

ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ В ОПТИМІЗАЦІЇ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А.

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
вул. Чайковська 4, 61024, м. Харків
kutova.ang@gmail.com

Досліджено вплив систематичного внесення органічних і мінеральних добрив упродовж двадцяти років на показники родючості чорнозему опідзоленого та їх вплив на вміст рухомих сполук мікроелементів в орному шарі ґрунту.
Ключові слова: чорнозем опідзолений, гумус, кислотність ґрунтового розчину, рухомі сполуки, кобальт, мідь, цинк.

Значение показателей плодородия почвы в оптимизации микроэлементного питания растений. Скрильник Е.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. Исследовано влияние систематического внесения органических и минеральных удобрений в течение двадцати лет на показатели плодородия чернозема оподзоленного и их влияние на содержание подвижных соединений микроэлементов в пахотном слое почвы. *Ключевые слова:* чернозем оподзоленный, гумус, кислотность почвенного раствора, подвижные соединения, кобальт, медь, цинк.

The value of soil fertility indicators of optimizing microelement nutrition of plants. Skrylnyk Ye., Kutova A., Hetmanenko V. The effect of the systematic application of organic and mineral fertilizers over a period of twenty years on the fertility of podzolic chernozem and their effect on the content of available compounds of microelements within the topsoil layer of soil was studied. *Key words:* podzolic chernozem, humus, soil acidity solution, available compounds, cobalt, copper, zinc.

Постановка проблеми. Погіршення останнім часом екологічного стану земель сільськогосподарського призначення, тенденція до зниження родючості ґрунтів, отримання рослинницької продукції переважно низького класу якості зумовлює перегляд пріоритетів у формуванні врожаїв із нормативними показниками їх біологічної цінності. За таких умов визначальним фактором, що забезпечує отримання біологічно повноцінних урожаїв сільськогосподарської продукції, є оптимальна кількість мікроелементів в орному шарі ґрунту, потенційна доступність їх кореневій системі вирощуваних культур.

Актуальність дослідження. Циклічні процеси синтезу і трансформації органічної речовини в агро-екосистемі є основою біогеохімічного кругообігу всіх біофільних елементів. Ґрунти, що використовуються в сільськогосподарському виробництві, різноманітні за своїми властивостями, і дія ґрунтових факторів, безперечно, впливає на процеси рухомості мікроелементів і їх доступності для сільськогосподарських культур.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Різні аспекти впливу мінеральної та органічної систем удобрення на мінеральне живлення культур і якість отриманого врожаю розглядалися в дослідженнях ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» в межах НТП НААН «Родючість, охорона і екологія ґрунтів» за завданням 01.02.02-031 «Розробити систему оперативної інформації щодо стану ґрунтів в екологічно чистих агроценозах та опрацювати заходи з поліпшення їх продукційних і екологічних функцій».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як показує аналіз наявної наукової літератури, на рухо-

мість мікроелементів у ґрунті, їх міграційну здатність, акумуляцію, винесення і доступність сільськогосподарським рослинам впливає цілий ряд факторів (вміст макроелементів, карбонатів кальцію, зволоженість ґрунту тощо), серед яких важливе значення має вміст органічної речовини та реакція ґрунтового середовища.

За даними Б.М. Хорошкіна [1], близько 50% загальної кількості цинку і міді у ґрунті міцно зв'язано органічною речовиною і стає доступним для сільськогосподарських культур тільки після мінералізації.

Мідь у ґрунтах представлена у двовалентній формі, їй притаманна висока міграційна здатність у кислому середовищі, однак за умов високої кислотності мікроелемент закріплюється органічною речовиною [2].

За умов кислої реакції ґрунтового розчину рухомість Мо зменшується, але збільшується рухомість Cu, Mn, Zn, Co [3; 4].

Дослідженнями БілНДІПА встановлено, що накопичення цинку в урожаї сільськогосподарських культур відбувається більшою мірою за умов рН ґрунту 5,5 у порівнянні з рН 6,2 [5].

Вчені К.С. Smith і Н.Л. Нуєк [6] описали рухомість мікроелементів за різних умов і дійшли висновку, що наявність часток, багатих залізом, марганцем і сірководнем, є найбільш істотними абіотичними факторами, що контролюють поведінку мікроелементів. Тобто ті метали, які чутливі до окислювально-відновних реакцій (Co, Fe, Mn), відіграють істотну роль у процесах осадження і розчинення в ґрунті.

Розчинність цинку в ґрунтах підвищується з підвищенням кислотності [7]. Факторами, які знижують

рухомість цього елемента, є наявність у ґрунті підвищеного вмісту розчинних фосфатів, лужна реакція середовища та нестача вологи. Рослини, вирощені на дерново-підзолистому суглинку, накопичували більше цинку, ніж на чорноземі.

Встановлено, що чорноземні ґрунти характеризуються низькою забезпеченістю сільськогосподарських рослин рухомими сполуками мікроелементів. Доступною для рослин у чорноземах є невелика частка від валового запасу мікроелементів, яка становить для Cu 0,8–8,8% [8; 9], Zn – 2% [8; 10], Co – 8–10% [8; 11].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Ґрунтові розчини з гумусових горизонтів містять органічні компоненти, здатні утворювати комплекси з іонами металів, що впливає на рухомість останніх і, відповідно, на їх доступність для рослин [12]. Органічна речовина найбільшою мірою знижує поглинання рослинами кальцію, заліза, міді, кобальту і молібдену і меншою – магнію, марганцю, бору, фосфору, калію і цинку. Встановлено, що зі збільшенням вмісту органічної речовини в ґрунтах концентрація елементів у рослинах зменшується.

