БАЛАНС ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

С. П. ТАНЧИК, доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-4975-7720, професор кафедри землеробства та гербології
Д. В. ЛІТВИНОВ, доктор сільськогосподарських наук, orcid.org/0000-0001-6589-3805, доцент кафедри землеробства та гербології
Національний університет біоресурсів і природокористування України
В. В. СІНЧЕНКО, аспірант*, orcid.org/0000-0002-1459-874X
E-mail: TanchykSP@i.ua, litvinovdv2018@ukr.net, sinchenko2020@ukr.net

Анотація. У статті наведено результати досліджень балансу біогенних елементів чорнозему типового за вирощування сої залежно від обробітків ґрунту та попередників. Встановлено, що ефективним за вирощування сої на чорноземі типовому є поповнення азоту завдяки симбіотичній азотфіксації. Залежно від основного обробітку ґрунту та попередника, кількість азоту фіксованого з повітря за вирощування сої становить від 78 до 130 кг/га.

У системі «рослина-добриво» за розміщення сої після зернових колосових культур, найвищий дефіцит азоту (18 кг/га в рік) створювався у варіанті безполицевого (чизель-глибокорозпушувач) обробітку ґрунту на 20-22 см. За розміщення сої після кукурудзи на зерно дефіцит азоту (-2 кг/га), а після соняшнику (-7 кг/га) отримано у варіанті з полицевим обробітком ґрунту (оранка) на 20-22 см. Вибір сої як попередника для сої забезпечив бездефіцитний баланс азоту незалежно від основного обробітку ґрунту. Інтенсивність балансу азоту за розміщення сої після зернових колосових культур становила від 91 до 100 %, після кукурудзи на зерно – від 99 до 109 %, соняшнику – від 96 до 108 % і сої – від 100 до 105 %.

Встановлено, що у всіх досліджуваних варіантах надходження фосфору з мінеральними добривами й побічною продукцією переважало винос з урожаєм, що в кінцевому підсумку забезпечило його позитивний баланс (від 40,9 до 49,6 кг/га за рік). У разі загальної високої продуктивності культури, позитивний баланс калію формувався на рівні 100-137 % відносно винесення врожаєм. За вирощування сої досліджувані попередники й обробітку ґрунту забезпечували формування позитивного балансу калію від 54,6 до 88,4 кг/га в рік.

Ключові слова: соя, попередник, основний обробіток ґрунту, баланс біогенних елементів

* Науковий керівник – Танчик С.П. доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН

Актуальність.

Науковими дослідженнями доведено, що в умовах польової культури у разі недостатнього застосування добрив і відсутності бобових рослин відбувається поступове зниження вмісту органічної речовини й біогенних елементів у ґрунті (Захарченка І.Г. та ін., 1968; Цвей Я.П. та ін., 2012).

Це зумовлено не лише впливом антропогенних чинників, але й відчуванням елементів з урожаєм сільськогосподарських культур. Балансові розрахунки поживних речовин у системі «ґрунт-рослина» є підставою для розроблення заходів із підвищення продуктивності сільськогосподарських культур без втрат родючості ґрунту.

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур базуються на зменшенні економічних витрат на їхнє вирощування за одночасного зниження біогенного навантаження на агроecosистему. За умов гострого дефіциту виробництва й застосування мінеральних добрив, вирощування сої заслуговує особливої уваги, оскільки дає змогу досягти високих показників продуктивності на засадах екологічно збалансованого й економічно ефективного застосування засобів інтенсифікації, насамперед завдяки фіксації біологічного азоту (Літвінов Д.В. та ін., 2007; Ермолаєв Н.Н. і др., 2014). За даними Захарченка І.Г. та ін. (1968), багаторічні трави (еспарцет, люцерна й конюшина) внаслідок фіксації атмосферного азоту накопичують 70-75 %, горох, соя – 40-50 %, люпин, кормові боби – 60-65 % від загального азоту в біомасі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Контролювання й регулювання на науковому рівні балансу елемен-

