

## НАДХОДЖЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТ З ПОБІЧНОЮ ПРОДУКЦІЄЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ ЗОНИ СТЕПУ

**В. І. Чабан**, кандидати сільськогосподарських наук;

**О. Ю. Подобед**

ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України

*Досліджено мікроелементний склад побічної продукції сільськогосподарських культур. Встановлено, що за вмістом Zn і Cu листостеблова маса соняшнику і кукурудзи в 2–6 разів перевищує дані показники соломи пшениці озимої та ячменю ярого. Заробляння в ґрунт рослинних решток стерньових культур веде до скорочення на 28–29 % лише дефіциту Co і Ni. Баланс біогенних елементів (Zn, Mn, Cu) утримується на рівні контролю, тобто є різко від'ємним. Моделювання умов формування балансу МЕ у сівозмінах при залученні вегетативної маси кукурудзи і соняшнику поряд з соломою ранніх ярих культур сприятиме скороченню дефіциту балансу: Zn – на 22–34 %, Cu – на 32–52 %, Mn – на 47–58 %.*

**Ключові слова:** побічна продукція, сільськогосподарські культури, мікроелементи, баланс, сівозмін.

Вміст мікроелементів поряд з такими показниками родючості чорноземів, як гумус, азот, фосфор, калій, реакція ґрунтового розчину, є важливою характеристикою агрохімічного стану ґрунту [1]. Чорноземи степової зони відзначаються наявністю значної кількості валових форм мікроелементів (МЕ), тимчасом як рухомість окремих елементів залишається низькою [2, 3]. Це деякою мірою може лімітувати урожайність сільськогосподарських культур і формування якості продукції.

Встановлено, що значна кількість мікроелементів надходить у ґрунт з гноєм, забезпечуючи тим самим позитивний баланс їх у сівозміні [4, 5]. Однак зменшення обсягів внесення органічних добрив до 0,5 т/га негативно впливає не тільки на гумусний стан ґрунту, але й на рівень надходження хімічних елементів. За таких умов увагу необхідно зосередити на рослинних рештках польових культур, значення яких у поповненні органічної речовини та макроелементів загальновідоме [6, 7]. В той же час дані щодо вмісту МЕ у господарсько-корисних частинах рослин та їх надходження у ґрунт в умовах степової зони обмежені. Тому метою досліджень є визначення мікроелементного складу побічної продукції сільськогосподарських культур як складової частини балансу елементів у сівозмінах зони Степу за умов її заробляння у ґрунт.

При підготовці статті узагальнено і опрацьовано аналітичні дані вмісту мікроелементів у побічній продукції сільськогосподарських культур, отриманих в лабораторії родючості ґрунтів за останні 25 років зі стаціонарних дослідів Інституту сільського господарства степової зони. Об'єкти досліджень: солома пшениці озимої, ячменю ярого, гороху, листостеблова маса кукурудзи та соняшнику. Мінералізацію рослинних зразків проводили методом сухого озолення з подальшою обробкою розчином азотної кислоти (ГОСТ 26657-85). Вміст мікроелементів визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С-115М1.

Об'єктом для балансових розрахунків обрано варіант біологічної системи удобрення стаціонарного дослідів лабораторії сівозмін та природоохоронних систем обробітку ґрунту відділу землеробства (Ерастівська дослідна станція). У восьмипільній зерно-паро-просапній сівозміні зі структурою: насичення стерньовими культурами (пшениця озима, ячмінь ярий, горох) до 50 % і просапними – (кукурудза на зерно, соняшник) до 38 % впродовж ротації заробляли соломі зернових та зернобобових культур. Отримані результати порівнювали з абсолютним контролем. Відповідні розрахунки виконано і в контрольному варіанті п'яти-пільної зернової сівозміни (горох – пшениця озима – кукурудза – кукурудза – ячмінь) за співвідношення між стерньовими і просапними культурами 60 : 40 % стаціонарного дослідів лабораторії родючості ґрунтів (Красноградська дослідна станція). При розрахунках господарського балансу

мікроелементів (різниця між надходженням і виносом елементу) до статті надходження включали привнесення їх з побічною продукцією і насінням, до статті витрат – винос МЕ врожаєм.

