

УДК 631.81+633.34

Засвоєння основних елементів живлення соєю з ґрунту й добрив**Г.М. Господаренко*, І.В. Прокопчук, В.П. Бойко***Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна*

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 25.12.2019 Отримано після доопрацювання 13.03.2020 Затверджено до друку 16.03.2020 Доступно онлайн 01.06.2020	Досліджували вплив тривалого застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у 4-пільній польовій сівозміні на вміст основних елементів живлення в рослинах сої. Роботу виконано у стаціонарному польовому досліді на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому у Правобережному Лісостепу України. У статті представлено середні дані врожайності сої та складу рослинної продукції за результатами визначень упродовж 2016–2018 рр., на час другої ротації сівозміни. Схема досліді включає 11 варіантів комбінацій та окремого внесення мінеральних добрив і, в тому числі, контрольний варіант без удобрення. У варіанті досліді, де середня доза елементів живлення у сівозміні на гектар становить $N_{110}P_{60}K_{80}$, заплановано повне (100 %) компенсування добривами господарського винесення культурами основних елементів живлення. Порівняння маси елементів живлення, внесених у ґрунт з мінеральними добривами, з умістом елементів у насінні й соломі сої визначили тісноту прямого зв'язку за такими показниками: азот ($R^2 = 0,82-0,92$); фосфор ($R^2 = 0,69-0,80$); калій ($R^2 = 0,63-0,68$). Внесення на 1 га сівозмінної площі $N_{110}P_{60}K_{80}$, порівняно з ділянками без добрив, збільшує внесення з урожаєм сої азоту на 102 %, фосфору – 86 і калію – на 100 %. Показано, що на формування 1 т насіння та відповідної кількості соломи, залежно від доз і співвідношень добрив у сівозміні, соя засвоює 52,0–59,4 кг азоту, 20,6–26,9 кг P_2O_5 і 23,4–26,4 кг K_2O . З соломою сої у ґрунт повертається від 6–8 % азоту, 47–54 – фосфору і 51–52 % калію від усієї маси елементів, внесених врожаєм (господарського винесення), залежно від системи удобрення.

*Ключові слова:*ґрунт;
елементи живлення;
насіння;
солома;
соя;
удобрення.*E-mail: hospodarenko@gmail.com

Форма цитування: Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння основних елементів живлення соєю з ґрунту й добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2020. Вип. 88. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". С. 63-70.
DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-07>.

1. Вступ

Для подальшого розвитку теоретичних положень оптимізації системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні та розроблення практичних рекомендацій із застосування добрив, необхідно встановити, який саме елемент або елементи живлення, обумовлюють їх ефективність, визначити необхідну кількість засвоєних рослинами елементів живлення і використаних на формування врожаю, визначити частку засвоєних елементів живлення окремо з ґрунту і добрив за різного удобрення [1].

Теоретично і практично доведено, що реалізовувати потенційну продуктивність сільськогосподарських культур слід не за допомогою високих доз добрив, а оптимізацією всіх властивостей ґрунту і процесів, що забезпечують підтримку його родючості, створення сприятливих параметрів поживного, водного, повітряного режимів, відповідно до біологічних потреб рослин і оптимального рівня біологічної активності ґрунту без негативних змін стану мікробіоценозів [2, 3]. Дози мінеральних добрив повинні відповідати збалансованому живленню рослин всіма біогенними елементами з урахуванням екологічних наслідків їх застосування. Оптимізація доз добрив під окремі культури у спеціалізованих сівозмінах вимагає подальшого вдосконалення методів ґрунтової і комплексної діагностики потреби культур в окремих елементах живлення. За даними [4], заорювання 4 т/га нетоварної продукції у ланці сівозміни соя–овес–кукурудза дозволяє компенсувати витрати азоту на формування урожайності на 43 %, фосфору – 35, калію – 90 % та підвищує урожайність культур на 15 %. Всі ці питання потребують подальшого розширення та поглиблення комплексних досліджень, особливо в стаціонарних агрохімічних дослідіах.

