



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.62:633.34

© 2023

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ НА ДЕРНОВО- ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ В ЛІЗИМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

В.І. Ратошнюк¹, О.І. Савчук², В.В. Ратошнюк³

¹доктор сільськогосподарських наук

^{2,3}кандидати сільськогосподарських наук

Інститут сільського господарства Полісся НААН

Київське шосе, 131, м. Житомир, 10007, Україна

e-mail: ^{1,3}viktor.ratoshnyuk@ukr.net, ²grunt17isgp@gmail.com

ORCID: ¹0000-0001-6937-7541, ²0000-0002-0197-3053

Надійшла 25.05.2023

Мета. Дослідити ефективність вирощування сої на осушуваному дерново-підзолистому ґрунті за різного рівня органо-мінерального живлення без регулювання (природне зволоження) і з регулюванням водно-повітряного режиму (за допомогою лізиметричних пристроїв) та визначенням найоптимальнішої системи удобрення культури. **Методи.** Лізиметричний (лізиметри-збирачі та лізиметри-випаровувачі), лабораторно-аналітичний, системного аналізу, порівняння, обробка експериментальних даних — за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel. **Результати.** Встановлено, що на органо-мінеральних фонах порівняно з площею асиміляційної поверхні в контрольному варіанті (20,7 тис. м²/га) площа асиміляційної поверхні рослин сої збільшилася до 27,6–36,7 тис. м²/га. Відповідно збільшилася й кількість бобів з 8,6 до 13,2–14,2 шт. та насінин на рослині з 17,3 до 26,4–25,7 шт. За умов регулювання рівня ґрунтових вод на глибині 110 см упродовж вегетації площа листової поверхні збільшилася на 11–20%, кількість генеративних органів рослин — на 17–42%. В умовах природного зволоження за позакореневих підживлень рослин нанодобривом Нано-Мінераліс РК (у фазі 6–7 трійчастих листків і перед цвітінням) на фоні N₆₀P₆₀K₆₀ (зокрема, з роздільним унесенням азоту) + побічна продукція урожайність зерна сої становила 2,33–2,65 т/га, що на 13,1–28,6% більше, ніж у варіантах без унесення нанодобрив. Штучне водорегулювання сприяло підвищенню врожайності сої на зазначених фонах до 2,89–3,28 т/га, або в середньому на 23%. На органо-мінеральних фонах вихід кормових одиниць за природного вологозабезпечення становив 2,99–3,84 т/га, за оптимального — 3,68–4,76 т/га. Порівняно з рентабельністю за біологічної системи

удобрення 75% рентабельність вирощування сої за використання $N_{60}P_{60}K_{60}$ знизилася до 12–33%, за штучного водорегулювання становила 35–60%. **Висновки.** Експериментально встановлено, що в технології вирощування сої на дерново-підзолистому ґрунті оптимізація водно-повітряного (оптимальне вологозабезпечення) і поживного режимів за поєднання мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$, зокрема за роздільного внесення азоту) та органічних (побічна продукція попередника (кукурудзи) з позакореневим підживленням посівів нанодобривами забезпечує врожайність зерна 2,65–3,28 т/га. Отже, функціонування досконалої меліоративної системи є істотним чинником формування врожайності зерна сої.

Ключові слова: осушуваний ґрунт, рівень ґрунтових вод, вологозабезпечення, система живлення, урожайність, рентабельність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202307-01>

Сучасне агропромислове виробництво з переходом до ринкових відносин потребує збільшення валових зборів ринково орієнтованих культур, зокрема такої інтенсивної культури, як соя [1, 2]. Останнім десятиліттям площі посівів під цією культурою стрімко збільшилися, навіть у зоні Полісся, де раніше сою не вирощували, оскільки порівняно з традиційними поліськими культурами вона вибагливіша до ґрунтового, теплого, світлового і поживного режимів. Однак отримуваний урожай, особливо за вирощування на осушуваних землях, значно нижчий порівняно із загальним в Україні, що не задовольняє землевласників. Це пов'язано з тим, що на меліоративних землях сою вирощують без чітких, науково обґрунтованих рекомендацій. У зоні Полісся часто застосовують агротехнології, розроблені для умов Лісостепу й Степу. Потенціал сучасних сортів і гібридів реалізується в середньому на 50% від можливого рівня, що свідчить про неефективне управління продуктивністю агроценозів [3, 4].

