

БАЛАНС МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В ІНТЕНСИВНИХ СІВОЗМІНАХ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

В. І. Чабан, кандидат сільськогосподарських наук;

О. Ю. Подобед

Інститут сільського господарства степової зони НААН України

Розраховано баланс мікроелементів в інтенсивних сівозмінах. Встановлено, що при формуванні врожаю сільськогосподарських культур за рахунок потенціалу ґрунту баланс мікроелементів різко від'ємний. На фоні внесення мінеральних добрив він залишався негативним, а дефіцит Zn зростав на 16–26 %. Проявлялась тенденція до зниження вмісту потенційно доступних форм Mn, Co, Pb, Zn у ґрунті. Наявність в системі удобрення гною сприяє формуванню позитивного балансу МЕ. По органічній системі удобрення перевищення надходження Zn, Cu, Mn над їх виносом врожаєм становить 2,6–9,5 рази.

Ключові слова: баланс, мікроелементи, чорнозем, сівозміна, системи удобрення.

Система удобрення, як важлива складова технології вирощування сільськогосподарських культур, забезпечує одержання стабільно високих врожаїв продукції рослинництва та збереження родючості ґрунту. При тривалому застосуванні органічних та мінеральних добрив в сівозміні у біологічний кругообіг залучається значна кількість макро- і мікроелементів (МЕ). Без вивчення особливостей надходження та витрат елементів живлення у землеробстві неможливо контролювати і свідомо впливати на обмін поживних речовин в системі «добриво – ґрунт – рослина». На необхідність вивчення балансу не тільки азоту, фосфору, калію, але й мікроелементів вказують наукові праці багатьох вчених [1, 2, 3, 4].

Результати агрохімічного обстеження ґрунтового покриву України та Росії свідчать про гострий дефіцит МЕ, зокрема Zn, Mn, у ґрунтах окремих регіонів. Зниження вмісту доступних форм МЕ за інтенсивного застосування добрив викликають: систематичне вапнування, різке зменшення обсягів внесення органічних добрив, використання концентрованих мінеральних і комплексних добрив, підвищення виносу врожаєм елементів живлення без застосування мікродобрив [4, 5, 6, 7, 8]. Тому визначення балансу МЕ надає можливостей вчасно та цілеспрямовано регулювати режим їх накопичення в ґрунтах, прогнозувати і моделювати зміни вмісту залежно від інтенсивності землеробства. Виходячи з вище викладеного, *мета роботи* – розрахувати баланс мікроелементів в інтенсивних сівозмінах зони Степу залежно від систем удобрення.

Дослідження проводили в стаціонарних дослідах лабораторії родючості ґрунтів (Красноградська дослідна станція) і лабораторії сівозмін та природоохоронних систем обробітку ґрунту (Ерастівська дослідна станція). Ґрунтовий покрив відповідно об'єктам досліджень – чорнозем типовий глибокий важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 4,8–5,0 %, загального азоту 0,28–0,30 %, фосфору 0,13–0,14 %, калію 2,1–2,2 %; чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 4,0–4,2 %, загального азоту 0,21–0,23 %, фосфору 0,11–0,12 %, калію 2,0–2,2 %. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,5–6,9). Забезпеченість ґрунтів рухомими формами елементів живлення достатня.

Об'єктом досліджень на Красноградській дослідній станції слугувала п'ятипільна зернова сівозміна з чергуванням культур: горох, озима пшениця, кукурудза на зерно, кукурудза на зерно, ячмінь. У досліді серед 18 різноманітних варіантів насичення сівозміни добривами обрано для вивчення наступні: контроль (без добрив); N₄₈P₄₈K₄₈; гній 12 т/га; гній 6 т/га + N₄₈P₄₈K₄₈. На Ерастівській дослідній станції сівозміна восьмипільна зерно-паро-просапна: чорний пар, озима пшениця, кукурудза на зерно, ячмінь, кукурудза на зерно, горох, озима пшениця, соняшник. У досліді вивчались системи удобрення: контроль (без добрив); мінеральна (N₆₈P₄₈K₄₈); органічна (гній 12,5 т/га); органо-мінеральна (гній 7 т/га + N₃₄P₃₈K₂₆).

