

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ПРИ ТРИВАЛОМУ ВИКОРИСТАННІ ДОБРИВ У СІВОЗМІНІ

В.І. Чабан, Л.М. Скрипник, кандидати сільськогосподарських наук;

О.Ю. Подобед

Інститут зернового господарства УААН

Л.В. Гончар, Т.А. Єрьоміна, Н.А. Кузик

Запорізька дослідна станція ІОК УААН

Досліджено особливості накопичення рухомих форм мікроелементів у чорноземі звичайному при тривалому систематичному застосуванні добрив у сівозміні в зоні техногенного навантаження. Встановлено, що вміст важких металів у ґрунті відповідає регіональному фону, а відсутність перевищення існуючих ГДК, дає можливість оцінити рівень забруднення як припустимий.

Донецько-Придніпровський регіон характеризується надзвичайно високою концентрацією підприємств чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості. В зв'язку з цим відмічається зростання рівня забруднення повітря, води і ґрунту газоподібними, пиловими та твердими промисловими викидами різноманітного хімічного складу (сірчаний ангідрид, окисли азоту, діоксид вуглецю, сірководень, важкі метали тощо). Досить часто їх вміст перевищує санітарні норми. Шкідливі речовини з центрів концентрації потрапляють на сільськогосподарські угіддя і населені пункти, що може негативно вплинути на об'єкти агроценозу та екосистему в цілому, умови життя людей, які мешкають на цих територіях [1, 2]. Крім того, тривале використання добрив у сівозміні також призводить до значних змін хімічних, фізичних і біологічних властивостей ґрунту, а це в свою чергу впливає на його природний мікроелементний склад [3, 4]. Поряд з цим і самі добрива, маючи значну кількість баластних речовин, при перевищенні нормативних рівнів використання можуть виявитися джерелом накопичення у ґрунті надмірної кількості важких металів, що зумовлює певні порушення між мікро- та макроелементами у системі „ґрунт-рослина”, і як результат – обмежується урожайність сільськогосподарських культур та знижується якість продукції [5, 6].

Виходячи з цього, проблема екологічної безпеки використання добрив, особливо у техногенно небезпечних регіонах, залишається актуальною і потребує моніторингу за рівнем забезпечення ґрунтів мікроелементами та динамікою їх вмісту залежно від насичення добривами сівозмін та співвідношення між елементами живлення в системі удобрення. Саме вивчення цих питань проводилося на базі стаціонарного дослідів відділу землеробства Запорізької дослідної станції Інституту олійних культур протягом 2003-2008 рр. Аналітичну роботу та узагальнення її результатів виконували співробітники лабораторії родючості ґрунтів Інституту зернового господарства.

Дослідна станція розташована у Запорізькому районі і безпосередньо прилягає до м. Запоріжжя у південно-східній його частині. Територія землекористування станції належить до Степу північного Лівобережно-Дніпровського. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом звичайним малогумусним важкосуглинковим на лесі. Вміст гумусу становить 3,36-3,59%, загального азоту – 0,14-0,17, фосфору – 0,12-0,14, калію – 2,1-2,2%, реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної ($pH_{вод.}$ 6,7-6,96). Забезпеченість рухомими формами поживних речовин достатня. Клімат помірно континентальний. Середньорічна температура повітря 8,5 °С. Середньомісячна температура січня мінус 5,3 °С, а липня плюс 22,6 °С. Річна сума опадів – 457 мм.

Дослідження проводили у сівозміні: чорний пар, озима пшениця, кукурудза на зерно, ячмінь, горох, озима пшениця, соняшник, яка охоплює 5 клінів. Схема внесення добрив у варіантах дослідів наведена в таблиці 1.