Соя — універсальна продовольча, кормова та олійна культура, що не має аналогів за продуктивністю та якісним складом. Нині вона є основною економічно вигідною, комерційно привабливою білково-олійною культурою світового землеробства, оскільки посідає важливе місце в структурі посівів, зерновому, кормовому і харчовому балансах. За обсягом вирощування соя — на 1-му місці в Європі та 8-му у світі. Ця культура забезпечує динамічний розвиток сільськогосподарських підприємств, що її

культивують. У США завдяки введенню сої в сівозміну отримують 40% приросту економічної ефективності сільського господарства, тому її називають культурою XXI ст. Останніми десятиліттями на неї значний ринковий попит, темпи приросту виробництва найвищі [5, 6].

Для українського землеробства соя стратегічна культура. За площею посівів і обсягом виробництва в Україні вона впевнено тримає лідерство, змагаючись із соняшником. Прибутковість цієї культури зумовлена підвищенням реалізаційних цін, що є стимулом для розширення площ посівів [7, 8]. Соя також важливий елемент збалансованої сівозміни і добрий попередник для наступних культур, особливо зернових, азотофіксатор і продуцент дешевого рослинного білка, має фітомеліоративні й фітосанітарні властивості [9, 10].

Завдяки досягненням селекціонерів з'явилися нові високотехнологічні, високоефективні та стійкі до хвороб сорти сої, проте рівень реалізації їх потенціалу значною мірою зумовлюється ґрунто-кліматичними умовами, адаптованою технологією вирощування і зміною клімату [11, 12]. Застосування мікродобрив у технології вирощування сої в критичні фази росту та розвитку рослин дає можливість не лише швидко усунути дефіцит засвоєння рослиною окремих видів макроелементів, а й підвищити її імунітет, стійкість до захворювань і стресових ситуацій [13]. Саме тому агротехнологічні основи вирощування цієї комерційно привабливої культури,

управління її продукційним процесом в інтенсивних сівозмінах, стабілізація врожайності в системі осушуваного землеробства набули великого значення, особливо у зв'язку зі зміною клімату, що потребує сучасного наукового обґрунтування.

Мета досліджень — вивчити вплив оптимізації водного і поживного режимів дерново-підзолистого ґрунту на ріст, розвиток рослин сої і формування врожайності нетипової для поліського регіону цієї теплолюбної культури.

Матеріали та методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2021–2022 рр. на балансово-лізиметричній станції Інституту сільського господарства Полісся НААН (с. Грозине Коростенського р-ну Житомирської обл.) у класичному стаціонарному модельному лізиметричному досліді. Використовували металеві лізиметри-збирачі (імітують роботу дренив меліоративної системи без регулювання водного режиму) і лізиметри-випаровувачі (встановлюють і підтримують потрібний рівень ґрунтових вод водорегулювальними пристроями). Лізиметри мали циліндричну форму діаметром 100 см, глибина моноліту ґрунту — 70 см з площею поверхні 0,8 м². За регулювання зволоження протягом вегетаційного періоду сої ґрунтові води підтримувалися в середньому на глибині 110 см від поверхні ґрунту (як найоптимальніший рівень для культури) [14].

Ґрунт у лізиметрах — дерново-середньопідзолистий супіщаний з такими показниками: вміст гумусу — 1,1%, рухомого фосфору — 177 мг/кг ґрунту, обмінного калію — 94 мг/кг ґрунту; рН сольове — 5,9. Повторність у лізиметричному

досліді — 4-разова. Середньоранній сорт сої Аполлон висівали звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 15 см, глибиною загортання насіння 4–5 см; густина рослин перед збиранням урожаю в перерахунку на 1 га — 700 тис. шт. Агротехніка вирощування сої відповідала зональним рекомендаціям для Полісся. Попередник — кукурудза на зерно. Систему удобрення сої наведено в таблиці. Крім внесення традиційних мінеральних добрив проводили позакореневе 2-разове підживлення посівів сої (у фазі 6–7 трійчастих листків і перед цвітінням) новим видом комплексного водорозчинного нанодобрива Нано-Мінераліс РК (у формі нанокарбоксилатів) [15].