Грунтовий покрив дослідних ділянок – чорнозем звичайний малогумусний важко-суглинковий на лесі з вмістом гумусу – 4,0–4,2 % та чорнозем типовий глибокий важкосуг-линковий на лесі з вмістом гумусу – 4,8–5,0 %. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної ( $\text{pH}_{\text{вод.}}$  6,5–6,9). Забезпеченість орного шару ґрунту рухомими формами азоту, фосфору і калію відповідно середня, підвищена і висока. Ґрунт має низький рівень забезпеченості легкодоступними формами Zn, середній – Cu, високий – Co та Mn.

На підставі узагальнення і аналізу експериментальних даних можливо зазначити, що показники вмісту МЕ у побічній продукції відповідають генетично зумовленим градаціям концентрацій, які характерні для кожної культури. Рівень накопичення МЕ соломою і лис-тостебловою масою є відображенням функціонального значення елементів та вибіркової їх засвоюваності. Загальною особливістю культур є високий рівень надходження, насамперед, біогенних елементів (Mn, Zn), частка яких від сукупного вмісту елементів досягає 73–87 %. За кількісними показниками розподіл МЕ у нетоварній продукції ячменю ярого, гороху, кукурудзи можна показати таким чином:  $\text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$ ; пшениці озимої –  $\text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Co}$ ; соняшнику –  $\text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$ , тобто простежується деякий перерозподіл елементів у межах видових ознак культур.

Також необхідно зосередити увагу на більш широкому діапазоні мікроелементного складу побічної продукції порівняно із зерном внаслідок дії таких факторів, як властивості ґрунту, мінливість клімату, добрива тощо. Відхилення вмісту МЕ від середніх значень у межах культур досягає: цинку – 1,8–4,0 раза, марганцю – 2,1–11,0; міді – 2,3–6,0; кобальту – 1,9–3,8; нікелю – 2,0–4,8 раза (табл. 1). Ще більший інтервал варіювання спостерігається між мінімальною і максимальною їх кількістю. Особливо істотним (22–39 раз) цей показник був у соломі озимини для Cu та Mn.

Рівень накопичення МЕ побічною продукцією суттєво різнився залежно від біологічних особливостей культур. За вмістом Zn та Cu домінують кукурудза і соняшник, оскільки концентрація цих елементів (12,4–13,2 та 3,52–5,12 мг/кг) в їхній листостебловій масі в 2–6 разів перевищує показники цих елементів у соломі озимини і ячменю ярого (2,28–5,17 та 0,93–1,61 мг/кг). Близький до соняшнику і вміст Ni та Co у побічній продукції гороху. Досить високим значенням накопичення Mn вирізняється листостеблова маса кукурудзи, кількісні показники якого становить 25,7 мг/кг, що майже в 2–3 рази більше, ніж в рослинних рештках ранніх зернових культур (ячменю, пшениці, гороху) та соняшнику.

#### **1. Вміст мікроелементів в побічній продукції сільськогосподарських культур, мг/кг**

| Культура      | Zn                        | Mn                       | Cu                       | Co                       | Ni                       |
|---------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Пшениця озима | <u>2,28*</u><br>0,65–6,72 | <u>8,28</u><br>0,73–28,8 | <u>0,93</u><br>0,15–3,26 | <u>0,35</u><br>0,14–0,68 | <u>1,02</u><br>0,30–2,82 |
| Ячмінь ярий   | <u>5,17</u><br>1,17–10,0  | <u>9,35</u><br>2,04–24,4 | <u>1,61</u><br>0,30–5,55 | <u>0,65</u><br>0,17–1,56 | <u>1,42</u><br>0,50–3,93 |
| Горох         | <u>9,64</u><br>3,31–22,3  | <u>15,8</u><br>5,70–35,0 | <u>2,99</u><br>1,20–12,0 | <u>1,64</u><br>0,74–3,40 | <u>2,69</u><br>1,36–6,27 |
| Кукурудза     | <u>12,4</u><br>3,69–36,5  | <u>25,7</u><br>3,30–76,1 | <u>3,52</u><br>1,02–10,6 | <u>0,79</u><br>0,30–1,66 | <u>1,46</u><br>0,64–3,88 |
| Соняшник      | <u>13,2</u><br>5,29–23,6  | <u>10,8</u><br>3,50–22,9 | <u>5,12</u><br>2,22–16,7 | <u>1,45</u><br>0,47–3,22 | <u>2,63</u><br>0,55–5,51 |

\*Чисельник – середні значення, знаменник – коливання вмісту (min-max).