При розрахунках середньорічного балансу мікроелементів у сівозмінах до статті надходження включали привнесення МЕ з органічними, мінеральними добривами та посівним матеріалом. Статті витрат враховували винос МЕ врожаєм основної і побічної продукції. Баланс визначали як різницю між надходженням і виносом мікроелементів. Оскільки середня кількість МЕ, що надходять з атмосферними опадами, і втрачається при інфільтрації є величинами одного порядку, їх не враховували при розрахунках [1, 9, 10].

Розміри господарського виносу мікроелементів в інтенсивних сівозмінах залежали перш за все від біологічних особливостей культур, а також від величини врожаю. Разом з тим відповідний показник відображає загальну потребу рослин в МЕ, відповідно якій утворюється ряд: $Zn < Mn < Cu < Ni < Co < Pb < Cd$.

Співставлення статей надходження і виносу МЕ при розрахунках балансу свідчить, що в зерновій сівозміні на чорноземі типовому (Красноградська дослідна станція), у варіанті без застосування добрив він складався різко негативно (табл. 1). Особливо це стосується таких елементів, як Zn та Mn, дефіцит яких становив 114,1 і 74,2 г/га відповідно.

У варіанті з внесенням мінеральних добрив ($N_{48}P_{48}K_{48}$) спостерігали значне підвищення урожайності сільськогосподарських культур і, як наслідок – збільшення виносу МЕ. За таких умов також формується негативний баланс елементів. Застосування туків призвело до зростання на 5–30 % від’ємного балансу цинку, міді, кобальту, нікелю, свинцю порівняно з контролем. Дефіцит Zn збільшився до 131,9 г/га; Cu – 16,5; Co – 6,51; Ni – 11,3; Pb – 4,68 г/га. В той же час баланс марганцю і кадмію хоча і залишався від’ємним, але їхній дефіцит скоротився на 21 і 48 % відповідно. Негативний баланс МЕ за низької і середньої забезпеченості чорноземів цинком і міддю може стати фактором обмеження продуктивності сільськогосподарських культур.

1. Баланс мікроелементів залежно від насичення зернової сівозміни добривами, г/га

Стаття балансу	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Контроль (без добрив)							
Надходження	3,92	1,77	0,42	0,07	0,19	0,066	0,005
Винос	118,0	76,0	16,1	5,04	10,2	4,35	0,25
Баланс	-114,1	-74,2	-15,7	-4,98	-10,0	-4,28	-0,25
$N_{48}P_{48}K_{48}$							
Надходження	6,06	40,7	3,47	0,07	1,40	1,48	0,29
Винос	138,0	99,0	20,0	6,57	12,7	6,16	0,41
Баланс	-131,9	-58,3	-16,5	-6,51	-11,3	-4,68	-0,12
Гній, 12 т/га							
Надходження	339,9	761,4	55,1	3,43	18,2	9,19	0,61
Винос	131,0	98,0	18,9	6,37	13,4	5,39	0,34
Баланс	+208,9	+663,4	+36,2	-2,95	+4,79	+3,80	+0,27
Гній, 6 т/га + $N_{48}P_{48}K_{48}$							
Надходження	174,1	420,7	30,9	1,75	10,4	6,04	0,59
Винос	138,0	99,0	20,0	6,01	13,3	5,62	0,37
Баланс	+36,1	+321,7	+10,9	-4,27	-2,90	+0,42	+0,22

Результати розрахунків вказують на головну роль органічних добрив у надходженні практично всіх елементів. Насичення сівозміни гноєм в межах 12 т/га сприяло формуванню позитивного балансу МЕ за рахунок високого їх вмісту в органічних добривах. Виключення становить Co, баланс якого з незначним дефіцитом (– 2,95 г/га). Однак, враховуючи відсутність гною в агроформуваннях, альтернативним джерелом надходження мікроелементів у ґрунт може бути нетоварна частина врожаю сільськогосподарських культур, і в першу чергу – солома зернових колосових культур.

При сумісному внесенні гною і мінеральних добрив (6 т/га + $N_{48}P_{48}K_{48}$) відмічено

позитивний баланс цинку, марганцю, міді, слабо позитивний – свинцю і кадмію. Разом з тим, навіть насичення ріллі гноєм 6 т/га сівозмінної площі не забезпечує зрівноваженого балансу кобальту і нікелю – він залишався від’ємним (-4,27 і -2,90 г/га).