Результати досліджень. Рівень мінерального живлення рослин (N₆₀P₆₀K₆₀, зокрема за роздільного внесення азоту) разом із заорюванням побічної продукції кукурудзи, позакореневим підживленням нанодобривом Нано-Мінераліс РК і регулюванням вологозабезпечення є визначальним чинником продуктивності сої.

Важливою умовою формування високих урожаїв сільськогосподарських культур є підвищення продуктивності їхнього фотосинтезу. Як засвідчують результати досліджень [16, 17], зменшення асимілювальної поверхні площі призводить до зниження продуктивності рослин. За біологічними особливостями соя є волого- та світлолюбною культурою, тому зможе максимально реалізувати потенціал урожайності за умови забезпеченості рослин основними факторами життєздатності, передусім вологою та елементами живлення. Це впливає на облистяність рослин, накопичення ними надземної маси, інтенсивність

Схема досліді і система удобрення сої

Режим вологозабезпечення рослин (фактор А)	Система удобрення сої (фактор Б)
Без регулювання водно-повітряного режиму ґрунту (умови природного зволоження)	Без добрив (фон природної родючості) Побічна продукція
З регулюванням водно-повітряного режиму ґрунту (оптимальне вологозабезпечення рослин)	Побічна продукція + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ Побічна продукція + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + + Нано-Мінераліс РК Побічна продукція + N ₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + + Нано-Мінераліс РК

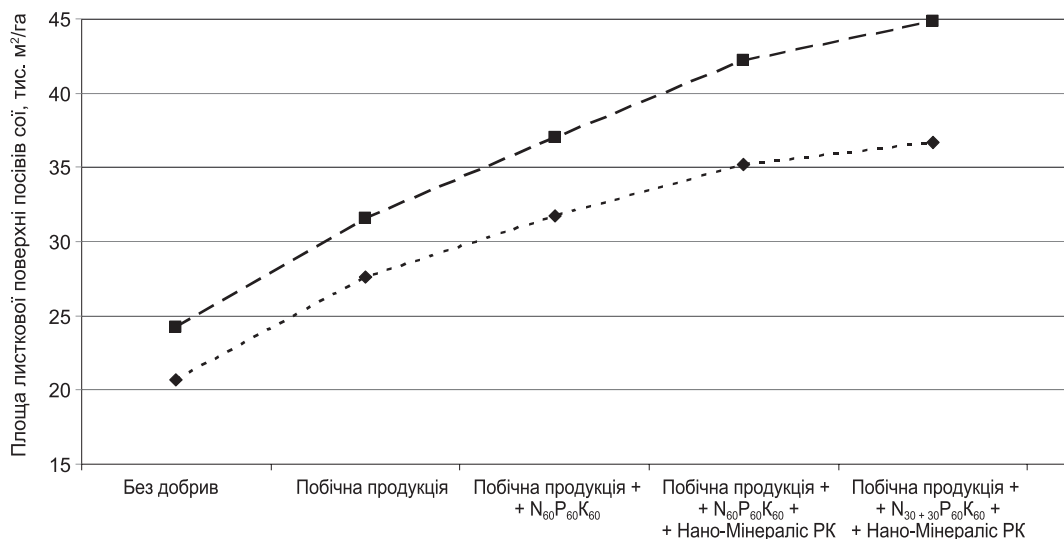


Рис. 1. Площа листкової поверхні рослин сої в період формування бобів залежно від досліджуваних факторів: $\cdot\blacklozenge\cdot$ — без регулювання водного режиму ґрунту; $\text{---}\blacksquare\text{---}$ — із регулюванням водного режиму ґрунту

фотосинтезу, урожайність культури та якість продукції.

Доведено, що формування фотосинтетичного апарату посівів значною мірою залежить від фази розвитку рослин і впливу досліджуваних факторів. Наростання листового апарату у рослин сої спостерігалось від сходів до фази утворення бобів, коли площа листкової поверхні була найбільшою. Установлено, що в цей період у варіантах з унесенням добрив площа асиміляційної поверхні рослин сої збільшилася в 1,4–1,8 раза (до 27,6–36,7 тис. м²/га) порівняно з площею асиміляційної поверхні у варіанті без добрив (20,7 тис. м²/га) (рис. 1). Це свідчить про те, що продуктивність сої найбільшою мірою залежить від елементів живлення, зокрема застосування нових видів водорозчинних комплексних добрив із широким спектром макро- і мікроелементів.