1. Схема дослідю

Варіант та співвідношення між N : P : K	Сума добрив за I-III ротації сівозміни 1975-2005 рр., кг/га				Кількість добрив на 1 га сівозмінної площі, кг/га			
	гній, т/га	N	P	K	гній, т/га	N	P	K
1. 0:0:0	-	-	-	-	-	-	-	-
3. 3:3:3	-	1620	1545	930	-	60	57	34
4. 0:0:3	-	-	-	930	-	-	-	34
5. 0:3:0	-	-	1545	-	-	-	57	-
10. 2:2:5	-	1080	1030	1550	-	40	38	57
13. 2:5:2	-	1080	2575	620	-	40	95	23
15. 1:1:1	-	540	515	310	-	20	19	11
19. Гній	180	-	-	-	6,6	-	-	-
20. 3:0:3	-	1620	-	930	-	60	-	34
24. 3:3:0	-	1620	1545	-	-	60	57	-

Аналіз ґрунтових зразків виконували за стандартизованими методиками [7]. Крім показників потенційної та ефективної родючості, визначали вміст мікроелементів (МЕ). Для визначення потенційно доступних форм МЕ використовували екстрагент 1н HNO₃, а рухомих форм МЕ (водорозчинних, іонообмінних) – ацетатно-амонійний буферний розчин з рН 4,8 (ААБ рН 4,8). Одержані витяжки МЕ аналізували на атомно-абсорбційних спектрофотометрах С-115М1 з атомізацією в повітряно-ацетиленовому полум'ї та С-600 з використанням графітових кювет і високих температур. Серед великого спектра МЕ досліджували незамінні біофіли (цинк, марганець, кобальт, мідь), що входять до складу активних центрів багатьох ферментів і відіграють надзвичайно важливу роль в обмінних процесах рослинного організму. Другу частину МЕ складали пріоритетні антропогенні забруднювачі (свинець, кадмій, нікель, хром та стронцій). Отримані дані піддавали статистичній обробці. Екологічну оцінку стану агроєкосистеми проводили шляхом порівняння результатів аналізу з показниками фонових вмісту МЕ у ґрунті та їх ГДК.

Співставлення концентрацій важких металів у досліджуваному ґрунті з регіональним фоном дає можливість оцінити наявність або відсутність техногенного забруднення, що особливого значення набуває у промислових регіонах, які потерпають від потужного антропогенного навантаження. Одержані результати досліджень свідчать, що вміст потенційно доступних елементів Zn, Pb, Cd відповідає регіональному фону, а Mn, Cu, Ni, Co перевищує фонові значення у 1,7-2,4 раза (табл. 2). Оскільки забрудненими вважають ґрунти, в яких вміст елементів-забруднювачів перевищує концентрацію їх фонових значень у 5-10 разів (для високобуферних ґрунтів), то екологічну ситуацію щодо вмісту важких металів можна вважати задовільною. Підвищений вміст Mn, Cu, Ni і Co знаходиться в межах природних коливань і зумовлений особливостями мінералогічного та гранулометричного складу ґрунотвірної породи, що визначає процеси акумуляції і перерозподілу мікроелементів у ґрунті. Розподіл елементів по профілю характеризується зменшенням накопичення мікроелементів у підорному шарі, що властиво чорноземам.

Тривале систематичне застосування мінеральних добрив у сівозміні, при різному співвідношенні між елементами живлення у системі удобрення, практично не впливало на вміст більшості кислоторозчинних форм МЕ в орному шарі ґрунту, що підтверджується результатами статистичної обробки аналітичних даних (табл. 2). Так, концентрація Mn коливалась в межах 250-296 мг/кг, Cu – 5,41-6,39, Ni – 8,50-9,27, Co – 3,85-4,59, Pb – 4,00-4,61, Cd – 0,106-0,132 мг/кг. Однак всі показники, отримані на удобрених ділянках, були в межах помилки дослідю, а відтак їх вміст можна вважати рівнозначним. Тільки у варіанті з внесенням гною спостерігається достовірне (на 36%) підвищення вмісту Zn у шарі 0-20 см. Даний факт пояснюється додатковим надходженням цього елемента як з органічними добривами (з 1 т в ґрунт потрапляє близько 139 г/га цинку), так і з поживно-кореновими рештками.