У довідкових виданнях є дані про нормативні параметри витрат елементів живлення на формування одиниці насіння та відповідну кількість соломи, за якими можна визначити й загальну потребу в елементах живлення для формування запланованого врожаю сої на певній площі. Але відносно внесення елементів живлення соєю на формування одиниці урожаю насіння та відповідну кількість соломи істотно варіює залежно від ґрунтово-кліматичних умов, величини урожаю, співвідношення в урожаї мас насіння і соломи, якості насіння та сортових особливостей [5, с. 258; 6, с. 195]. Дані про оптимальний хімічний склад насіння та соломи слід включати до складу обов'язкових показників якості районованих сортів сої, тому що основні показники якості (вміст білка,

жиру тощо) значно залежать від хімічного складу, тобто, вмісту в продукції N, P, K, Ca, Mg та інших елементів [7-9].

Одним із головних чинників формування максимальної продуктивності сільськогосподарських культур можна вважати оптимальний рівень їх забезпеченості елементами живлення. Слід зазначити, що кореневе живлення рослин залежить не тільки від їх біологічних особливостей і забезпеченості продуктами фотосинтезу. На нього впливає інтенсивність розвитку кореневої системи, структура та вологість ґрунту, реакція ґрунтового середовища, вміст і співвідношення елементів живлення, активність ґрунтової біоти, кореневі виділення тощо [10]. Тому вважається, що проведення листової діагностики мінерального живлення рослин є недостатнім. Її результати потрібно уточнювати хімічним аналізуванням рослинних проб. Наприклад, встановлено [11], що для пшениці озимої оптимальний вміст елементів живлення у різних ґрунтово-кліматичних умовах відрізняється не більше, ніж на 5 %. Щодо вмісту калію в рослинах, то вчені [12-14] не мають одностайної думки про вплив ґрунтово-кліматичних умов, рівня застосування добрив та інших чинників. Так, у вегетаційному досліді з 14-ма культурами і концентрацією калію від 0,1 мкмоль до 1 ммоль поживного розчину лише за вмісту понад 95 мкмоль/л простежувалось незначне підвищення його вмісту в органах рослин [15].

Елементний склад рослин найбільше залежить від хімічного складу земної кори [16, с. 72]. Рослини добре реагують на підвищення вмісту рухомих сполук елементів живлення в ґрунті, а тому їх вміст у тканинах підвищується під впливом удобрення [17-19]. Для розрахунку доз добрив зазвичай користуються показником господарського винесення елементів живлення запланованим урожаєм, хоч це і не відповідає біологічним потребам культур для його формування. При цьому вважають, що частину елементів живлення рослини візьмуть з ґрунту, і з метою оптимізації їх живлення та забезпечення простого відтворення родючості ґрунту потрібно повернути лише ту кількість, яку буде витрачено на формування основного і нетоварного врожаю. Для практичних розрахунків використовують показники відносного винесення елементів живлення – винесення одиницею основної продукції і відповідною кількістю нетоварної частини врожаю. Ці показники відносно стабільні, що пояснюється законами постійності хімічного складу рослин і їх вибірковою здатністю поглинати поживні речовини [20, 21]. Показники відносного винесення елементів живлення на одиницю врожаю необхідно постійно уточнювати з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону, сортів і гібридів культури, оскільки вони відрізняються за генотипом, хімічним складом, відношенням товарного врожаю до відповідної кількості нетоварного. Так, за узагальненими даними географічної мережі дослідів [22] вміст азоту, фосфору і калію на неудобрених і удобрених ділянках відрізнявся відповідно на 14; 3 і 13 %, а на неудобрених ділянках між зонами дерново-підзолистих, каштанових і чорноземних ґрунтів відповідно на 37; 57 і 80 %. При цьому витрати поживних речовин на одиницю врожаю за високих доз добрив збільшуються. На думку Б. С. Носка [23], за оптимальний потрібно брати показник вмісту і відносного їх винесення, що відповідає максимальному високоякісному врожаю. Ці показники також важливі для розрахунку балансу елементів живлення за умови різного використання нетоварної частини врожаю (на добриво, корм чи підстилку для худоби, тощо).