тів живлення рослин у землеробстві є актуальною проблемою сучасного ведення аграрного бізнесу (Boyko P. et al., 2019; Esaulko et al., 2016; Центилю Л.В. & Цюк О.А., 2016). Ця проблема набуває першочергового значення у зв'язку із необхідністю розроблення і впровадження невідкладних заходів для збереження родючості ґрунту (Kuts O. et al., 2020; Parent S.E. et al., 2012; Цвей Я.П., та ін., 2008). Що особливо актуально в сучасних умовах інтенсивного використання землі та відсутності контролю за збереженням родючості ґрунту агровиробниками.

Знання балансу елементів живлення є науковою основою розроблення сучасної системи удобрення сільськогосподарських культур та ефективного управління їхньою продуктивністю. Важливим є те, що балансові розрахунки дають можливість встановити недоліки сучасної системи удобрення та оптимізувати її через визначення норм і співвідношень мінеральних і органічних добрив (Гаманюнова В.В. & Томницький А.В., 2013). Підвищення продуктивності високоінтенсивних сільськогосподарських культур мусить унеможливити від'ємний баланс елементів живлення, тобто не знижувати родючості ґрунту (Господаренко Г.М. & Черно О.Д., 2016; Танчик С.П. та ін., 2015). Слід зазначити, що в науковій літературі розрахунки балансу поживних речовин ц системі «ґрунт-рослина» за розміщення сої після різних попередників і обробітків ґрунту представлено недостатньо, що й зумовило дослідження цього питання.

Мета досліджень – встановлення параметрів балансу біогенних елементів агроценозу сої залежно від попередників та обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень.

Польові дослідження виконувались у ТОВ «Вікторія Агро» с. Бурти Кагарлицького району Київської області на чорноземі типовому. За даними агрохімічного аналізу вихідних зразків, уміст гумусу в орному шарі 3,84 %, лужногідролізованого азоту – 182 мг/кг, рухомого фосфору – 106 мг/кг, рухомого калію – 81 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{сол.}}$ – 6,90. Схема досліду включала вивчення впливу основного обробітку ґрунту й попередників за вирощування сої. Попередники: 1. Пшениця озима (контроль); 2. Ячмінь ярий; 3. Кукурудза на зерно; 4. Соняшник; 5. Соя. Обробіток ґрунту: 1. Полицевий (оранка) на 20–22 см (контроль); 2. Безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см; 3. Безполицевий (дискова борона) на 12–14 см; 4. Безполицевий (дискова борона) на 6–8 см; 5 Пряма сівба.

Розмір посівної ділянки 250 м², облікової 180 м², повторність досліду чотириразова, розміщення ділянок – рендомізоване. Агротехніка в досліді загальноприйнята для зони. Баланс азоту, фосфору, калію розраховано за методичними вказівками кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України (Макаренко В.М. та ін., 2003).

Для складання господарського балансу вирощування сільськогосподарських культур, враховуються такі статті: перше, це витрати поживних речовин із ґрунту (винос з урожаєм, непродуктивні витрати азоту азотних добрив, та надходження біогенних елементів (з добривами й насінням), для азоту розраховували його кількість, яка надійшла внаслідок фіксації

атмосферного азоту мікроорганізмами (вільноживучими, бульбочковими в посівах бобових культур, внаслідок фіксації азоту тощо).

Результати досліджень та їх обговорення.

За результатами проведених нами досліджень зроблено розрахунки балансу NPK у ґрунті за розміщення сої після різних попередників і основного обробітку ґрунту. Баланс азоту (N) у ґрунті за вирощування сої після досліджуваних попередників і обробітків ґрунту наведено в таблиці 1.