Відповідність розрахункових даних стану мікроелементного фону ґрунту підтверджується результатами визначення потенційно доступних форм МЕ (табл. 2). Отримані дані свідчать, що у варіанті внесення мінеральних добрив, негативний баланс МЕ зумовлює прояв тенденції зниження вмісту відповідних форм марганцю, кобальту, свинцю в шарах ґрунту 0–25 і 25–40 см, а цинку – в підорному шарі. В той же час на фоні органічних добрив, де відмічено позитивний баланс для більшості елементів, характерною є тенденція до акумуляції потенційно доступних форм цинку та марганцю у кореневмісному шарі ґрунту. Для інших МЕ тенденція накопичення відсутня у зв’язку з не істотним надходженням цих металів у ґрунт порівняно з Zn і Mn. Слід також відзначити, що, незважаючи на перевищення надходження у ґрунт елементів першої групи небезпеки (Pb, Zn, Cd) з органічними і мінеральними добривами над їх виносом урожаєм при позитивному балансі, їх накопичення не простежувалось – вміст був істотно нижчим від ГДК.

2. Вплив добрив на вміст потенційно доступних форм мікроелементів (Ін НСІ) у ґрунті, мг/кг

Варіант	Шар ґрунту, см	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Контроль	0–25	6,17	216	5,23	3,45	8,43	7,37	0,167
	25–40	5,45	206	5,24	3,70	8,88	6,97	0,175
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	0–25	6,26	210	5,79	3,33	8,96	7,21	0,165
	25–40	5,16	185	5,28	3,13	8,95	6,49	0,163
Гній, 12 т/га	0–25	6,39	233	5,15	3,69	8,48	7,26	0,174
	25–40	5,71	214	4,94	3,59	8,57	6,69	0,170
Гній, 6 т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	0–25	6,42	212	5,76	3,28	8,72	7,27	0,164
	25–40	5,36	200	5,62	3,25	8,56	7,00	0,167

Аналогічні закономірності формування балансу мікроелементів при тривалому застосуванні добрив у восьмипільній зерно-паро-просапній сівозміні відмічались і на чорноземі звичайному в умовах Єрастівської дослідної станції (табл. 3).

Результати розрахунків свідчать, що в контрольному варіанті баланс всіх мікроелементів також був різко від’ємним. Дефіцит цинку досягав 85,9; марганцю – 79,7; міді – 14,6; кобальту – 2,86; нікелю – 7,97; свинцю – 5,98; кадмію – 0,23 г/га. По мінеральній системі удобрення (N₆₈P₆₈K₄₉) від’ємний баланс такого важливого біогенного елемента, як Zn, зростав до 108,4 г/га, або на 26 %. Разом з тим, на цьому фоні було суттєве скорочення (на 15–65 %) дефіциту марганцю, міді та кобальту, показники яких зменшились до -27,9; -9,0 та -2,42 г/га відповідно. Це можна пояснити більш високим (+20 кг/га) навантаженням туків на сівозмінну площу, внаслідок чого надходження мікроелементів з мінеральними добривами (аміачна селітра, суперфосфат) нівелює прояв зростання негативності балансу. За цих умов живлення баланс нікелю і кобальту трансформувався у позитивний (+0,40 і +0,42 г/га).

Органічна система удобрення (12,5 т/га сівозмінної площі), як і очікувалось, сприяла створенню умов для формування позитивного балансу всіх мікроелементів. Особливо суттєве перевищення статей надходження (у 3,5–9,5 раза) над витратами відмічено для цинку (+252,4 г/га), марганцю (+709,8 г/га) та міді (+40,9 г/га). Для інших елементів (Co, Ni, Pb, Cd) воно було менш виразним (1,1–2,5 раза).

Баланс Zn Mn Cu Ni Cd за органо-мінеральної системи удобрення (гній 7,5 т/га + N₃₄P₃₈K₂₆) також складався позитивно. Тільки для кобальту і свинцю відмічено незначний дефіцит (-0,64 та -0,50 г/га відповідно), що є наслідком зниження їх надходження з гноєм та мінеральними добривами через менше навантаження ріллі добривами.