Мета дослідження – уточнити рівні вмісту елементів живлення та засвоєння їх на формування одиниці врожаю сої, що вирощується у 4-пільній сівозміні на чорноземі опідзоленому залежно від доз і співвідношень мінеральних добрив в умовах стаціонарного польового досліді у Правобережному Лісостепу України.

2. Об'єкти і методи досліджень

Дослідження проведено в 2016-2018 рр. у стаціонарному польовому досліді Уманського національного університету садівництва (атестат НААН № 87) [24], розміщеному в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48°46' N, 30°14' E. Дослід закладено 2011 року. Загальною метою польового досліді є встановлення ефективності дії різних видів, доз і співвідношень мінеральних добрив на врожайність і якість зерна та насіння польових культур і на родючість ґрунту.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі, має такі характеристики в межах орного шару: уміст гумусу 3,8 %; вміст азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) 105 мг/кг (низький за національними стандартами); рухомих сполук фосфору та калію (за методом Чирикова, екстракція 0,5 м CH_3COOH) – відповідно 106 мг/кг (підвищений) і 132 мг/кг (високий); pH_{KCl} – 5,7.

Схема досліді включає 11 варіантів комбінацій та окремого внесення мінеральних добрив і, в тому числі, контрольний варіант без удобрення (Табл. 1). Фосфорні

(суперфосфат гранульований) і калійні (калій хлористий) добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію.

Таблиця 1
Схема дослідів

Варіант: середня доза елементів живлення в сівозміні (кг д. р/га за рік)	Внесення елементів живлення під культури сівозміни (кг д.р./га)			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	–	–	–	–
N ₅₅	N ₇₅	N ₈₀	N ₃₅	N ₃₀
N ₁₁₀	N ₁₅₀	N ₁₆₀	N ₇₀	N ₆₀
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	P ₆₀ K ₇₀	P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ K ₇₀	N ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₇₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀

У варіанті дослідів, де середня доза елементів живлення у сівозміні на гектар становить N₁₁₀P₆₀K₈₀, заплановано повне (100 %) компенсування добривами середньорічного господарського винесення культурами основних елементів живлення. Схему дослідів складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість (раціональність) зниження доз окремих видів мінеральних добрив. Розміщення варіантів у досліді послідовне.

У чотирирічній польовій сівозміні вирощують такі культури: пшениця озима; кукурудза; ячмінь ярий; соя. Розгортання дослідів одночасно на чотирьох полях дало змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур 4-річної польової сівозміни. Повторення дослідів триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м², облікова – 72 м².

У статті представлено середні дані врожайності насіння сої (сорт Аннушка) та вмісту основних елементів живлення в рослинній продукції за результатами визначень впродовж 2016-2018 рр., на час другої ротації сівозміни. Технологія вирощування сої традиційна для регіону. Збирання врожаю проводили прямим комбайнуванням. Урожайність соломи обліковували методом пробного снопа.

Вміст азоту, фосфору та калію у пробах насіння і соломи сої визначали після мокрого озолення із аналітичним закінченням на спектрофотометрі та полумінемому фотометрі [25].

Статистичний аналіз експериментальних даних виконано з використанням програми Statistica 10. Для оцінювання тісноти зв'язку між досліджуваними чинниками використовували градації коефіцієнту кореляції за шкалою R. E. Chaddock [26]: 0,1-0,3 – зв'язок незначний; 0,3-0,5 – помірний; 0,5-0,7 – істотний; 0,7-0,9 – високий; 0,9-0,99 – дуже високий; 1 – функціональний. Коефіцієнт стабільності досліджуваних показників розраховували за такою формулою: $K_{\text{стаб}} = V_{\text{сер}} : (\text{max} - \text{min})$, де: $V_{\text{сер}}$ – показник середньої величини; max–min – різниця між максимальним і мінімальним значеннями показника в досліді.