2. Вплив тривалого використання добрив на вміст потенційно доступних форм мікроелементів у ґрунті (1n HNO₃), мг/кг

Варіант та співвідношення між N : P : K	Zn	Mn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
1. 0:0:0	<u>8,45*</u> 8,21	<u>266</u> 178	<u>6,39</u> 5,60	<u>8,81</u> 7,89	<u>4,54</u> 3,46	<u>4,57</u> 3,00	<u>0,106</u> 0,074
3. 3:3:3	<u>8,29</u> 8,59	<u>289</u> 225	<u>6,36</u> 5,41	<u>9,15</u> 8,73	<u>4,55</u> 3,98	<u>4,59</u> 4,25	<u>0,109</u> 0,095
4. 0:0:3	<u>9,50</u> 8,65	<u>267</u> 237	<u>5,87</u> 5,42	<u>8,66</u> 8,52	<u>4,59</u> 4,20	<u>4,61</u> 3,90	<u>0,110</u> 0,090
5. 0:3:0	<u>10,0</u> 8,31	<u>277</u> 249	<u>5,56</u> 5,28	<u>8,50</u> 8,73	<u>4,32</u> 3,48	<u>4,00</u> 3,47	<u>0,116</u> 0,100
10. 2:2:5	<u>8,16</u> 7,17	<u>266</u> 223	<u>5,88</u> 5,35	<u>9,06</u> 8,46	<u>4,17</u> 3,76	<u>4,12</u> 3,66	<u>0,114</u> 0,093
13. 2:5:2	<u>8,23</u> 7,66	<u>250</u> 190	<u>5,66</u> 5,16	<u>9,27</u> 8,34	<u>4,49</u> 3,87	<u>4,38</u> 4,18	<u>0,132</u> 0,096
15. 1:1:1	<u>8,07</u> 7,90	<u>265</u> 208	<u>5,43</u> 5,10	<u>8,96</u> 8,66	<u>4,26</u> 3,72	<u>4,35</u> 3,18	<u>0,121</u> 0,112
19. Гній	<u>11,53</u> 7,44	<u>235</u> 212	<u>5,64</u> 5,45	<u>8,73</u> 8,28	<u>4,41</u> 3,92	<u>4,45</u> 3,29	<u>0,119</u> 0,108
20. 3:0:3	<u>8,50</u> 7,15	<u>282</u> 189	<u>5,86</u> 4,98	<u>8,50</u> 8,16	<u>3,85</u> 3,48	<u>4,45</u> 3,20	<u>0,122</u> 0,110
24. 3:3:0	<u>8,02</u> 7,58	<u>296</u> 272	<u>5,41</u> 5,21	<u>8,99</u> 9,01	<u>4,50</u> 4,05	<u>4,52</u> 3,76	<u>0,125</u> 0,127
НІР _{0,05} , мг/кг	<u>1,72</u> 1,22	<u>58,8</u> 29,9	<u>1,42</u> 0,80	<u>0,83</u> 1,20	<u>0,54</u> 0,54	<u>0,45</u> 0,70	<u>0,030</u> 0,020
Регіональний фон	8,0	125	3,0	5,0	2,0	5,0	0,5
ГДК	60,0	-	-	-	-	60	1,0

* чисельник – шар ґрунту 0-20 см;
знаменник – шар ґрунту 20-40 см.

Особливо помітні зміни у підорному шарі (20-40 см) ґрунту відмічені по відношенню до Mn, Pb та Cd. Так, вміст потенційно доступного Mn збільшився в середньому на 20%, порівняно з контролем, у всіх удобрених варіантах. Його достовірне накопичення у ґрунті, очевидно, відбувається за рахунок надходження більшого обсягу кореневих та пожнивних решток. При використанні мінеральних добрив у такому співвідношенні між основними елементами живлення, як 3:3:3 і 2:5:2 (варіант 3, 13), спостерігається зростання концентрації токсичного елемента Pb, вміст якого підвищувався в 1,4 раза порівняно з варіантом без добрив. Заслужує уваги і тенденція до збільшення вмісту такого особливо небезпечного елемента, як кадмій, у всіх варіантах, де вносили добрива, незалежно від співвідношення між елементами живлення.