Зважаючи на загальну кількість азоту в біомасі рослин сої, кількість азоту атмосфери, що надійшла в ґрунт внаслідок симбіотичної фіксації, варіював у межах від 78 до 130 кг/га залежно від розміщення сої після різних попередників і обробітку ґрунту. За розміщення сої після зернових колосових культур (пшениця озима і ячмінь ярий) найвищі значення надходження біологічного азоту внаслідок симбіотичної азотфіксації азоту отримано за проведення безполицевого обробітку ґрунту (чизель) на 20–22 см – 130 і 125 кг/га відповідно, після кукурудзи й соняшнику у варіанті із проведенням оранки на 20–22 см – 100 і 109 кг/га, а за розміщення після сої у варіантах із безполицевим обробітком ґрунту (чизель) на 20–22 см і мілким обробітком (дискова борона) на 12–14 см – 109 кг/га.

Розрахунки балансу азоту в системі рослина-добриво показали, що за розміщення сої після зернових колосових культур створювався дефіцит азоту, який залежно від обробітку ґрунту становив за оранки і безполицевого обробітку ґрунту (чизель) на 20–22 см у межах 14–18 кг/га, за

мілкого на 12-14 і поверхневого на 6-8 см – від 6 до 13 кг/га, у варіанті з прямою сівбою до 3 кг/га.

За розміщення після кукурудзи на зерно дефіцит балансу азоту (2 кг/га) отримано у варіанті з полицевим об-

робітком ґрунту (оранка) на 20-22 см, за проведення інших обробітків він мав позитивне значення у межах +2-11 кг/га. Після соняшнику бездефіцитний баланс азоту отримано у варіантах із проведенням поверхневого

Таблиця 1. Баланс азоту за вирощування сої, середнє за 2015 – 2017 рр.

Попередник	Основний обробіток ґрунту*	Винос азоту, кг/га	Надійшло в ґрунт, кг/га			Баланс		Інтенсивність балансу, %
			фіксованого з повітря, кг/га	з добривами	з насінням	кг/га	%	
Пшениця озима (контроль)	1	189	123	45	7	-14	-7	93
	2	200	130	45	7	-18	-9	91
	3	178	117	45	7	-9	-5	95
	4	178	117	45	7	-9	-5	95
	5	157	102	45	7	-3	-2	98
Ячмінь ярий	1	172	112	45	7	-8	-5	95
	2	192	125	45	7	-15	-8	92
	3	187	121	45	7	-13	-7	93
	4	170	112	45	7	-6	-4	96
	5	148	96	45	7	0	0	100
Кукурудза на зерно	1	154	100	45	7	-2	-1	99
	2	139	91	45	7	4	3	103
	3	144	94	45	7	2	1	101
	4	124	81	45	7	10	8	108
	5	119	78	45	7	11	9	109
Соняшник	1	168	109	45	7	-7	-4	96
	2	152	99	45	7	-1	-1	99
	3	157	102	45	7	-2	-1	99
	4	137	90	45	7	5	4	104
	5	122	80	45	7	10	8	108
Соя	1	158	106	45	7	0	0	100
	2	162	109	45	7	-1	0	100
	3	162	109	45	7	-1	0	100
	4	153	103	45	7	2	1	101
	5	140	95	45	7	7	5	105

Примітка. 1. Полицевий (оранка) на 20-22 см (контроль); 2. Безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см; 3. Безполицевий (дискова борона) на 12–14 см; 4. Безполицевий (дискова борона) на 6–8 см; 5. Пряма сівба.

обробітку ґрунту (дискова борона) на 6–8 см і прямої сівби, відповідно +5 і 10 кг/га, а дефіцитний (7 кг/га в рік) за полицевого основного обробітку ґрунту. Розміщення сої після сої забезпечило бездефіцитний баланс азоту у варіантах з проведенням оранки на 20–22 см, безполицевого обробітку (чизель) на 20–22 см і мілкового обробітку (дискова борона) на 12–14 см. За проведення поверхневого обробітку (дискова борона) на 6–8 см і прямої сівби баланс був позитивним і складав відповідно +2 і +7 кг/го. Отже, залежно від попередника і обробітку ґрунту винос азоту врожаєми сої не значно перевищувало його надходження, інтенсивність балансу становила 91–109 %. Серед попередників слід відмітити розміщення сої після сої, яке забезпечує екологічно безпечний рівень відшкодування виносу азоту у межах 100–105 %.