3. Аналіз результатів досліджень

Результатами аналітичних досліджень виявлено певні зміни вмісту основних елементів живлення в насінні та соломі сої. Як видно з даних табл. 2, вміст елементів живлення в урожаї залежить від доз застосування мінеральних добрив у сівозміні. Складові частини врожаю сої суттєво відрізнялися за вмістом азоту: у насінні – 5,53-6,24 % (у перерахунку на суху речовину), у соломі – 0,32-0,44 % залежно від варіанту удобрення. Завдяки удобренню вміст азоту в насінні сої максимально підвищувався на 13 % (варіант N₆₀P₆₀K₆₀), а в соломі – на 38 % (N₆₀P₆₀K₆₀) порівняно з контролем. Загальною закономірністю, яка не залежить від удобрення, є значно менший вміст азоту в сухій речовині соломи сої. Це можна пояснити переміщенням його під час формування врожаю з вегетативних органів у генеративні. Проте застосування мінеральних добрив, особливо азотних, сприяло підвищенню вмісту азоту в нетоварній частині врожаю. Через низький

вміст азоту у соломі сої, а отже, високе значення відношення $C : N$, у разі залишення її на полі на добриво, наступна культура (в нашому досліді – пшениця озима) буде відчувати нестачу азотного живлення.

Таблиця 2

Вміст основних елементів живлення в урожаї сої залежно від удобрення в польовій сівозміні

Варіант досліді	Вміст елементів живлення, % на суху речовину					
	Насіння			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	5,53	1,08	1,27	0,32	1,08	1,19
N ₃₀	5,75	1,10	1,29	0,37	1,09	1,20
N ₆₀	5,87	1,12	1,31	0,41	1,11	1,22
P ₆₀ K ₆₀	5,56	1,36	1,38	0,32	1,16	1,27
N ₆₀ K ₆₀	6,06	1,10	1,39	0,41	1,10	1,28
N ₆₀ P ₆₀	6,19	1,60	1,29	0,42	1,23	1,19
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,86	1,36	1,39	0,38	1,16	1,25
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,24	1,62	1,46	0,44	1,23	1,31
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	6,17	1,38	1,40	0,42	1,18	1,26
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	6,22	1,58	1,42	0,44	1,20	1,27
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	6,03	1,40	1,41	0,42	1,20	1,30
HIP ₀₅	0,33	0,06	0,07	0,02	0,06	0,07

Вважається [23, 27], що рослини мають здатність регулювати вміст фосфору у своєму складі, але цього не достатньо щоб повністю обмежити його засвоєння за високого вмісту в ґрунті.

Результати досліджень показали (див. табл. 2), що навіть за високих доз внесення мінеральних добрив (N₆₀P₆₀K₆₀) вміст фосфору в насінні сої підвищувався з 1,08 до 1,62 % у перерахунку на суху речовину, що майже адекватно збільшенню доз добрив. При цьому за внесення азотних добрив живлення рослин сої фосфором також поліпшувалось, тоді як впливу калійних добрив не було відмічено.

У вегетативній масі (соломі) сої, порівняно з насінням, вміст фосфору був значно меншим, проте зміни під впливом удобрення були значними. Так, у соломі він підвищувався на варіанті з високими дозами добрив (N₆₀P₆₀K₆₀) на 13 %.

За результатами визначень констатовано (див. табл. 2), що вміст калію в насінні та соломі сої залежить від насиченості сівозміни добривами менш суттєво, ніж вміст азоту та фосфору. Навіть застосування калійних добрив у дозі 60 кг/га д. р. на азотно-фосфорному фоні (варіант N₆₀P₆₀K₆₀) підвищувало вміст калію в соломі сої не більше, ніж на 14 % порівняно з неудобреними ділянками; щоправда, у насінні збільшення було більш суттєвим – на 50 %.

Розрахунки показали, що між дозами азотних добрив і вмістом азоту в насінні та соломі сої існує високий і дуже високий кореляційний зв'язок ($R^2 = 0,82-0,92$), залежність між дозами фосфорних добрив і вмістом у рослинах фосфору висока – $R^2 = 0,69-0,80$. Між дозами калійних добрив і вмістом калію в насінні й соломі спостерігалась істотна залежність ($R^2 = 0,63-0,68$). Це вказує на те, що корегуючи дози мінеральних добрив, можна в певних межах регулювати хімічний склад урожаю.