В цілому кількість потенційно доступних форм мікроелементів у ґрунті відповідає фоновим значенням, а концентрація елементів першої групи безпеки (Zn, Pb, Cd) є значно нижчою за ГДК.

Незважаючи на досить високий вміст кислоторозчинних форм мікроелементів, кількість доступних рослинам сполук МЕ є набагато меншою. Результати досліджень свідчать, що ґрунти мають низький рівень забезпечення Zn та Cu, середній – Co і тільки Mn високий. Взагалі вміст рухомих форм МЕ у ґрунті близький до фонового і відображає їх природні концентрації, характерні для даного регіону (табл. 3).

Тривале систематичне застосування мінеральних добрив викликало певні зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту, а отже, позначилося і на рівень вмісту рухомих форм МЕ в орному і підорному шарі ґрунту. Встановлено достовірне збільшення рухомості легкорозчинного Mn в шарі ґрунту 0-20 см при внесенні азоту, фосфору і калію у співвідношенні 3:3:3, 2:5:2, 3:3:0 (варіант 3, 13, 24) за рахунок підкислення ґрунтового розчину при внесенні мінеральних добрив. Це підтверджується високою від'ємною кореляційною залежністю між рН ґрунтового розчину і концентрацією рухомого Mn у ґрунті (коефіцієнт кореляції $r = -0,82$). При зниженні показника рН ґрунтового розчину на 0,20-0,30

одиниці, порівняно з контролем, кількість рухомого Mn збільшується майже вдвічі.

У всіх удобрених варіантах, незалежно від співвідношення між основними елементами живлення, для горизонту 0-20 см характерним є підвищення на 27-68%, а для шару 20-40 см на 37-82% рухомості Cd. Вміст даного елемента у ґрунті знаходиться в прямій залежності від концентрації відповідних кислоторозчинних форм, про що свідчить високий коефіцієнт кореляції ($r = 0,97$), особливо для підорного шару ґрунту.

3. Вплив тривалого використання добрив на вміст легкодоступних форм мікроелементів у ґрунті (ААБ рН 4,8), мг/кг

