

## МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

**М.М. Мірошніченко, О.А. Ликова**

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
м. Харків, вул. Чайковська, 4, e-mail: l.lykovka@rambler.ru

*У стаціонарному досліді з агроекологічного моніторингу встановлено вплив тривалого (12 та 21 років) внесення мінеральних і органічних добрив на мікроелементний склад чорнозему типового важкосуглинкового та його органічної речовини. Застосування мінеральної системи удобрення істотно збільшило вміст рухомих форм заліза в ґрунті, органічна система сприяла збільшенню вмісту рухомої міді, а органо-мінеральна – цинку. Виявлено, що органо-мінеральна система удобрення більше впливає на вміст Co і Si в органічній речовині ґрунту, а мінеральна система – на вміст Co та Fe у її лабільній частині.*

*Ключові слова: мікроелементи, система удобрення, органічна речовина, лабільна органічна речовина*

**Вступ.** За масштабністю та тривалістю впливу на мікроелементний склад ґрунтового покриву сільськогосподарське виробництво займає одне з провідних місць серед інших видів людської діяльності. Тривале відчуження частини біофільних елементів супроводжується їхнім перерозподілом у ґрунтовому профілі, переведенням у форму органічних сполук, зовнішнім привнесенням комплексу мікроелементів (МЕ) із мінеральними добривами, меліорантами і засобами захисту рослин, зрошувальними водами тощо [11, 14]. З цих причин агрогеохімічні дослідження МЕ мають у рівній мірі враховувати як прямий, так і опосередкований вплив аграрного виробництва.

З кінця 80-х років минулого століття неодноразово, за допомогою балансових розрахунків і дослідним шляхом, було доведено, що з традиційними мінеральними добривами до ґрунту надходить відносно невелика кількість МЕ [4-6, 8-10]. У зв'язку з цим вплив добрив полягає не стільки у привнесенні МЕ, як у зміні їхньої рухомості в ґрунті внаслідок зсуву рН, утворення малорозчинних сполук або лабільних металоорганічних комплексів. Роль органічної речовини у процесах мобілізації-імобілізації МЕ неоднозначно і дискусійно, але саме гуматні комплекси можуть бути домінуючою формою, що визначає поведінку таких іонів, як  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  та інші [1, 7, 10].

Для чорноземних ґрунтів, яким притаманна висока буферність до будь-яких хімічних чинників, вплив добрив на мікроелементний склад можна відстежити лише на тривалих дослідних стаціонарах з добре відомою історією полів. На жаль, наявні дослідження обмежуються констатацією змін, які часто мають протилежне спрямування [15-16], а питання розмірів структурної перебудови комплексу сполук МЕ залишається невизначеним.

**Метою дослідження** було встановлення впливу тривалого внесення мінеральних і органічних добрив на мікроелементний склад чорнозему типового та його органічної речовини.

**Об'єктом досліджень** був чорнозем типовий середньогумусний важкосуглинковий Граківського дослідного поля ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н. Соколовського» у стаціонарному досліді з агроекологічного моніторингу, закладеного у 1990 році. Дослід був закладений за скороченою факторною схемою із трьома рівнями варіювання доз мінеральних добрив на чотирьох фонах органічних добрив (гній та солома) і мав 24 варіанти. Чергування культур у сівозміні: пар, озима пшениця, цукрові буряки, вико-овес, озима пшениця, кукурудза на силос, ячмінь з люцерною, люцерна, озима пшениця, кукурудза на силос, соняшник. Органічні добрива вносились у нормі: під цукрові буряки 40 т/га; під кукурудзу на зерно 30 т/га; під соняшник 30 т/га. Ґрунт має наступні параметри у орному шарі: рН сольовий 6,2-6,7, вміст гумусу 5,6-5,8 %, загального азоту 0,30-0,34 %, рухомих  $\text{P}_2\text{O}_5$  та  $\text{K}_2\text{O}$  (за Чириковим) – 90 мг/кг та 100 мг/кг, відповідно.