Використовуючи параметри вмісту основних елементів живлення в складових урожаю (див. табл. 2) та значення врожайності насіння сої (Рис.) розраховали господарське вилучення з ґрунту елементів живлення. Цей показник також залежить від структури урожаю сої – співвідношення між насінням і соломою.

Розрахунки показали, що в насінні й соломі сої елементи живлення містяться не лише в різній кількості, але й у різному співвідношенні (Табл. 3).

Загалом, серед досліджуваних елементів живлення, з насінням соя з ґрунту найбільше виносить азоту, і найменше – калію, а з соломою калію виноситься навіть більше, ніж азоту (закономірність порушується лише на деяких варіантах). Також з насінням виноситься з ґрунту багато фосфору – 16-38 кг P₂O₅/га залежно від варіанту удобрення.

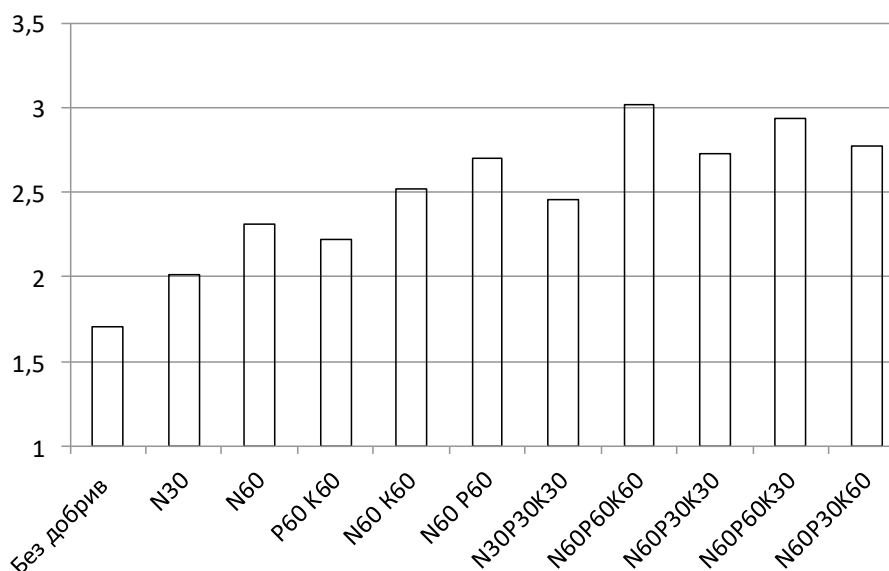


Рис. Вплив доз (кг д.р./га) і комбінації добрив, внесених під сою у 4-пільній сівозміні, на врожайність насіння сої (т/га)

Внесення максимальних доз добрив на 1 га сівозмінної площі ($N_{110}P_{60}K_{80}$), призвело до збільшення, порівняно з ділянками без добрив, винесення з урожаєм сої (господарське винесення) азоту на 102 %, фосфору – 86 і калію – на 100 %.

Таблиця 3

Господарське винесення основних елементів живлення соєю за різних доз і комбінації добрив у польовій сівозміні

Елемент живлення	Варіант досліджу										
	Без доб-рив	N ₃₀	N ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀
Винесено елементів живлення, кг/га											
з насінням											
Азот	84	106	119	109	134	147	127	166	149	161	147
Фосфор	16	20	23	27	24	38	29	43	33	41	34
Калій	19	24	27	27	31	31	30	39	34	37	34
з соломом											
Азот	6	8	10	7	11	12	10	14	12	13	12
Фосфор	19	24	27	27	29	34	29	38	33	36	34
Калій	21	26	29	29	33	33	32	41	36	39	37
господарське винесення (сума)											
Азот	90	114	129	116	145	159	137	180	161	174	159
Фосфор	35	44	50	54	53	72	58	81	66	77	68
Калій	40	50	56	56	64	64	62	80	70	76	71

Нині в господарствах рослинницького напрямку гостро стоїть проблема органічних добрив. Тому важливим є залишення на полях нетоварної частини врожаю, що є одним із засобів повернення органічного вуглецю, а разом і елементів живлення, в ґрунт. Як видно з даних табл. 4, з соломом сої виноситься значна кількість елементів живлення, які можна повернути у ґрунт. З практичного погляду для розрахунку доз добрив важливо знати, яка частка елементів живлення, використаних рослинами для формування господарського врожаю, повернеться в ґрунт у разі залишення на полі на добриво нетоварної продукції.