На фоні з регулюванням рівня ґрунтових вод на глибині 110 см упродовж вегетації площа листкової поверхні рослин сої збільшилася на 11–20%. Найбільша асиміляційна площа поверхні посівів (44,2 тис. м²/га) сформувалася завдяки позакореневим підживленням рослин нанодобривом Нано-Мінераліс РК на фоні N₃₀₊₃₀P₆₀K₆₀ (з

унесенням азоту в 2 етапи).

Результати аналізу експериментальних даних показують, що оптимізація водно-повітряного і поживного режимів осушеного ґрунту з поліпшеними умовами живлення рослин сої під час вегетації дає можливість сформувати найбільшу площу асиміляційного апарату, що підвищує продуктивність культури порівняно з варіантами без основних факторів оптимізації ланок меліоративного землеробства. Між величиною врожайності сої і площею листків встановлено пряму кореляційну залежність — R² = 0,959.

Формування врожаю сої в лізиметричному досліді залежало від багатьох чинників, зокрема індивідуальної продуктивності рослин, що визначається кількістю бобів і насіння на рослині, масою 1000 насінин. Установлено, що в умовах природного зволоження ґрунту без унесення добрив показники структури рослин сої були найменшими: висота рослин становила 49 см, на 1 рослині утворювалося в середньому по 8,6 шт. бобів з масою 1000 зерен 120 г, що забезпечило формування індивідуальної продуктивності рослин (маси насіння) на рівні 2,1 г зерна (табл. 2). Застосування побічної продукції, у тому числі на фоні мінерального живлення, сприяло поліпшенню

2. Показники формування продуктивності сої залежно від системи удобрення і режиму вологозабезпечення

Варіант	Висота рослини, см	Середня кількість на 1 рослині, шт.			Маса, г	
		бобів	насінин у бобі	насінин з 1 рослини	насіння з рослини	1000 насінин
<i>На фоні без регулювання водного режиму ґрунту</i>						
1	49	8,6	2,0	17,3	2,1	120
2	52	9,4	2,0	18,7	2,3	122
3	64	11,8	2,0	23,5	2,9	125
4	68	13,2	2,0	26,4	3,3	126
5	75	14,2	2,1	29,8	3,8	127
<i>На фоні з регулюванням водного режиму ґрунту</i>						
1	51	10,4	2,0	20,9	2,5	121
2	54	11,4	2,0	22,8	2,8	123
3	67	13,7	2,1	28,8	3,6	126
4	70	15,5	2,1	32,5	4,1	127
5	78	16,6	2,2	36,6	4,7	128
HIP ₀₅	8,4	1,88	0,14	3,22	0,52	10,2

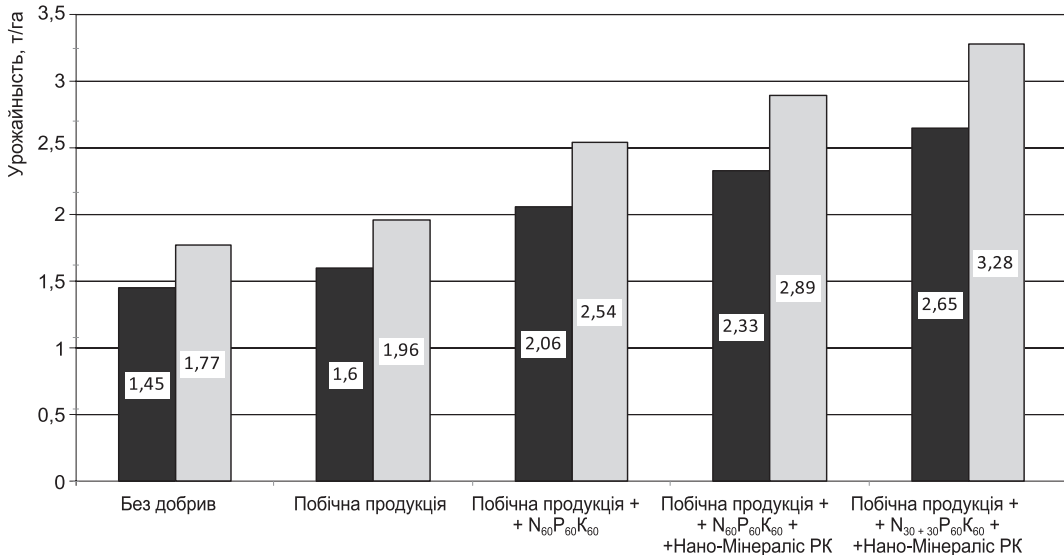


Рис. 2. Урожайність насіння сої залежно від водорегулювання та системи удобрення (середнє за 2021–2022 рр.): ■ – без регулювання водного режиму ґрунту; □ – із регулюванням водного режиму ґрунту (для рис. 2–4)