Дослідження проводили за двома етапами. У 2002 році визначали вміст МЕ на усіх варіантах досліді в дворазовій повторності. У 2011 році дослідження проводили тільки на чотирьох варіантах, збільшивши вдвічі повторність пробовідбирання, але аналізували як сам ґрунт, так і його органічну частину. Дослідження органічної речовини проводили на варіантах досліді: 1) контроль (без добрив); 2) мінеральна система ( $\text{N}_{45}\text{P}_{50}\text{K}_{45}$ ); 3) органічна система (гній 8 т/га); 4) органо-мінеральна система (гній 8 т/га +  $\text{N}_{45}\text{P}_{50}\text{K}_{45}$ ). Вміст мікроелементів у ґрунті та органічній речовині визначали в амонійно-ацетатному буфері з

pH 4,8 згідно ДСТУ 4770:2007 та 1n розчині хлоридоводневої кислоти (HCl) згідно МВВ 31-497058-016-2003. Вміст мікроелементів у складі доступної (лабільної) органічної речовини (ЛОР) визначали за запропонованою нами методикою (втяжка 1,3 н HCl після обробки ґрунту 0,2 н NaOH) з атомно-абсорбційним закінченням.

**Результати та їх обговорення.** За 12-річну ротацію стаціонарного досліджу до ґрунту було внесено від  $N_{945}P_{880}K_{765}$  до  $N_{1890}P_{1760}K_{1530}$  із мінеральними добривами, а на варіантах з органіч-

ною та органо-мінеральною системою добрив – 170 т/га гною. Визначення вмісту рухомих та міцнофіксованих форм МЕ не показало істотних змін за жодного із варіантів досліджу. Такий результат є закономірним, оскільки величини привнесення та виносу МЕ були недостатніми для зрушення їх рівноважного стану у ґрунті. Проте великий обсяг вибірки дозволив виявити деякі тенденції, у зв'язку з чим найбільш зручною формою для узагальнення результатів є кореляційна матриця, яку ми наводимо в табл. 1.

Таблиця 1

*Кореляційні зв'язки вмісту рухомих форм МЕ у орному шарі чорнозему типового важкосуглинкового із видами добрив, що застосовувалися впродовж 12 років*

Добрива	Коефіцієнти парної кореляції із вмістом рухомих форм МЕ							
	Zn	Cd	Ni	Co	Fe	Mn	Pb	Cu
Гній	<b>0,58*</b>	-0,07	<b>0,66</b>	-0,04	-0,19	<b>0,61</b>	0,15	<b>-0,42</b>
Солома	0,08	-0,29	<b>0,47</b>	-0,42	-0,18	<b>0,42</b>	-0,21	-0,21
Азотні	0,32	0,11	0,11	0,11	-0,29	-0,03	0,14	0,08
Фосфорні	-0,11	<b>0,41</b>	0,02	0,43	0,22	-0,42	0,14	0,08
Калійні	0,32	<b>-0,64</b>	-0,26	-0,44	-0,05	-0,05	-0,05	-0,15

\*Примітка. Наніпівжирним шрифтом виділено істотні зв'язки за  $p=0,05$ .

Отже, незважаючи на більшу високу буферність чорнозему типового і відносно невеликий термін проведення досліджу, простежується чітка тенденція до збагачення орного шару ґрунту рухомих кадмієм з фосфорними добривами та цинком, нікелем і марганцем - за рахунок органічних добрив. На відміну від мінеральних добрив промислового виробництва, гній не завжди має сталу сировинну базу, а вміст МЕ у ньому визначається складом кормів, який значно варіює залежно від ґрунтово-геохімічних умов, забрудненості атмосфери і водних джерел. Тому, зміна мікроелементного складу ґрунтів під впливом тривалого внесення гною є фактично прикладом антропогенного перерозподілу потоків МЕ у просторі. Такий перерозподіл МЕ зі збагачених ними природних кормових угідь на орні землі з переважно дефіцитним балансом, безумовно, має позитивне значення для сталого функціонування агроєкосистем [2].

Дещо парадоксальними виявилися зміни вмісту рухомих форм міді – елементу, що має високу спорідненість до органічної речовини. За внесення гною спостерігалася тенденція зниження вмісту рухомої міді в ґрунті на 0,02мг/кг, але вміст її міцнофіксованих форм збільшився з 5,20 мг/кг до 5,40 мг/кг (рис. 1). Гіпотетично, такий ефект може бути викликано не виносом, а зменшенням рухомості цього елемента внаслідок зв'язування у металоорганічні комплекси.

Дослідження 2011 р. показали, що застосування мінеральної системи удобрення на чорноземі типовому важкосуглинковому впродовж 21 року істотно збільшило вміст рухомих форм заліза в ґрунті, органічна система сприяла збільшенню вмісту рухомої міді, а органо-мінеральна – цинку (табл. 2).