Розрахунки показали, що з соломом сої у ґрунт повертається лише 6-8 % азоту, але від 47 до 54 % фосфору й калію від усієї маси елементів, винесеної врожаєм. Однак багато що залежить від варіанту удобрення – можливість повернення зростає з підвищенням доз мінеральних добрив, особливо азотних. Відомо, що калій в рослинах не утворює складних органічних сполук, а тому після надходження в ґрунт із соломом сої

буде легкодоступним наступним культурам сівозміни. Це потрібно враховувати у схемі застосування калійних добрив у сівозміні.

Дані табл. 4 показують, що параметри відносного винесення елементів живлення соєю залежать від системи удобрення. Винесення азоту насінням сої залежно від удобрення змінюється від 48,7 до 54,9 кг/т.

Таблиця 4

Відносне винесення з ґрунту основних елементів живлення з насінням і соломкою сої залежно від доз і співвідношення добрив у сівозміні

Варіант досліджу	Відносне винесення елементів живлення з частинами урожаю, кг/т					
	з насінням			з соломкою		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	48,7	9,5	11,2	2,8	9,3	10,2
N ₃₀	50,6	9,7	11,3	3,2	9,4	10,3
N ₆₀	51,6	9,8	11,5	3,5	9,6	10,5
P ₆₀ K ₆₀	48,9	12,0	12,1	2,8	10,0	10,9
N ₆₀ K ₆₀	53,3	9,7	12,2	3,5	9,5	11,0
N ₆₀ P ₆₀	54,5	14,1	11,3	3,6	10,6	10,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	51,6	11,9	12,2	3,3	10,0	10,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	54,9	14,2	12,8	3,8	10,6	11,3
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	54,3	12,1	12,3	3,6	10,1	10,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	54,7	13,9	12,5	3,8	10,3	10,9
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	53,0	12,3	12,4	3,6	10,3	11,2

Параметри винесення фосфору і калію з насінням сої є стабільними, але винесення фосфору частково зростає за посилення фосфорного живлення рослин у сівозміні. З одиницею маси соломи, порівняно з насінням, соя виносить із ґрунту менше азоту, але значно більше калію й фосфору.

Як уже зазначалось, у практиці, для розрахунку доз добрив, особливо у разі видалення нетоварної частини врожаю з поля, використовується показник винесення елементів живлення на одиницю основної і відповідну кількість нетоварної продукції. Винесення основних елементів живлення з однією тонною насіння та відповідною масою соломи не є постійною величиною, а варіює у певних межах залежно від рівня врожайності, доз добрив і ґрунтово-кліматичних умов. Як видно з порівняння узагальнених середніх даних і діапазонів витрат елементів живлення на формування одиниці врожаю сої, ці параметри в умовах проведення дослідів є досить стабільними, тобто, діапазон варіювання є незначним (Табл. 5).

Таблиця 5

Середнє відносне винесення з ґрунту основних елементів живлення з урожаєм сої у польовій сівозміні

Елемент живлення	Середнє у сівозміні винесення елементів живлення з урожаєм, кг/т		
	з насінням	з соломкою	з насінням і відповідною масою соломи
Азот (N)	<u>52,4</u> 48,7–54,9	<u>3,4</u> 2,8–3,8	<u>56,4</u> 52,0–59,4
Фосфор (P ₂ O ₅)	<u>11,7</u> 9,5–14,2	<u>10,0</u> 9,30–10,6	<u>23,7</u> 20,6–26,9
Калій (K ₂ O)	<u>12,0</u> 11,2–12,8	<u>10,7</u> 10,2–11,3	<u>24,0</u> 23,4–26,4

Примітка. Над рискою – середнє значення, під рискою – діапазон варіювання по варіантах.

Як видно з даних табл. 5, з однією тонною зерна соя виносить у середньому 52,4 кг азоту і лише 3,4 кг – з 1 т соломи. Відносні винесення із ґрунту фосфору й калію на формування врожаю насіння й відповідної маси соломи, порівняно з азотом, суттєво менші – 23,7 та 24,0 кг/га.