Розрахунки балансу фосфору показали, що винос фосфору урожаєм насіння сої складає від 21,4 до 36,4 кг/га залежно від її розміщення після попередників і обробітку ґрунту (рис. 1).

Аналізуючи вплив попередників сої слід зазначити, що за розміщення сої після зернових колосових культур і сої рівень виносу фосфору був вищим порівняно із розміщенням після кукурудзи на зерно і соняшник у межах 6–11 кг/га. Щодо обробітків ґрунту, то найвищими значеннями характеризувалися варіант з оранкою і безполицевим обробітком ґрунту (чизель) на 20–22 см (27,7–34,3 і 25,0–36,4 кг/га відповідно), а найменшими варіанти прямої сівби (21,4–28,5 кг/га). Встановлено, що у всіх досліджуваних варіантах надходження фосфору з мінеральними добривами і побічною продукцією переважало винос з урожаєми, що в кінцевому підсумку забезпечило його позитивний баланс (від 40,9 до 49,6 кг/га за рік). Колообіг калію за сільськогосподарського використання ґрунту, зокрема, чорноземів, дещо відмінний від колообігу азоту і фосфору (рис. 2).

У більшості сільськогосподарських культур вміст калію в побічній продукції вище, ніж у товарній, тобто, ступінь повернення калію у

Примітка. 1. Полицевий обробіток ґрунту (оранка) на 20–22 см (контроль); 2. Безполицевий обробіток ґрунту (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см; 3. Безполицевий обробіток ґрунту (дискова борона) на 12–14 см; 4. Безполицевий обробіток ґрунту (дискова борона) на 6–8 см; 5. Прямая сівба.

Рис. 1. Баланс фосфору за вирощування сої, середнє за 2015–2017 рр., кг/га

Примітка. 1. Полицейський обробіток ґрунту (оранка) на 20–22 см (контроль); 2. Безполицейський обробіток ґрунту (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см; 3. Безполицейський обробіток ґрунту (дискова борона) на 12–14 см; 4. Безполицейський обробіток ґрунту (дискова борона) на 6–8 см; 5. Прямий сів.

Рис. 2 Баланс калію за вирощування сої, середнє за 2015–2017 рр., кг/га

ґрунт із нетоварної масою врожаю (наприклад із соломом, стеблами безпосередньо як з органічним добривом, або опосередковано через гній) значно вищий, ніж азоту і фосфору, а відчуження безповоротно з поля з врожаєм товарної продукції навпаки нижче. Коефіцієнт використання калію з добрива в рік його внесення в ґрунт сягає 50–60 % (на відміну від фосфору – 20 %), частина калію добрива поповнює запаси обмінного калію в ґрунтового розчині, тобто залишається доступною рослинам. Джерелом поповнення обмінного калію в ґрунті служить необмінний калій силікатних мінералів ґрунту, який, внаслідок фізико-хімічних реакцій в ґрунті (взаємодія мінералів з вуглекислою водою, солями Са, Mg), трансформується в обмінну форму і надходить у ґрунтовий розчин. Тому, навіть за високої забезпеченості ґрунту обмінним калієм рослини одночасно використовують і необмінну його форму.

Результати проведених досліджень показали, що баланс калію в ґрунті

був позитивним і в середньому на 1 га складав від 54,6 до 88,4 кг/га, залежно від досліджуваних варіантів. За найменших значень у варіанті розміщення сої після сої найвищих після зернових колосових культур.

Висновки.