Таблиця 2

*Вміст рухомих форм мікроелементів у чорноземі типовому важкосуглинковому за різних систем удобрення впродовж 21 року*

Варіанти досліджу	Вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту			
	Co	Cu	Fe	Zn
Контроль	0,43	1,13	1,63	0,15
Мінеральна система удобрення	0,45	1,21	2,11	0,28
Органічна система удобрення	0,40	1,39	1,53	0,21
Органо-мінеральна система удобрення	0,40	1,22	1,16	0,47
<i>HIP<sub>0,5</sub></i>	<i>0,06</i>	<i>0,14</i>	<b><i>0,46</i></b>	<b><i>0,14</i></b>
<i>HIP<sub>0,1</sub></i>	<i>0,09</i>	<i>0,20</i>	<b><i>0,66</i></b>	<b><i>0,21</i></b>

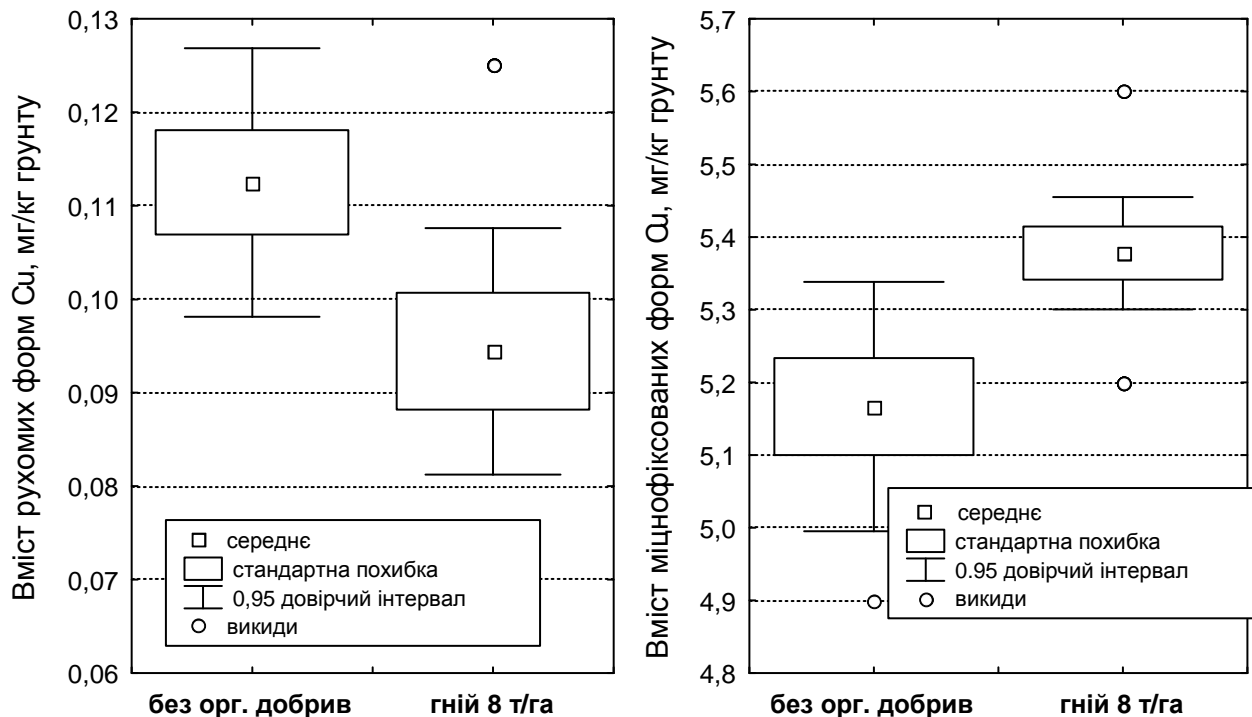


Рис. 1 Вміст рухомих та міцнофіксованих форм міді у ґрунті на фоні органічних добрив та без них (12 років)

Амонійно-ацетатний буфер з рН 4,8 широко використовують у сучасних дослідженнях для визначення фонового вмісту МЕ. Цей екстрагент зручний та інформативний, але для дослідження органічної речовини, як потенційного резерву елементів живлення рослин, краще застосовувати солянокислу витяжку. За М.Д. Степановою [12], додаткове надходження МЕ до цієї витяжки після окиснення органіки пероксидом водню характеризує загальний пул їх органічних форм. Дисперсійний аналіз одержаних за цим методом даних підтверджує, що різні системи удобрення суттєво впливають на накопичення Co та Cu в органічній речовині чорнозему типового (табл. 3). Вплив добрив виявився цілком достовірним ( $F_{\phi} > F_m$ ) за імовірності безпомилкових прогнозів на рівні  $P=0,04$  для Co та  $P=0,02$  для Cu. Це повністю збігається з висновками інших дослідників про селективне поглинання цих елементів органічною речовиною ґрунту, особливо гуміновими кислотами [1, 10]. Крім того, спостерігається тенденція збільшення накопичення Fe та Zn на варіантах із використанням органо-мінеральної системи удобрення порівняно із контролем.