Розрахунок вносу мікроелементів побічною продукцією у восьмипільній зерно-паро-просапній сівоzmіні уможлиблює визначити обсяг елементів, який теоретично

можна повернути в ґрунт з рослинними рештками. Слід відзначити, що для показників виносу МЕ соломою та листостебловою масою характерні значніші коливання, ніж для аналогічних показників зерна. Так, відповідно до отриманих даних з вегетативними рештками рослин у ґрунт може надійти від 10 до 64 г/га цинку, 15–93 г/га марганцю, 2–15 г/га міді, 4–11 г/га нікелю, 1,9–4,7 г/га кобальту (табл. 2). Серед культур сівозміни найбільшим рівнем повер-

**2. Надходження мікроелементів у ґрунт з побічною продукцією сільськогосподарських культур сівозміни, з/га, % від загального виносу**

| Zn                                 |    | Mn   |    | Cu   |    | Co   |    | Ni   |    |
|------------------------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| г/га                               | %  | г/га | %  | г/га | %  | г/га | %  | г/га | %  |
| Пшениця озима по чорному парі      |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| 15,3                               | 12 | 18,7 | 13 | 7,14 | 40 | 2,13 | 69 | 8,59 | 80 |
| Пшениця озима по гороху            |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| 14,2                               | 12 | 18,6 | 14 | 2,29 | 15 | 2,04 | 67 | 7,25 | 74 |
| Ячмінь                             |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| 10,4                               | 15 | 15,2 | 38 | 1,95 | 20 | 1,16 | 61 | 4,12 | 70 |
| Горох                              |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| 16,5                               | 19 | 32,9 | 63 | 6,15 | 36 | 2,32 | 66 | 4,14 | 63 |
| Середнє по ярих зернових культурах |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| –                                  | 15 | –    | 32 | –    | 28 | –    | 66 | –    | 72 |
| Кукурудза по паровій озимині       |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| 30,2                               | 30 | 74,0 | 82 | 2,41 | 17 | 2,09 | 73 | 6,04 | 78 |
| Кукурудза по ячменю                |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| 26,9                               | 30 | 65,8 | 82 | 2,14 | 17 | 1,86 | 72 | 5,37 | 78 |
| Соняшник                           |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| 63,7                               | 50 | 92,9 | 81 | 15,1 | 44 | 4,69 | 74 | 10,9 | 61 |
| Середнє по пізніх ярових культурах |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
| –                                  | 37 | –    | 82 | –    | 26 | –    | 73 | –    | 72 |

нення мікроелементів з нетоварною частиною врожаю відзначався соняшник: з його листо-стебловою масою у ґрунт може потрапляти в 2,5–7,7 рази більше цинку (63,7 мг/кг), марганцю (92,9 мг/кг), міді (15,1 мг/кг) та в 1,4–4,0 рази – нікелю і кобальту (10,9 та 4,69 мг/кг відповідно), ніж з соломою пшениці, ячменю та пожнивними залишками гороху. За кількістю біогенних елементів (Zn, Mn), які можуть надійти з вегетативною масою також вирізняється кукурудза – 28,6 і 69,9 мг/кг, що в 1,7–4,6 рази перевищує обсяг їх надходження з рослинними рештками ранніх зернових культур. Також слід зазначити, що у загальному виносі цинку та марганцю врожаєм (зерно + побічна продукція) на частку вегетативної маси пшениці озимої, ячменю ярого і гороху в середньому припадає тільки 15 і 32 %, тимчасом як кукурудзи і соняшнику – 37 та 82 %, або в 2,6 рази більше. Щодо Cu, Co, Ni, то відмінності між ранніми і пізніми яровими культурами були мінімальними або навіть відсутніми (28–26, 66–73 та 72 % відповідно). Тобто значення листостеблової маси соняшнику кукурудзи у компенсації виносу врожаєм біогенних елементів (Zn, Mn) за умов заробляння їх у ґрунт більш вагома порівняно з соломою ранніх зернових культур. Відповідне положення підтверджують проведені нами балансові розрахунки.