Ефективним за вирощування сої на чорноземі типовому є поповнення азоту внаслідок симбіотичної азотфіксації. На фоні застосування добрив і обробітків ґрунту кількість азоту фіксованого з повітря за вирощування сої становить від 78 до 130 кг/га. Інтенсивність балансу за розміщення сої після зернових колосових культур азоту становила від 91 до 100 %, після кукурудзи на зерно – від 99 до 109 %, соняшнику – від 96 до 108 % і сої – від 100 до 105 %. Урівноважений і позитивний баланс калію за загальною високою продуктивністю культур формувалася у разі його повернення в ґрунт із добривами та побічною продукцією на рівні 100–137 % відносно внесення врожаєм. За вирощування

сої досліджувані попередники і обробітку ґрунту забезпечували формування позитивного балансу фосфору від 40,9 до 49,6 кг/га і калію від 54,6 до 88,4 кг/га в рік.

References

1. Boyko P., Litvinov D., Demidenko O., Blashchuk M., Rasevich V. (2019). Prediction humus level of black soils of forest-steppe Ukraine depending on the application of crop rotation, fertilization and tillage International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJES) Vol. 9 (1): 155-162. <https://doi.org/10.31407/ijees9118>.
2. Kuts O., Paramonova T., Mykhailyn V., Mozgovskyy O., Semenenko I., Romanov O., Romanova T. (2020). Produktivnist' lanky ovoche-kormovoi sivozminu, nakopychennia energii ta balans elementiv zhyvlennia zalezno vid systemy udobrennia [Productivity component vegetables and forage crop rotation energy accumulation and balance of nutrients elements, depending on fertilization system] Vegetable and Melon Growing. 55-65. 10.32717/0131-0062-2019-66-55-65 [in Ukrainian].
3. Esaulko, A.N., Grechishkina, Y. I., Sigida, M. S., Korostilev, S. A., Golosnoi, E. V. (2016). The Influence of Fertilizer Systems on the Content of Various Forms of Potassium and Nutrition Mode of Humus. Oriental Journal Of Chemistry. 32(6). 3189-3199. <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/320642>.
4. Gamaianova V.V., Tomnytskyi A.B. (2013). Balans osnovnykh elementiv zhyvlennia u ґрунти zalezno vid vnesennia mineral'nykh dobryv pid nut. [Balance of main nutrients in the soil, depending on fertilization during chick] Visnyk agrarnoi nauky Prychornomoria, 1, 103-108 [in Ukrainian].
5. Gospodarenko G.M., Cherny O.D. (2016). Balans azotu v ґрунті pol'ovoi sivozminy za 50-richnogo zastosuvannia dobryv [The balance of nitrogen in soils of field crop rotation when a 50-year application of fertilizers] Migvidomchyi temanychnyi naukovyi zbirnik «Zemlerobstvo» K.:PV «Edel'veis», 2, 22-29 [in Ukrainian].
6. Zakharchenko I.G., Shilina L.I., Loginov Y.N., and others. (1968). Zastosuvannia N15 pry vyvchenni vykorystannia roslynamy ta peretvorennia v grynti azotu dobryv [The use of N15 in the study of plant use and conversion of nitrogen fertilizers in soil] Visnyk sil'skogospodars'koi nauky, № 10, 56–61 [in Ukrainian].
7. Litvinov D.V., Gordienko T.I., Tovstenko M.P. (2007) Vynos pogyvnykh rehovyn sil's'kogospodars'kymy kul'turamy u korotkorotatsiinykh sivozminakh [Bearing-out of nutritives by the harvests of cultures in the system of the crop rotation] Zbirnyk naukovykh prats' NNTS «Instytut zemlerobstva UAAN». K.: VD «EKMO», 2, 12–16 [in Ukrainian].
8. Makarenko V.M., Rozstalnyi V. YE., Marchuk I.U., ta in. (2003) Sistema zastosuvannia dobryv: Metodychni vказivky. K.: NAU. 65.
9. Yermolaiev N. N., Shylyna L. I., Litvinov D. V., Tovstenko N. P. (2014). Balans elementov pytanyia v korotkorotatsionnykh sevooborotakh na chernozemakh Levoberezhnoi Lesostepy Ukrainy [Balance of feeding elements in short-rotation crop rotations on black soils of left-bank forest-steppe of Ukraine]. Vestnik Belorusskoi hosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii. Horky. 1. 59-63. [in Russian].
10. Parent S.É., Parent L.E., Rozanne D.E., Hernandez A. and Natale W. (December 12th 2012). Nutrient balance as paradigm of plant and soil chemometricsNutrient Balance as Paradigm of Soil and Plant Chemometrics, Soil Fertility, Roland Nuhu Issaka, IntechOpen, DOI: 10.5772/53343. Available from: <https://www.intechopen.com/books/soil-fertility/nutrient-balance-as-paradigm-of-plant-and-soil-chemometricsnutrient-balance-as-paradigm-of-soil-and->