Тривале внесення добрив впливає, з однієї сторони, на накопичення неповністю гуміфікованих, хімічно "молодих", більш рухомих, а відповідно, і біохімічно активніших органічних речовин [14]. Найближчим резервом живлення

рослин та мікроорганізмів вважають лабільну органічну речовину (ЛОР) [13].

Таблиця 3  
Вміст мікроелементів у органічній речовині чорнозему типового важкосуглинкового за різних систем удобрення впродовж 21 року

Варіанти	Вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту			
	Co	Cu	Fe	Zn
Контроль	0,42	0,62	159	1,08
Мінеральна система удобрення	0,61	0,67	161	0,74
Органічна система удобрення	0,45	0,71	146	0,83
Органо-мінеральна система удобрення	1,15	1,86	187	1,59
$F_{\text{факт}}$	<b>3,66</b>	<b>4,89</b>	0,52	2,81
$F_{\text{табл}}$		3,49		

За даними С.Е. Дегодюка та Л.В. Бобер, більший вплив на новоутворення ЛОР мають мінеральні добрива, менший – органічні [3]. Наші дослідження свідчать про зворотнє – органічна та органо-мінеральна система удобрення значно збільшують вміст ЛОР у ґрунті (табл. 4).

**Забезпеченість мікроелементами лабільної органічної речовини чорнозему типового важкосуглинкового за різних систем удобрення впродовж 21 року**

Варіант	Вміст ЛОР, мг/кг ґрунту	Вміст мікроелементів в органічній речовині, верхнє значення – мг/кг ґрунту, нижнє – мг/г ЛОР			
		Co	Cu	Fe	Zn
Контроль	532	<u>1,63</u> 3,06	<u>0,91</u> 1,70	<u>4,50</u> 8,46	<u>3,49</u> 6,55
Мінеральна система удобрення	517	<u>1,89</u> 3,66	<u>1,39</u> 2,69	<u>5,84</u> 12,92	<u>2,69</u> 5,22
Органічна система удобрення	1005	<u>1,49</u> 1,48	<u>1,04</u> 1,03	<u>4,00</u> 3,98	<u>1,41</u> 1,40
Органо-мінеральна система удобрення	1352	<u>1,71</u> 1,26	<u>1,80</u> 1,32	<u>4,33</u> 3,19	<u>1,91</u> 1,40
	<i>NIP<sub>0,5</sub></i>	<u>0,54</u> <b>0,76</b>	<u>0,26</u> <b>0,44</b>	<u>2,65</u> <b>3,15</b>	<u>0,6</u> <b>0,91</b>
	<i>NIP<sub>0,1</sub></i>	<u>0,78</u> <b>1,09</b>	<u>0,37</u> <b>0,63</b>	<u>3,80</u> <b>4,52</b>	<u>0,86</u> <b>1,31</b>

Примітка: Напівжирним шрифтом відмічено достовірну різницю між варіантами.

Судячи з результатів дослідів, тривале застосування різних систем удобрення найбільше вплинуло на якість ЛОР і, водночас, позначилося на запасах МЕ у цій частині органічної речовини ґрунту. Зокрема, запаси міді, що містяться в ЛОР, достовірно зросли на 0,89 мг за органо-мінеральної системи удобрення. Найвища забезпеченість 1 г ЛОР кобальтом, міддю та залізом спостерігається за мінеральної системи удобрення, але за найнижчого її вмісту. За органо-мінеральної системи удобрення, навпаки, спостерігається найвищий вміст ЛОР, а забезпеченість МЕ найнижча.

#### Висновки.

Застосування мінеральної системи удобрення на чорноземі типовому важкосуглинковому впродовж 21 року істотно збільшило вміст рухомих форм заліза в ґрунті, органічна система сприяла збільшенню вмісту рухомої міді, а органо-мінеральна – цинку. Органо-мінеральна система удобрення більше впливає на вміст Co і Cu в органічній речовині ґрунту, мінеральна система – на вміст Co та Fe у її лабільній частині.

#### Список літератури:

1. Анисимов В.С. Влияние органического вещества на параметры селективной сорбции кобальта и цинка почвами и выделенными из них илистыми фракциями / В.С. Анисимов, И.В. Кочетков, С.В. Круглов, Р.М. Алексахин // Почвоведение. – 2011. - № 6. – С. 675-684.