структурних показників урожаю: висота рослин збільшилася до 68–75 см, кількість бобів — до 13,2–14,2 шт., насінин на рослину — 26,4–29,8 шт., маса 1000 зерен — до 127 г.

У варіантах з регулюванням водного режиму ґрунту кількість генеративних органів (бобів і насінин на рослині) та індивідуальна

продуктивність рослин істотно збільшилися. Аналіз показників структурних елементів урожаю сої показав, що вони тісно корелюють з рівнем урожайності ($R^2 = 0,826 - 0,901$), що підтверджується показниками розвитку рослин.

Дослідженнями встановлено, що без регулювання водного режиму в контрольному

варіанті середня врожайність зерна в досліді становила 1,45 т/га (рис. 2). Приорювання стебел кукурудзи сприяло підвищенню продуктивності сої на 12,7%. З використанням $N_{60}P_{60}K_{60}$ на фоні побічної продукції отримано врожайність 2,06 т/га, приріст урожаю до контролю становив 42,1%. Це свідчить про те, що внесення мінеральних добрив на дерново-підзолистому ґрунті позитивно впливає на розвиток сої. За позакоренового підживлення посівів нанодобривами на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ вихід насіння збільшився на 13,1%. Найвищу врожайність насіння (2,65 т/га, 13,7% приросту порівняно з попереднім варіантом) отримано за роздільного внесення азоту в 2 етапи в системі повного мінерального добрива в поєднанні з обробітком посівів нанодобривом Нано-Мінераліс РК.

Моделювання оптимального водно-повітряного режиму для росту і розвитку рослин упродовж вегетації через підтримання рівня ґрунтових вод на глибині 110 см на фоні зазначеного вище поживного режиму забезпечило формування насінневої продуктивності сої 1,96–3,28 т/га, тобто за оптимізації вологозабезпечення приріст урожаю культури становив 21,1–24,0% порівняно з приростом урожаю за природного зволоження. На

фоні штучного регулювання рівня ґрунтових вод кращі умови для формування врожаю зерна (3,28 т/га) склалися за поєднання $N_{30+30}P_{60}K_{60}$ і побічної продукції з використанням добрива Нано-Мінераліс РК.

Отже, значним резервом підвищення продуктивності будь-якої сівозміни є введення в її структуру сої. Наголошувалося, що формування продуктивності сої більшою мірою залежить від системи удобрення. Розрахунки підтверджують, що в контрольному варіанті без унесення добрив (незалежно від режиму вологозабезпечення) вихід кормових одиниць був низький — 2,10–2,57 т/га (рис. 3). Вирощування сої за одночасної оптимізації водного і поживного режимів осушеного ґрунту дало змогу отримати високий вихід кормових одиниць — 3,84–4,76 т/га. Слід зазначити, що кормову цінність сої визначали лише з основної продукції, побічна продукція залишалася на полі як органічне добриво для наступної культури сівозміни.

Установлено кормову ефективність позакоренової обробки посівів нанодобривами. За їх застосування на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ вихід кормових одиниць збільшився на 13,0–13,8%, за роздільного внесення азоту — на 28,4–29,3%.