Варіант та співвідношення між N : P : K	Zn	Mn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Sr
1. 0:0:0	$\frac{0,77^*}{0,62}$	$\frac{67,7}{45,2}$	$\frac{0,38}{0,39}$	$\frac{1,12}{1,06}$	$\frac{0,51}{0,46}$	$\frac{0,66}{0,55}$	$\frac{0,041}{0,033}$	$\frac{23,7}{21,6}$
3. 3:3:3	$\frac{0,79}{0,71}$	$\frac{114,4}{75,8}$	$\frac{0,35}{0,42}$	$\frac{1,11}{1,06}$	$\frac{0,48}{0,44}$	$\frac{0,69}{0,49}$	$\frac{0,065}{0,046}$	$\frac{27,0}{24,6}$
4. 0:0:3	$\frac{0,86}{0,64}$	$\frac{82,0}{65,6}$	$\frac{0,47}{0,33}$	$\frac{1,16}{1,20}$	$\frac{0,58}{0,61}$	$\frac{0,79}{0,77}$	$\frac{0,052}{0,050}$	$\frac{24,6}{24,0}$
5. 0:3:0	$\frac{0,85}{0,64}$	$\frac{72,3}{57,4}$	$\frac{0,35}{0,34}$	$\frac{1,11}{1,12}$	$\frac{0,51}{0,49}$	$\frac{0,56}{0,42}$	$\frac{0,065}{0,060}$	$\frac{24,7}{24,4}$
10. 2:2:5	$\frac{0,82}{0,51}$	$\frac{84,3}{71,0}$	$\frac{0,42}{0,36}$	$\frac{1,19}{1,10}$	$\frac{0,52}{0,54}$	$\frac{0,47}{0,45}$	$\frac{0,056}{0,046}$	$\frac{26,6}{24,4}$
13. 2:5:2	$\frac{0,77}{0,58}$	$\frac{105,0}{46,9}$	$\frac{0,36}{0,35}$	$\frac{1,11}{1,18}$	$\frac{0,53}{0,45}$	$\frac{0,66}{0,56}$	$\frac{0,064}{0,052}$	$\frac{27,9}{25,3}$
15. 1:1:1	$\frac{0,55}{0,48}$	$\frac{75,3}{70,0}$	$\frac{0,34}{0,33}$	$\frac{1,17}{1,17}$	$\frac{0,48}{0,47}$	$\frac{0,56}{0,47}$	$\frac{0,067}{0,051}$	$\frac{22,8}{23,3}$
19. Гній	$\frac{0,58}{0,53}$	$\frac{83,8}{65,1}$	$\frac{0,41}{0,31}$	$\frac{1,09}{1,12}$	$\frac{0,49}{0,47}$	$\frac{0,40}{0,63}$	$\frac{0,062}{0,054}$	$\frac{23,1}{23,0}$
20. 3:0:3	$\frac{0,71}{0,56}$	$\frac{97,1}{56,3}$	$\frac{0,39}{0,34}$	$\frac{1,29}{1,20}$	$\frac{0,48}{0,45}$	$\frac{0,65}{0,35}$	$\frac{0,064}{0,053}$	$\frac{22,4}{21,0}$
24. 3:3:0	$\frac{0,69}{0,52}$	$\frac{119,6}{106,4}$	$\frac{0,32}{0,32}$	$\frac{1,16}{1,18}$	$\frac{0,57}{0,55}$	$\frac{0,69}{0,68}$	$\frac{0,069}{0,059}$	$\frac{25,2}{25,4}$
НІР _{0,05} , мг/кг	$\frac{0,20}{0,23}$	$\frac{34,5}{19,6}$	$\frac{0,11}{0,11}$	$\frac{0,23}{0,29}$	$\frac{0,14}{0,17}$	$\frac{0,30}{0,34}$	$\frac{0,017}{0,017}$	$\frac{2,82}{1,86}$
Забезпеченість:								
низька	< 2	< 10	<0,2	-	<0,15	-	-	-
середня	2-5	10-20	0,2-0,5		0,15-0,30			
висока	> 5	>20	> 0,5		> 0,3			
Регіональний фон	1,0	43	0,5	1,0	0,5	0,5	0,1	-
ГДК	23	500	3,0	4,0	5,0	6,0	-	-

* чисельник – шар ґрунту 0-20 см;
знаменник – шар ґрунту 20-40 см.

Встановлено достовірне (на 13-18%) підвищення і кількості рухомого Sr у варіантах з використанням добрив у співвідношеннях 3:3:3, 2:2:5 та 2:5:2 (варіант 3, 10, 13). Зміни відбулися як у шарі 0-20 см, так і в горизонті 20-40 см. Накопичення Sr перш за все відбувається в зв'язку з внесенням фосфорних добрив, адже він міститься в баластних речовинах, що є складовою цих добрив. Статистична обробка виявила високу позитивну кореляційну залежність між вмістом рухомого фосфору і вмістом стронцію ($r = 0,88$).

В той же час внесення гною сприяло зниженню вмісту легкокорозчинних форм Sr і Pb до рівня контролю, що пояснюється їх зв'язуванням в органічні комплекси і підтверджує детоксикаційну функцію органічних добрив.

Тривале використання мінеральних добрив суттєво не впливало на вміст легкокорозчинних форм Zn, Cu, Ni, Co в орному шарі ґрунту, що підтверджується результатами статистичної обробки аналітичних даних. Їх концентрації в удобрених варіантах і в контролі майже не відрізнялися.