На формування урожаю одиниці товарної і відповідної маси нетоварної продукції соя засвоює елементи живлення у такому співвідношенні N : P₂O₅ : K₂O = 1 : 0,4 : 0,4. Параметри

відносного винесення основних елементів живлення різними частинами урожаю сої мають неоднакову стабільність, що характеризується коефіцієнтом стабільності (Табл. 6).

Таблиця 6
Коефіцієнт стабільності відносного винесення
з ґрунту елементів живлення соєю

Елемент живлення	Коефіцієнт стабільності відносного винесення ($K_{\text{стаб}}$)		
	з насінням	з соломою	з насінням та соломою
Азот	8,5	3,4	7,6
Фосфор	2,5	7,7	3,8
Калій	7,5	9,7	8,0

Це пояснюється, очевидно, законами генетичної спадковості рослин. Так, найстабільнішим є вміст азоту в насінні, а калію й фосфору – в соломі.

4. Висновки

1. Вміст основних елементів живлення в урожаї сої істотно залежить від доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні. Особливо це стосується азоту і меншою мірою – калію.

2. У господарському вилученні елементів живлення з урожаєм зерна сої найбільшу частку становить азот (90-180 кг/га), потім – P_2O_5 (36-81) і K_2O – (40-80 кг/га) залежно від насиченості добривами сівозміни.

3. На формування 1 т зерна та відповідної маси соломи залежно від доз і співвідношень добрив у сівозміні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу соя засвоює 52,0-59,4 кг азоту, 20,6-26,9 кг P_2O_5 і 23,4-26,4 кг K_2O , або в середньому відповідно 56,4; 23,7 і 24,0 кг.

4. З соломою сої у ґрунт повертається 6-8 % азоту, 47-54 – фосфору і 51-52 % калію від господарського винесення, що залежить від системи удобрення.

5. На формування одиниці врожаю насіння та відповідної маси соломи соя засвоює N, P_2O_5 і K_2O у такому співвідношенні мас: 1 : 0,4 : 0,4.

Список використаних джерел

1. Єщенко В.О., Опришко В.П. Екологічні основи проектування польових сівозмін. 3б. наук. праць Уманського с.-г. інституту. Київ: Сільгоспсвіта, 1994. С. 31-36.
2. Волкогон В.В., Бердніков О.М., Лопушняк В.І. Екологічні аспекти системи удобрення сільськогосподарських культур. За ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука. 2019. 264 с.
3. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений. *Агрохимия*. 1991. №3. С. 35-48.
4. Клименко І.І. Вплив системи удобрення на продуктивність культур ланки зерно-просапної сівозміни та родючість темно-сірого опідзоленого ґрунту: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2015. 22 с.
5. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г.М. Господаренко, В.І. Невлад, І.В. Прокопчук [та ін.]. За заг. ред. Г.М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 324 с.
6. Складові технології вирощування сої / Г.М. Господаренко, О.М. Бахмат, І.В. Прокопчук [та ін.]. За заг. ред. Г.М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М.М.», 2018. 208 с.
7. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands: Elsevier/Academic Press, 2012. 684 p.
8. Справочник по зерновым культурам / Под ред. И. М. Карасюка. Киев: Урожай, 1991. 320 с.
9. Баранов В.Ф., Корреа У.Т. Сортовая специфика возделывания сои. Краснодар: ВНИИМК, 2007. 84 с.
10. Agren G.I., Weih M. Plant stoichiometry at different scales: element concentration patterns reflect environment more than genotype. *New Phytologist*. 2012. 194: 944-952. doi:10.1111/j.1469-8137.2012.04114.x
11. Ягодин Б.А., Буторина Е.П., Феофанов С.Н. Уточнение некоторых вопросов применения тканевой диагностики в регулировании азотного питания озимой пшеницы. *Агрохимия*. 1993. №4. С. 19-28.
12. Господаренко Г.М. Основні принципи побудови системи удобрення в польовій сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство* (спецвипуск). Кн. 3. Харків, 2002. С. 200-203.
13. Ивойлова А.В., Шильников И.А., Шелкунова А.В. Вынос N, P, K и Ca культурами зернопопашного севооборота. *Агрохимия*. 1990. №1. С. 26-32.
14. Нікітіна О.В. Зміна калійного стану чорнозему опідзоленого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Харків, 2017. 23 с.