Загальновідомо, що баланс елементів живлення дозволяє не тільки оцінити ту чи іншу систему удобрення, але й визначити напрям коригування живлення рослин та попередити негативні наслідки щодо стану родючості ґрунту. Співставлення статей надходження і виносу мікроелементів свідчить, що в зерно-паро-просапній сівозміні в абсолютному конт-ролі для всіх елементів він був різко негативний (табл. 3). Особливо це стосується Zn та Mn. Так, дефіцит цинку досягав 85,9; марганцю – 79,7; міді – 14,6; кобальту – 2,86; нікелю – 7,97 г/га сівозмінної площі. У варіанті біологічної системи за систематичного заробляння соломи ранніх ярих зернових культур впродовж ротації

також формувався від'ємний баланс елементів. При цьому дефіцит Zn, Mn, Cu утримувався на рівні неудобреної ділянки (-83,2; -79,1; -14,6 відповідно). Тільки за рахунок додаткового надходження кобальту і нікелю у ґрунт з цією біомасою мало місце скорочення дефіциту балансу даних МЕ на 28–29 %.

### 3. Баланс мікроелементів у сівозміні при зароблянні соломи зернових культур, г/га

| Стаття балансу  | Zn    | Mn    | Cu    | Co    | Ni    |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Контроль (без добрив)   |       |       |       |       |       |
| Надходження   | 3,44  | 2,45  | 0,64  | 0,06  | 0,19  |
| Винос   | 89,3  | 82,1  | 15,2  | 2,92  | 8,16  |
| Баланс  | -85,9 | -79,7 | -14,6 | -2,86 | -7,97 |
| Біологічна система (заробляння соломи ранніх ярих зернових культур) |       |       |       |       |       |
| Надходження   | 12,4  | 16,4  | 3,82  | 1,04  | 3,07  |
| Винос   | 95,6  | 95,5  | 18,5  | 3,10  | 8,76  |
| Баланс  | -83,2 | -79,1 | -14,6 | -2,06 | -5,69 |

Отже, використання соломи ярих зернових культур за насичення ними сівозміни до 50 % не компенсує навіть часткового виносу врожаєм біогенних елементів (Zn, Mn, Cu) і не забезпечує скорочення дефіциту балансу. Поряд з цим, враховуючи значне перевищення їхнього вмісту у листостебловій масі соняшнику і кукурудзи порівняно з соломою ранніх зернових, ми спробували змодельовати умови формування балансу мікроелементів за умов заробляння побічної продукції усіх сільськогосподарських культур у сівозміні (табл. 4). Отримані дані свідчать про підвищення показника компенсації їхніх втрат при виносі врожаєм за рахунок привнесення елементів з усією біомасою. Баланс мікроелементів хоча і залишається негативним, але при цьому дефіцит Zn скорочується на 22 %, а порівняно з варіантом мінеральної системи (N<sub>68</sub>P<sub>68</sub>K<sub>49</sub>) удобрення – на 38 % [5]. Аналогічна залежність проявлялась і щодо інших МЕ. Так, від'ємний баланс Cu зменшувався на 32 %, Mn – на 47 %, а Co і Ni – на 71 %.

Відповідна закономірність мала місце і щодо зернової сівозміни на Красноградській дослідній станції за умов заробляння рослинних решток (табл. 4). При використанні побічної продукції всіх культур на фоні збереження від'ємності балансу елементів показники відшкодування їх виносу були більшими за рахунок зростання привнесеної кількості МЕ з кукурудзою, частка якої в структурі посівів становить 40 %. Так, дефіцит цинку зменшився з 114,1 до 75,6 г/га, або на 34 %, а міді і марганцю – в 2,1–2,4 раза (з 15,7 до 7,61 та з 74,2 до 31,5 г/га відповідно). Також мало місце скорочення дефіциту нікелю і кобальту на 76–79 %.

Отже, використання побічної продукції сільськогосподарських культур і насамперед вегетативної маси соняшнику та кукурудзи уможливорює частково компенсувати винос МЕ врожаєм. Особливо важливо це для біогенних елементів (цинк, мідь) на фоні низької та середньої забезпеченості зональних чорноземів їхніми рухомими формами.

