіанті фон+ N_{90} . Відмітимо, що застосування лише фосфорно-калійних добрив забезпечувало одержання майже такої ж кількості білка і жиру, як і на варіанті фон+ N_{30} .

Висновки

1. Внесення азотних добрив (N_{60}) та (N_{90}) на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$) дає змогу зменшити на 34–39 % витрати води на формування одиниці врожаю порівняно з варіантом без добрив.

2. Внесення азотних добрив (N_{30-90} на фоні $P_{60}K_{60}$) збільшує вміст нітратного і амонійного азоту в шарах ґрунту 0–20 і 20–40 см у межах від 1,1 % до 4,7 % відповідно.

3. Мінеральні добрива досить позитивно вплинули на біометричні показники рослин сої. Найкращими виявилися варіанти, де азотні добрива застосовувалися на фоні фосфорно-калійних. Спостерігається тенденція до покращення відповідних показників за умови збільшення дози азотних добрив.

4. Найвища врожайність насіння сої, в середньому за роки проведення досліджень 25,5 ц/га, формується на варіанті із внесенням азоту в дозі N_{90} . Перевищення порівняно з варіантом без добрив становить 7,6 ц/га або 42 %. Розбіжність за цим показником на варіантах, де вносили N_{30} і N_{60} , становить 1,6 ц/га.

5. Виявлено позитивний вплив внесення мінеральних добрив на показники якості насіння сої. Максимальний вміст білка в зерні сої (38,2 %) під час проведення наших досліджень виявлено на варіанті із внесення по фону азотних добрив у дозі 90 кг/га д.р. Цей же варіант характеризувався і найвищим його виходом з одиниці площі – 9,7 ц/га.

6. Найвищий вміст жиру (22,0 %) в зерні сої встановлено у варіанті без внесення добрив. Покращення умов мінерального живлення шляхом внесення азотних добрив сприяло зниженню його вмісту до 20,1 %.

Рекомендується за відсутності передпосівної інокуляції насіння сої вносити під час вирощування бобової культури азотні добрива на фоні фосфорно-калійних, що дозволить забезпечити високу урожайність.

Перспективи подальших досліджень. Щорічні зміни природно-кліматичних умов потребують збереження вологості ґрунту для вирощування сої, отже актуальними є дослідження внесення азотних добрив під насіння сої з різними строками стиглості.

References

1. Artemenko, S., & Kramarov, S. (2014). Inkrustatsiia – efektyvnyi zakhid pidvyshchennia produktyvnosti soi. *Propozytsiia*, 12, 70–72 [In Ukrainian].
2. Babych, A. (2007). Novi sorty soi i perspektyvy vyrobnytstva yikh v Ukraini. *Propozytsiia*, 4, 46–49 [In Ukrainian].
3. Babych, A. O., & Babych-Poberezhna, A. A. (2014). Nevykorystanyi potentsial soi. *Fermer*, 12 (60),

46–47 [In Ukrainian].

4. Babych, A., & Poberezhna, A. (2000). Soia – holovna bilkovo-oliina kultura svitovoho zemlerobstva. *Propozytsiia*, 4, 42–45 [In Ukrainian].

5. Bernard, R. L. (1983). Soybean germplasm, breeding, and genetic activities in the United States. *Soybean research in China and the United States: Proc. First China [USA soybean symposium and working group meeting]*. USA.

6. Carter, J. T. E., Gizlice, Z., & Burton, J. W. (1993). Coefficient – of – parentage and genetic – similarity estimates for 258 North American soybean cultivars released by public agencies during 1945–88. *Technical Bulletin U. S. Department of Agriculture*, 1814, 76.

7. Delannay, X., Rodgers, D. M., & Palmer, R. G. (1983). Relative Genetic Contributions Among Ancestral Lines to North American Soybean Cultivars. *Crop Science*, 23 (5), 944–949. doi: 10.2135/cropsci1983.0011183x002300050031x

8. Gorb, O., Yasnolob, I., Chayka, T., Zoria, O., Dugar, T., & Shvedenko, P. (2020). Ecological agrochemical land evaluation and classification under organic farming. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 6 (46), 1588–1595. doi: 10.14505/jemt.v11.6(46).29

9. Hunter, M., Jabrun, Plm., & Byth, D. (1980). Response of nine soybean lines to soil moisture conditions close to saturation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 20 (104), 339. doi: 10.1071/ea9800339

10. Holberg, S. F. (1956). Sojabeen adaptation in Sweden. *World Crops*, 8 (3), 50–54.

11. Kandel, Y. R., Wise, K. A., Bradley, C. A., Tenuta, A. U., & Mueller, D. S. (2016). Effect of planting date, seed treatment, and cultivar on plant population, sudden death syndrome, and yield of soybean. *Plant Disease*, 100, 1735–1743.