Таким чином, тривале застосування органічних і мінеральних добрив в інтенсивних сівозмінах зони Степу суттєво позначалось на показниках балансу мікроелементів. При вирощуванні сільськогосподарських культур у варіанті без добрив, де урожай формується за

рахунок потенціалу ґрунту, баланс усіх МЕ складався різко від'ємно. На фоні мінеральних добрив баланс МЕ залишався негативним, а дефіцит біогенного цинку зростав на 16–26 %. Проявлялась тенденція до зниження вмісту кислоторозчинних форм марганцю, кобальту, свинцю, цинку у кореневмісному шарі ґрунту. Тому за низької і середньої забезпеченості чорноземів Zn та Cu застосування туків повинно доповнюватись внесенням мікродобрив.

3. Баланс мікроелементів залежно від насичення зерно-паро-просапної сівозміни добривами, г/га

Стаття балансу	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
контроль (без добрив)							
Надходження	3,44	2,45	0,64	0,06	0,19	0,08	0,005
Винос	89,3	82,1	15,2	2,92	8,16	6,06	0,23
Баланс	-85,9	-79,7	-14,6	-2,86	-7,97	-5,98	-0,23
N ₆₈ P ₆₈ K ₄₉							
Надходження	12,6	77,1	11,6	1,39	11,2	1,17	0,77
Винос	121,0	105,0	20,6	3,81	10,8	7,46	0,35
Баланс	-108,4	-27,9	-9,0	-2,42	+0,40	-6,29	+0,42
гній, 12,5 т/га							
Надходження	353,4	793,5	57,6	3,56	19,0	9,58	0,64
Винос	101,0	83,7	16,7	3,27	9,58	6,53	0,26
Баланс	+252,4	+709,8	+40,9	+0,29	+9,42	+3,05	+0,38
гній, 7,5 т/га) + N ₃₄ P ₃₈ K ₂₆							
Надходження	218,5	518,9	40,8	2,84	17,6	6,36	0,81
Винос	119,0	119,0	19,3	3,48	10,4	6,86	0,32
Баланс	+99,5	+399,9	+21,5	-0,64	+7,20	-0,50	+0,49

За наявності в системі удобрення гною формувался позитивний баланс МЕ. По органічній системі удобрення перевищення надходження Zn, Cu, Mn над виносом їх врожайми становило 2,6–9,5 раза. Кількісні показники вмісту в ґрунті пріоритетних забруднювачів (Zn, Pb, Cd) відповідали санітарно-гігієнічним вимогам і були значно нижчі за ГДК.

Бібліографічний список

1. Анспок П. И. Микроудобрения: справочник / П. И. Анспок. – [2-е изд., перераб. и доп.] – Л.: Агропромиздат, 1990. – С. 272.
2. Милащенко Н. З. Экологические проблемы в интенсивном земледелии / Н. З. Милащенко // Экологические проблемы химизации в интенсивном земледелии. – М., 1990. – С. 3–10.
3. Минеев В. Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В. Г. Минеев // Агрохимия. – 2000. – № 5. – С. 5–13.
4. Панасин В. И. Микроэлементы, их роль и значение в почвенном плодородии и питании растений / В. И. Панасин // Агрохимический вестн. – 2003. – № 5. – С. 6–7.
5. Минеев В. Г. Современные тенденции в изменении плодородия почв России / В. Г. Минеев, Т. Н. Большеева // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 5–10.
6. Балюк С. А. Наукові та технологічні основи управління мікроелементним живленням сільськогосподарських культур / С. А. Балюк, А. І. Фатєєв. – Х.: Міськдрук, 2012. – 32 с. – (Наук. доповідь).
7. Забезпеченість ґрунтів Сумської області мікроелементами та застосування мікродобрив: [рекомендації] / За ред. А. І. Фатєєва, І. П. Яцука. – Х.: Міськдрук, 2013. – 76 с.
8. Фатєєв А. И. Основы применения микроудобрений / А. И. Фатєєв, М. А. Захарова. – Х.: КП Типографія, 2005. – 134 с.
9. Захарова М. А. Баланс важких металів у зрощуваних чорноземах Лівобережного Лісостепу України / М. А. Захарова // Вісн. ХДАУ. – 2000. – № 1. – С. 111–116.
10. Кирдун Е. А. Баланс микроэлементов (В, Cu, Mn, Co, Ni) в звене пятипольного сидерального севооборота / Е. А. Кирдун // Агрохимия. – 1978. – № 7. – С. 54–59.