Таким чином, вміст важких металів у досліджуваних ґрунтах відповідає регіональному фону, а відсутність перевищення існуючих ГДК свідчить, що ступінь їх забруднення можна оцінити як допустимий. При тривалому систематичному внесенні мінеральних добрив

у співвідношеннях між елементами живлення вищих за 1:1:1 ($N_{20}P_{19}K_{11}$) спостерігалось накопичення тільки потенційно доступних форм Mn, Pb та Cd у підорному шарі ґрунту. Вміст легкорозчинних форм Mn, Cd та Sr підвищувався у горизонтах 0-20 і 20-40 см, що зумовлено деяким зниженням реакції ґрунтового розчину внаслідок 30-річного використання добрив. Незважаючи на відсутність надлишку накопичення у ґрунті кислоторозчинних і рухомих форм окремих МЕ, при систематичному внесенні добрив існує гостра потреба щодо контролювання їх вмісту, особливо в екологічно небезпечних регіонах.

Бібліографічний список

1. Куценко А.М. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / А.М. Куценко, В.Н. Писаренко. – К.: Урожай, 1991. – 200 с. – (Пособия для подгот. кадров массовых профессий в колхозах и совхозах).
2. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодюк, В.Ф. Сайко, М.С. Корнійчук [та ін.]; за ред. Е.Г. Дегодюка. – К.: Урожай, 1992. – 320 с. – (Серія "Збереженню і якості продукції – першочергову увагу").
3. Результаты полувекового сравнительного изучения влияния навоза и минеральных удобрений на плодородие мощного слабовыщелоченного чернозёма и продуктивность культур свекловичного севооборота / А.Я. Гетманец, Н.В. Гниненко, В.А. Губенко [и др.] // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Результаты многолетних опытов научн.-исслед. Учреждений: сб. статей. – Вып. IV. – М.: Колос, 1973. – С. 153-222.
4. Шенета С.Г. Вплив рівня насичення сівозміни добривами на її продуктивність, якість продукції та родючість чорнозему глибокого північного Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.00.04 „Агрохімія” / С.Г. Шенета. – Х., 1997. – 24, [1] с.
5. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии: учеб. пособие / В.Г. Минеев. – М., Изд-во Московского ун-та, 1987. – 285 с.
6. Потутаева Ю.А. Агроэкологическое значение примесей тяжёлых металлов и токсичных элементов в удобрениях / Ю.А. Потутаева, Н.К. Сидоренкова, Е.Г. Прищеп // Агрохимия. – 2002. – №1. – С. 85-89.
7. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / За ред. С.А. Балюка. – Х., 2004. – 212 с. – (Науково-методичне видання: кн. 1.).

Чабан В.И., Скрипник Л.Н., Подобед О.Ю., Гончар Л.В., Ерёмкина Т.А., Кузик Н.А. Агроэкологическая оценка микроэлементного состава чернозёма обыкновенного при длительном применении удобрений в севообороте. Изучены особенности накопления подвижных форм микроэлементов в чернозёме обыкновенном при длительном систематическом внесении удобрений в севообороте в зоне техногенной нагрузки. Установлено, что содержание тяжёлых металлов в почве соответствует региональному фону, а отсутствие превышений существующих ПДК позволяет оценить уровень загрязнения как допустимый.

Chaban V.I., Skrypnyk L.N., Podobed O.Yu., Gonchar I.V., Eremina T.A., Kuzik N.A. Agroekological estimation of microelements composition of ordinary chernozem at long-term application of fertilizers in crop rotation. The features of accumulation of mobile forms of microelements were studied on ordinary chernozem at the long-term of regular application of fertilizers in a crop rotation in the area of the technogenic loading. It was found that contents of heavy metals in soil corresponds to the regional background, and exceeding of existing to Maximum Possible Concentration (MPC) allows to estimate the level of contamination as possible.