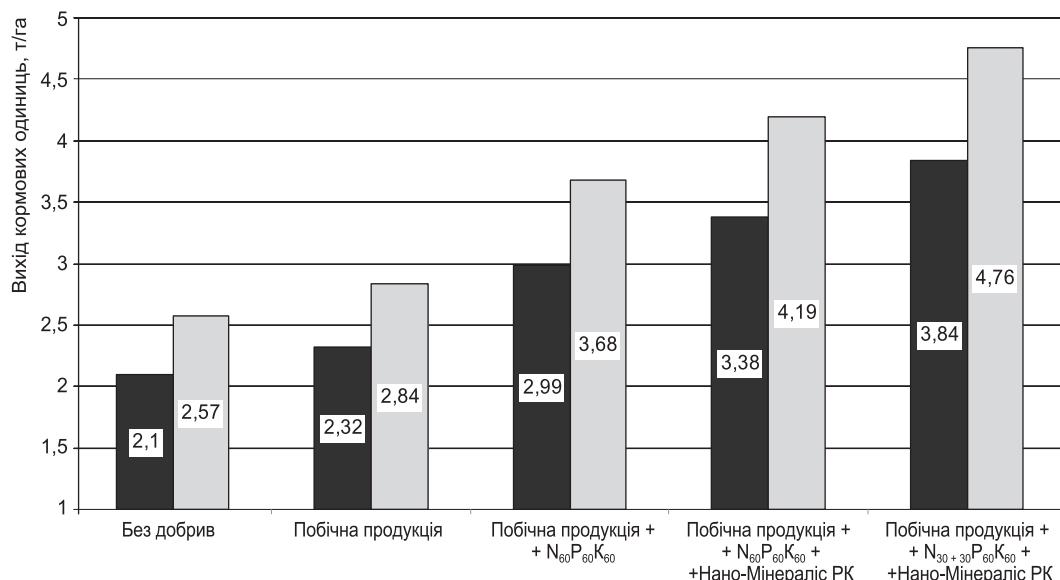


Рис. 3. Вихід кормових одиниць з основної продукції сої залежно від системи удобрення і режиму вологозабезпечення, т/га

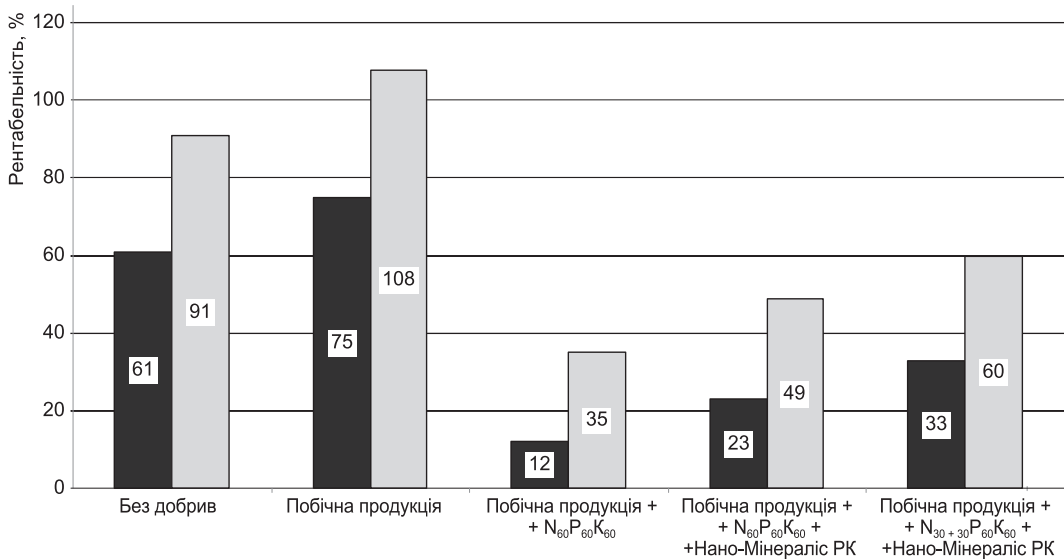


Рис. 4. Рентабельність вирощування сої залежно від оптимізації поживного та водно-повітряного режимів

Розроблення і впровадження ефективної технології вирощування сої на осушуваних землях потребують економічного оцінювання вжитих агротехнічних заходів. Економічна ефективність вирощування культури є основним критерієм результативності проведених досліджень [18]. Розраховували економічну ефективність з метою визначення найоптимальнішої системи удобрення та вологозабезпечення. У 2022 р. ці показники визначали згідно з ціною кон'юнктурою на насіння, пальне, добриво. Реалізаційна ринкова ціна 1 т насіння становила 13000 грн. Рентабельність вирощування сої в системі осушеного землеробства на основі одержаних експериментальних даних показано на рис. 4. Серед складових технологій, що визначають економічну ефективність вирощування зерна сої, велике значення має система удобрення.