11. Tanchik S.P., Tsyuk O. A., Tsentylo L.V. (2015) Naukovi osnovy zemlerobstva: Monograph [Scientific fundamentals of agriculture]. Vinnytsia: TOV „Nilan-LTD”, 314.
12. Tsvey Y.P., Ivanina V.V., Tsebro Y. M., ta in. (2012) Balans elementiv zhyvlennia v zerno-buriakovii sivozmini zalezno vid systemy udobrennia [Balance of nutrients in grain-beet crop rotation depending on fertilizer system] Visnyk agrarnoi nauky, 1, 33-37. [in Ukrainian].
13. Tsvei Ya. P., Petrova O. T., Klymchuk S. M., Odrekhovskiy A. F. ta in. (2008) Balans elementiv zhyvlennia v sivozminakh Lisostepu Ukrainy [Balance of nutrients in rotation of forest-steppe]. Nauk. visn. NAU, 2008. № 129. S. 239-244. [in Ukrainian].
14. Tsentylo L.V., Tsyuk O. A. (2018) Balans azotu, fosforu i kaliu za zastosuvannia dobryv [Balance of nitrogen, phosphorus and value for application fertilizer] Naukovi dopovidi Nubip, 5 (75), <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.05.020/10152> [in Ukrainian].

S.P. Tanchyk, D.V. Litvinov, V.V. Sinchenko (2020). BALANCE OF NUTRITION ELEMENTS FOR CULTIVATION OF SOYBEAN IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE. PLANT AND SOIL SCIENCE, 11(2): 5–12. <https://doi.org/10.31548/agr2020.02.005>

Abstract. The results of studies of the balance of biogenic elements of chernozem typical of soybean cultivation, depending on soil cultivation and various predecessors, are presented in the article. Nitrogen replenishment by symbiotic nitrogen fixation is found to be effective for soybean cultivation on black soil. Depending on the basic tillage and the predecessors, the amount of nitrogen fixed from the air for soybean cultivation ranges from 78 to 130 kg/ha.

In the system “plant-fertilizer” for the placement of soybeans after cereals, high nitrogen deficiency (18 kg/ha per year) was created in the variant of soil cultivated without soil tillage by 20-22 cm (chisel-deep-tiller). When placing soybeans after corn, nitrogen deficiency (- 2 kg/ha), and after sunflower (-7 kg/ha) obtained in the variant during plowing by 20-22 cm. Choice of soybean as a predecessors for soybeans provided a no deficit balance of nitrogen regardless of the main processing soil. The nitrogen balance intensity for soybean placement after cereal crops ranged from 91 to 100%, after corn for grain - from 99 to 109%, sunflower – from 96 to 108% and soybeans - from 100 to 105%.

It was established that in all the studied variants, the supply of phosphorus of the with mineral fertilizers and plant residues was dominated by the takeaway with crops, which ultimately ensured its positive balance (from 40,9 to 49,6 kg/ha per year). With an overall high productivity of the crop, a positive potassium balance was formed at the level of 100-137% relative to the yield. For soybean cultivation, the studied predecessor and systems of tillage the formation of a positive potassium balance from 54,6 to 88,4 kg/ha per year.

Key words: soybeans, chernozem typical, tillage, nitrogen, balance of nutrients.