12. Kobak, S. Ya., Serevetnyk, O. V., & Chorna, V. M. (2017). Oboviazkovyi element tekhnolohii vyroshchuvannia soi – bakteryzatsiia. *Ahrobiznes Sohodni. Tekhnolohii Sohodni*, 4, 62–65 [In Ukrainian].

13. Lotysh, I. I. (2017). Formuvannia ploshchi lystkovoï poverkhni posiviv soi zalezno vid sortu, sposobu sivby ta normy vysivu v umovakh nedostatnoho zvolozhennia Lisostepu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1–2, 167–171. doi: 10.31210/visnyk2017.1-2.33 [In Ukrainian].

14. Mesterhazy, A. (1996). Breeding for resistance to Fusarium head blight of wheat. *Fusarium Head Scab: Global Status and Future Prospects*. Mexico.

15. Muehlbauer, F. J., & Kraft, J. M. (1976). Evidence of heritable resistance to Fusarium solani f. sp. pisi and Pythium ultimum in peas. *Crop Science*, 1, 34–36.

16. Selektysia y henetyka soy: Napravleniia y metody selektsyy. Retrieved from: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=487 [In Russian].

17. Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485, 229–232.

18. Shevnikov, M. Ya., Lotysh, I. I., & Halych, O. P. (2015). Osoblyvosti rozvytku soi zalezno vid strokiv sivby v umovakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 14–17. doi: 10.31210/visnyk2015.04.03 [In Ukrainian].

19. Shevnikov, M. Ya., Milenko, O. H., & Lotysh, I. I. (2014). Yakisni pokaznyky nasinnia soi zalezno vid vplyvu mineralnykh i bakterialnykh dobryv. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 25–29. doi: 10.31210/visnyk2014.04.04 [In Ukrainian].

20. Shevnikov, M. Ya., Milenko, O. H., & Lotysh, I. I. (2018). Urozhainist sortiv soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 15–21. doi: 10.31210/visnyk2018.03.02 [In Ukrainian].

21. Sichkar, V. I. (2014). Seleksiina tsinnist kolektsiinykh zrazkiv pry stvorenni vysokoproduktyvnykh sortiv soi. *Seleksiia i Nasinnytstvo*, 106, 83–92 [In Ukrainian].

22. St. Martin, S. K. (1982). Effective Population Size for the Soybean Improvement Program in Maturity

Groups 00 to IV. *Crop Science*, 22 (1), 151–152. doi: 10.2135/cropsci1982.0011183x002200010035x

23. Suchasna selektsiia soi. Retrieved from: <http://www.agrobusiness.com.ua/agronomiia-siogodni/2387suchasnaselektsiia-soi.html> [In Ukrainian].

24. Yasnolob, I. O., Chayka, T. O., Galych, O. A., Kolodii, O. S., Moroz, S. E., Protsiuk, N. Y., & Lotych, I. I. (2019). Stimulating the increasing of natural soil fertility: economic and environmental aspects.

Ukrainian Journal of Ecology, 9 (3), 267–271. doi: 10.15421/2019_89

25. Yasnolob, I. O., Pysarenko, V. M., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Pestsova-Svitalka, O. S., Kononenko, Zh. A., & Pomaz, O. M. (2018). Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (2), 280–286. doi: 10.15421/2018_339

Стаття надійшла до редакції 03.10.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Бараболя О. В., Найдьон М. Ю., Кононеко С. М., Коровніченко С. Г. Вплив мінерального живлення на продуктивність сої. *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. С. 35–44.

© Бараболя Ольга Валеріївна, Найдьон Марія Юріївна,
Кононеко Сергій Миколайович, Коровніченко Сегрій Геннадійович, 2020