За умови природного вологозабезпечення рентабельність вирощування сої за біологічної системи удобрення (побічна продукція кукурудзи) становила 75%. З підвищенням затрат на придбання мінеральних добрив різко знизилася ефективність виробництва зерна. За внесення повної норми N₆₀P₆₀K₆₀ рентабельність вирощування культури знизилася на 63%. Із

застосуванням позакореневого підживлення посівів нанопрепаратами на фоні мінеральних добрив цей показник підвищився до 23–33%.

Регулювання водно-повітряного режиму сприяло збільшенню виходу продукції в середньому на 23% й підвищило рентабельність вирощування культури на органо-мінеральних фонах на 23–27%. Найвища рентабельність була на фоні повного мінерального удобрення (N₃₀₊₃₀P₆₀K₆₀) з роздільним унесенням азоту в 2 етапи та підживленням посівів нанодобривом Нано-Мінераліс РК. Отже, мінеральні добрива підвищують продуктивність сої, поліпшують якість продукції, але через їх високу вартість знижується рентабельність вирощування культури.

Варто зазначити, що розрахунок економічного параметра (граничної точки беззбитковості) технології вирощування сої на осушеному дерново-підзолистому ґрунті показав, що за реалізаційної ціни на 1 т зерна 13000 грн поріг беззбитковості або врожайність зерна, за якої досягається гарантований прибуток, становить 1,88–2,09 т/га. За нижчої реалізаційної ціни і диспаритету цін на добрива та пальне вирощування цієї культури буде збитковим.

Висновки

Зона Полісся в умовах зміни клімату отримала додатковий ресурс — суму активних температур, що дало можливість на осушуваному дерново-підзолистому ґрунті за достатнього агрохімічного забезпечення ($N_{60}P_{60}K_{60}$, зокрема з роздрібним унесенням азоту в 2 етапи на фоні побічної продукції попередника (кукурудзи) та 2-разовим за фазами розвитку рослин позакореневим підживленням посівів нанодобривами) отримати врожайність сої 2,33–2,65 т/га з рентабельністю

виробництва 23–33%. За штучного регулювання водно-повітряного режиму ґрунту продуктивність сої підвищилася в середньому на 23%. Застосування позакореневого підживлення посівів нанодобривом Нано-Мінераліс РК на фоні органо-мінерального живлення сприяло отриманню врожайності зерна 2,89–3,28 т/га з рентабельністю виробництва сої 49–60%. Отже, функціонування досконалої меліоративної системи є істотним чинником формування врожайності зерна сої.

Ratoshniuk V.¹, Savchuk O.², Ratoshniuk V.³
Polissia Institute of Agriculture of NAAS, 131
Kyivske Shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine; e-mail:
^{1,3}viktor.ratoshnyuk@ukr.net, ²grunt17isgp@gmail.com;
ORCID: ¹0000-0001-6937-7541, ²0000-0002-0197-3053

Peculiarities of formation of soybean productivity on soddy podzolic soil in lysimeter studies

Goal. To study the effectiveness of growing soybeans on drained soddy podzolic soil at different levels of organo-mineral nutrition without regulation (natural moistening), and with regulation of the water-air regime (using lysimeter devices), and determine the most optimal crop fertilizer system. **Methods.** Lysimeter (lysometer collectors and lysimeter vaporizers), laboratory analytical, system analysis, comparison, and processing of experimental data — using the Microsoft Office Excel computer program. **Results.** It was found that on organo-mineral backgrounds compared to the area of the assimilation surface in the control variant (20.7 thousand m²/ha), the area of the assimilation surface of soybean plants increased to 27.6–36.7 thousand m²/ha. Correspondingly, the number of beans also increased from 8.6 to 13.2–14.2 pcs, and seeds per plant from 17.3 to 26.4–25.7 pcs. Under conditions of regulation of the groundwater level at a depth of 110 cm during the growing season, the leaf surface area increased by 11–20%, the number of plant generative organs increased by 17–42%. In conditions of natural moisture