2. Господаренко Г.М. Вплив тривалого застосування добрив на вміст рухомих форм мікроелементів у ґрунті / Г.М. Господаренко, О.О. Машинник // Вісник ХНАУ. – 2011. – № 2. – С. 92 – 96.

3. Дегодюк С.Е. Вплив тривалого внесення добрив на вміст і якість гумусу сірого лісового ґрунту / С.Е.Дегодюк, Л.В. Бобер, О.А. Літвінова // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 1. – С. 57 – 60.

4. Кураков В.И. Влияние длительного применения удобрений на содержание тяжелых металлов в выщелоченном черноземе и продукции зерносвекловичного севооборота / В.И. Кураков, О.А. Минакова, Л.В.Александрова // Агрехимия. - № 11. - 2006. – С. 59-65.

5. Лебедевский И.А. Оценка содержания тяжелых металлов в черноземе выщелоченном при длительном применении удобрений // Агрехимический вестник. – 2010. – № 6. – С. 12 – 16.

6. Логинова И.В. Влияние систематического внесения удобрений в севообороте Лесостепи Украины на трансформацию микроэлементов и тяжелых металлов и поступление их в растения кукурузы / Современные проблемы загрязнения почв. – Сборник матер. III Междунар. науч. конф. - Москва, 24-28 мая 2010 г. – С. 115-119.

7. Минкина Т.М. Взаимодействие тяжелых металлов с органическим веществом чернозема обыкновенного / Т.М. Минкина, Г.В. Мотузова, О.Г. Назаренко // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С. 804 – 811.

8. Носовская И.И. Влияние длительного систематического применения различных форм минеральных удобрений и навоза на накопление в почве и хозяйственный баланс кадмия, свинца, никеля и хрома / И.И.

- Носовская, Г.А. Соловьев, В.С. Егоров // *Агрохимия*. – 2001. - №1. – С. 82-91.
9. Обухов А.И. Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга / А.И. Обухов, А.А. Попова // *Вестник Моск. Университета*. - Сер. 17. Почвоведение – 1992. - №3. – С. 31-39.
10. Понизовский А.А. Поглощение ионов меди (II) почвой и влияние на него органических компонентов почвенных растворов / А.А. Понизовский, Т. А. Студеникина, Е.В. Миرونенко // *Почвоведение*. - 1999. - № 7. - С. 850-859.
11. Потатуева Ю.А. Агроэкологическое значение примесей тяжелых металлов и токсичных элементов в удобрениях / Ю.А. Потатуева, Н.К. Сидоренкова, Е.Г. Прищин // *Агрохимия*. – 2002. - № 1. – С. 85-95.
12. Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе. – Новосибирск: Наука, 1976. – 107 с.
13. Тейт Р. Органическое вещество почвы – М.: Мир, 1991. – 400с.
14. Фатеев А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова – Харьков: Изд. КП «Типография № 13», 2005 – 134 с.
15. Ailincăi D. Influence of Organo-Mineral Fertilization on Wheat and Maize Crops and the Evolution of Soil Fertility Under Long-Term Experiments in the Moldavian Plane / D. Ailincăi, C. Ailincăi, M. Zbant, Ad. Mercus, D. Topa // *Cercetări Agronomice în Moldova*. – Vol. XLI. – No. 3 (135). – 2008. – p. 33-42.
16. Cakmak D. Effect of Long-Term Nitrogen Fertilization on Main Chemical Properties in Cambisol / D.Cakmak, E. Saljnikov, V. Perovic, D. Jaramaz / 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. – p. 291-293.

#### **TRACE ELEMENTS CONTENT OF TYPICAL CHERNOZEM'S ORGANIC MATTER UNDER DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS**

**M.M. Miroshnichenko, O.A. Lykova**

*In stationary experiments for agroecological monitoring determined the influence of long-term (12 and 21 years) using of mineral and organic fertilizers on microelement composition of a heavy-loam typical chernozem and its organic matter. The using of mineral fertilizer significantly increased the content of iron mobile forms in the soil, organic system contributed to the increase of mobile copper content and organo-mineral content of zinc mobile forms. Revealed that the organo-mineral fertilization system more influence on the content of Co and Cu in soil organic matter and mineral system - the content of Co and Fe in its labile part.*

*Key words: trace elements, the system of fertilization, organic matter, labile organic matter*

Одержано редколлегією 17.01.2012