15. Acher C.J., Ozanne P.L. Calcium and potassium content of plant in solution cultures maintained at constant potassium concentration. *SoilSci*. 1963. V. 103. P. 155.
16. Вибрані праці академіка В. І. Вернадського. Київ, 2011. Т. 1. Кн. 2. 584 с.
17. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина / За ред. А.І. Фатєєва., В.П. Самохвалової. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
18. Загорча К.Л. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах. Кишенев: Штиинца, 1990. 288 с.
19. Ильин В.Б. Элементарный химический состав растений. Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.
20. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. Москва: Агропромиздат, 1991. 415 с.
21. Ткаченко М.А., Драч Ю.О. Видове генотипне співвідношення елементів живлення як основа оптимізації удобрення сільськогосподарських культур. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. Вип. 1. С. 113-123.
22. Юркин С.Н., Пименов Е.А., Макаров Н.Б. Почвенно-зональные различия расхода питательных веществ в связи с применением удобрений. *Агрохимия*. 1979. №12. С. 127-130.
23. Носко Б.С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків: ФОП «Бровін О.В.», 2017. 476 с.
24. Стаціонарні польові досліді України. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.
25. Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору і калію в одній наважці рослинного матеріалу: МБВ 31–497058–019–2005. Методика визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків: Типографія №13, 2005. Кн. 2. С. 189-208.
26. Синицький О.М., Батюк О.Я. Економетрія. Львів: Сполом, 2011. 210 с.
27. Туева О.Ф. Фосфор в питании растений. Москва: Наука, 1966. 296 с.

UDC 631.81+633.34

Soybean uptake of essential nutrients from soil and fertilizers

H.M. Hospodarenko*, I.V. Prokopchuk, V.P. Boiko

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

*E-mail: hospodarenko@gmail.com

The effect of prolonged use of different doses and ratios of mineral fertilizers in 4-field crop rotation on the content of essential nutrients in soybean plants investigated. The work was carried out in a stationary field experiment on chernozem podzolized heavy-loam in the Right-bank Forest Steppe of Ukraine. The article presents the average yield data of soybean and the composition of plant products according to the determinations during 2016-2018, at the time of the second crop rotation. The experiment scheme includes 11 variants of combinations and separate application of mineral fertilizers and, including, the control variant without fertilizer. In the experiment, where the average dose of crop rotation nutrition per hectare is $N_{110}P_{60}K_{80}$, full (100 %) compensation of essential crop nutrients removal by fertilizers is planned. Comparison of the mass of nutrients introduced into the soil with mineral fertilizers with the content of the elements in seeds and straw of soybean determined the close direct correlation according to the following indicators: nitrogen ($R^2=0,82-0,92$); phosphorus ($R^2=0,69-0,80$); potassium ($R^2=0,63-0,68$). Application of $N_{110}P_{60}K_{80}$ on 1 ha of crop rotation area, compared to areas without fertilizers, increases nitrogen absorbing with the soybean yield by 102%, phosphorus by 86 % and potassium by 100%. It shown that soybean absorbs 52.0-59.4 kg of nitrogen, 20.6-26.9 kg of P_2O_5 , and 23.4-26.4 kg of K_2O by forming 1 ton of seeds and an appropriate amount of straw, depending on the doses and fertilizer ratios in the rotation. With soybean straw, 6-8% of nitrogen return to the soil, 47-54% of phosphorus and 51-52% of potassium from the entire mass of the elements, removed by the harvest (economic removal), depending on the fertilizer system.

Keywords: essential nutrients; fertilizer; seeds; soil; soybean; straw.

Citing: Hospodarenko H.M., Prokopchuk I.V., Boiko V.P. 2020. Soybean uptake of essential nutrients from soil and fertilizers.

Agrochemistry and Soil Science. Collected papers. No. 89. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 63-70. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-07>.