under foliar fertilizing of plants with nano fertilizer Nano-Mineralis RK (in the phase of 6–7 trifoliate leaves and before flowering) on the background of $N_{60}P_{60}K_{60}$ (in particular, with separate nitrogen application) + byproducts, the yield of soybean grain was 2.33–2.65 t/ha, which was 13.1–28.6% more than in the variants without applying nano fertilizers. Artificial water regulation helped to increase the yield of soybeans on the specified backgrounds to 2.89–3.28 t/ha or by 23% on average. On organo-mineral backgrounds, the output of feed units under natural moisture supply was 2.99–3.84 t/ha, under optimal conditions — 3.68–4.76 t/ha. Compared with the profitability under the biological fertilizer system (75%), the profitability of soybean cultivation using $N_{60}P_{60}K_{60}$ decreased to 12–33%, and under artificial water regulation, it was 35–60%. **Conclusions.** It was experimentally established that in the technology of growing soybeans on soddy podzolic soil, the optimization of water, air (optimal moisture supply), and nutrient regimes using a combination of mineral fertilizers ($N_{60}P_{60}K_{60}$, in particular with separate nitrogen application) and organic (by-products of the precursor (corn) with foliar feeding of crops with nano fertilizers ensures a grain yield of 2.65–3.28 t/ha. Therefore, the functioning of a perfect meliorative system is an essential factor in the formation of soybean yield.

Key words: drained soil, groundwater level, moisture supply, nutrition system, productivity, profitability.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202307-01>

Бібліографія

1. Бербенець О.В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку

торгівлі нею. *Агросвіт*. 2019. № 10. С. 41–45.

2. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти: монографія; за ред.

С.А. Балука, В.В. Медведєва, Б.С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.

3. *Меліорація та облаштування Українського Полісся*: монографія; за ред. Я.М. Гадзала, В.А. Сташука, А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. Т. 2. 854 с.

4. *Польовий В.М., Фурман В.М., Мороз О.С., Люсак А.В.* Моніторинг продуктивності сої за різних систем удобрення в умовах Західного Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 126. С. 92–98. doi: 10.32851/2226-0099.2022.126.13

5. *Соя* — стратегічна культура світового землеробства; за ред. Л.Г. Білявської. Полтава: ПДАА, 2017. 100 с.

3. *Чехова І.В.* Світовий ринок олійних культур і місце України в ньому. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 9. С. 71–77.

6. *Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А.* Соєвий пояс і розміщення виробництва сої в Україні. *Пропозиція*. 2019. № 4. С. 52–56.

8. *Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Іванюк С.В.* та ін. *Соя*: монографія. Вінниця: Діло, 2016. 400 с.

9. *Коробко А.А.* Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 125–134. doi: 10.33730/2310-4678.4.2021.253098

10. *Franche C., Linolstrom K., Elmerich C.* Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and nonleguminous plants. *Springer Science Business. Media B.* 2008. V. 321. P. 35–59.

11. *Мельник А.В., Романько Ю.О., Романько А.Ю., Дудка А.А.* Адаптивний потенціал та стресостійкість сучасних сортів сої. *Таврійський*

науковий вісник. 2020. № 113 (4). С. 85–91. doi: 10.32851/2226-0099.2020.113.12

12. *Mebelo Mataa, Sichilima Isaac.* Phenotypic plasticity in soybean (*Glycine max* (Merrill)) genotypes with contrasting growth characteristics subjected to planting density stress at different developmental stages. *African J. of Agricultural Research*. 2019. 14. P. 643–651. doi: 10.5897/AJAR2018.13830

13. *Федорук І.В., Колодій В.А., Хмелянчишин Ю.В.* Вплив елементів живлення на продуктивність сої. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 128. С. 221–228. doi: 10.32851/2226-0099.2022.128.30

14. *Мельничук А.О., Кучер Г.А., Костюшко П.В.* Вплив підґрунтового вологозабезпечення на урожайність ріпаку озимого на осушуваних дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2009. № 2. С. 11–13.

15. *Нано-мінераліс РК*. URL: havsstandart.com/ua/a474517-nano-mineralis-norma.html

16. *Eckhardt U., Grimm B., Hörtensteiner S.* Recent advances in chlorophyll biosynthesis and breakdown in higher plants. *Plant Mol. Biol.* 2004. P. 1–14.

17. *Фурман О.В.* Динаміка формування площі листової поверхні сої під впливом технологічних факторів вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2018. № 86. С. 101–106.

18. *Господаренко Г.М., Любич В.В., Бомко С.М.* Формування врожаю сої залежно від складових агротехнології. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 184 с.