### 4. Прогнозований баланс мікроелементів у сівозміні за умов заробляння побічної продукції сільськогосподарських культур, г/га

| Стаття балансу  | Zn    | Mn    | Cu    | Co    | Ni    |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Зерно-паро-просапна сівозміна (50 % стерньових, 38 % просапних культур) |       |       |       |       |       |
| Контроль (без добрив)   |       |       |       |       |       |
| Надходження   | 3,44  | 2,45  | 0,64  | 0,06  | 0,19  |
| Винос   | 89,3  | 82,1  | 15,2  | 2,92  | 8,16  |
| Баланс  | -85,9 | -79,7 | -14,6 | -2,86 | -7,97 |
| Заробляння побічної продукції всіх культур сівозміни                    |       |       |       |       |       |
| Надходження   | 28,7  | 53,3  | 8,55  | 2,28  | 6,41  |
| Винос   | 95,6  | 95,5  | 18,5  | 3,10  | 8,76  |
| Баланс  | -66,9 | -42,2 | -9,95 | -0,82 | -2,35 |

| Зернова сівозміна (60 % стерньових, 40 % просапних культур) |        |       |       |       |       |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|
| Контроль (без добрив)                                       |        |       |       |       |       |
| Надходження   | 3,92   | 1,77  | 0,42  | 0,07  | 0,19  |
| Винос   | 118,0  | 76,0  | 16,1  | 5,04  | 10,2  |
| Баланс  | -114,1 | -74,2 | -15,7 | -4,98 | -10,0 |
| Заробляння побічної продукції всіх культур сівозміни        |        |       |       |       |       |
| Надходження   | 42,4   | 44,5  | 8,49  | 4,00  | 7,79  |
| Винос   | 118,0  | 76,0  | 16,1  | 5,04  | 10,2  |
| Баланс  | -75,6  | -31,5 | -7,61 | -1,04 | -2,41 |

## Висновки

1. Побічна продукція сільськогосподарських культур за відсутності гною є додатковим джерелом надходження мікроелементів у ґрунт. За вмістом Zn і Cu листостеблова маса соняшнику і кукурудзи в 2–6 разів перевищує показники цих елементів у соломі озимини та ячменю і відповідно більша кількість їх повертається в ґрунт.

2. Заробляння соломи стерньових культур сприяло лише скороченню на 28–29 % дефіциту Co та Ni. Баланс Zn, Mn, Cu утримувався на рівні контролю, тобто був різко від'ємним.

3. Моделювання умов формування балансу МЕ у сівозміні шляхом залучення вегета-тивної маси кукурудзи та соняшнику поряд з соломою ранніх ярих культур сприятиме скороченню дефіциту балансу біогенних елементів. При насиченні ріллі просапними культурами до 38–40 % дефіцит Zn зменшуватиметься на 22–34 %, Cu – на 32–52 %, Mn – на 47–58 %.

## Бібліографічний список

1. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / В. В. Медведев, С. Ю. Булыгин, Р. Г. Деревянко [и др.]; под ред. В. В. Медведева. – К.: Аграр. наука, 1997. – 164 с.
2. Фатеев А. І. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / За ред. А. І. Фатеева, Я. В. Пащенко. – Х.: КП Друкарня № 13, 2003. – 117 с.
3. Вміст мікроелементів в чорноземах Степу України та їх зміни залежно від використання добрив / [С. М. Лебідь, В. І. Чабан, Л. М. Скрипник, О. Ю. Подобед] // Вісн. ХНАУ. – 2008. – № 2. – С. 173–175.
4. Попова А. А. Влияние минеральных и органических удобрений на состояние тяжелых металлов в почве / А. А. Попова // Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 62–67.
5. Чабан В. І. Баланс мікроелементів в інтенсивних сівозмінах степової зони України / В. І. Чабан, О. Ю. Подобед // Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степової зони НААН України. – Дні-пропетровськ, 2014. – № 6. – С. 22–25.
6. Застосування соломи і пожнивних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів / Відповідальні: ред. С. А. Балюк, Є. В. Скрильник. – Х.: КП Міська друкарня, 2013. – 40 с.
7. Чабан В. І. Динаміка гумусного стану чорнозему звичайного північного Степу та його оптимізація / В. І. Чабан, В. Ю. Коваленко, С. І. Жученко // Наук. вісн. Чернівецького ун-ту: [зб. наук. пр.]. – 2005. – Вип. 252. – Чернівці: Рута, 2005. – С. 110–115. – (Сер. Біологія).