У літературі трапляються суперечливі висновки щодо поглинання мікроелементів рослинами з ґрунту. За даними ряду авторів [13–15], існує пряма позитивна залежність між кількістю елементів у ґрунтах і їх концентрацією в рослинах. Інші дослідники [16–18], навпаки, заперечують наявність позитивної кореляції між вмістом елементів у ґрунтах і рослинах.

Вчений Г.Я. Рінккіс пояснює це тим, що кількість вилучених екстрагентом елементів живлення з однорідних за властивостями ґрунтів матиме меншу або більшу кореляцію з концентрацією цих елементів у рослинах [19]. Підвищення концентрації елементу в ґрунті, як правило, позитивно позначається як на його кількості, яка перейшла до екстрагента, так і на вмісті цього елементу в рослинах. Абсолютно інший результат виходить при зіставленні даних вмісту елементів у ґрунтах і рослинах при більш широкому наборі ґрунтів із різними властивостями. У цьому разі вплив ґрунтових чинників перебиває позитивну залежність між вмістом елементу в ґрунті і поглинанням його рослинами.

Новизна. Встановлено залежність забезпеченості рухомими сполуками кобальту, міді і цинку зернових сільськогосподарських культур від показників родючості чорнозему опідзоленого.

Методологічне або загальнонаукове значення. Польові дослідження проводили в тривалому стаціонарному досліді «ДГ Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», який закладено у 1989 р. Дослідження були спрямовані на визначення вмісту рухомих сполук кобальту, цинку і міді в орному шарі чорнозему опідзоленого в період максимального поглинання елементів живлення рослинами пшениці

озимої (фаза кушіння) і кукурудзи (фаза викидання волоті).

Ґрунтові зразки відбиралися у фазу кушіння пшениці озимої та у фазу викидання волоті кукурудзи з глибини 0–20 см у трикратній повторності. Відбирання ґрунтових проб та підготування їх до аналізу здійснювалося згідно з вимогами ДСТУ 4287:2007 [20]. У ґрунтових зразках визначали: загальний вміст органічної речовини за методом І.В. Тюріна за ДСТУ 4289:2004 [21]; кислотність ґрунту $pH_{\text{сол}}$ за ДСТУ ISO 10390-2001 [22]; рухомі сполуки Co, Cu, і Zn у буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрії Сатурн-4 за ДСТУ 4770:2007 [23–25].

Аналізи виконані в лабораторії інструментальних методів аналізу ННЦ ІГА (свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005, № 01-0104/2017).

Виклад основного матеріалу дослідження. Встановлено, що за умов тривалого систематичного внесення органічних і мінеральних добрив орний шар чорнозему опідзоленого характеризується високим вмістом гумусу, рухомого кобальту, середнім вмістом міді, низьким вмістом цинку та середньою кислотністю ґрунтового розчину (за ДСТУ 4362:2004).

Встановлено, що на рухомість мікроелементів у ґрунті впливає вміст гумусу та реакція ґрунтового середовища. На варіантах із високим вмістом гумусу вміст рухомого кобальту знижується на 13–18% (табл. 1). Підкислення ґрунтового розчину внаслідок внесення фізіологічно кислих добрив збільшує вміст рухомих сполук цинку на 9–84%.

У ґрунті кобальт може знаходитися у поглиненому стані на поверхні мінеральних та органічних колоїдів і його розчинність залежить від окисно-відновних умов [18]. У нашому досліді на удобрених варіантах під пшеницею озимою спостерігається зменшення рухомих форм кобальту в середньому на 15% порівняно з контролем. Під кукурудзою на зелену масу вміст рухомих форм кобальту на удобрених варіантах збільшився в середньому на 24% порівняно з контролем, але порівняно з варіантом під пшеницею озимою цей показник знизився в середньому на 63%. Очевидно, відбувається зв'язування мікроелементу органічною речовиною ґрунту, оскільки рухомість кобальту знижується на варіантах із найбільшим вмістом гумусу.

Мідь – слабміграційний елемент, кількість рухомих сполук якої залежить вмісту органічної речовини (гумінові та фульвокислоти здатні утворювати стійкі комплекси з міддю). На варіантах із внесенням органічних і мінеральних добрив зазначено збільшення рухомих форм міді, але неістотно. Різниця вмісту рухомих форм міді в ґрунті під рослинами пшениці озимої і кукурудзи, можливо, пов'язана з фазою розвитку рослини. Для пшениці озимої характерно інтенсивне поглинання міді у фазу наливу зерна.

Показники родючості ґрунту та вміст рухомих сполук мікроелементів у чорноземі опідзоленому (шар ґрунту 0–20 см)

Сумарна кількість добрив за 20 років	Вміст гумусу, %	pH _{сол}	мг/кг ґрунту		
			Co	Cu	Zn
сівозміна № 1 (пшениця озима – фаза колосіння)					
Без добрив (контроль)	4,16	5,4	0,91	0,20	1,02
Гній 100 т/га, N ₁₀₂₀ P ₁₀₃₅ K ₁₀₅₅	4,27	5,2	0,75	0,26	1,11
Гній 100 т/га, сидеральна маса (редька олійна) 15 т/га, N ₄₈₅ P ₅₀₅ K ₄₅₅	4,27	5,3	0,79	0,17	1,88
НІР ₀₅	0,08	0,11	0,22	0,08	0,85
сівозміна № 2 (кукурудза – фаза викидання волоті)					
Без добрив (контроль)	4,19	5,2	0,27	0,14	1,05
Гній 140 т/га, N ₁₀₇₅ P ₁₀₄₀ K ₁₀₆₀	4,32	4,9	0,33	0,17	0,81
Гній 110 т/га, гичка буряків цукрових 3 т/га, соломка вівса 2 т/га, N ₅₈₀ P ₅₃₀ K ₄₈₀	4,29	4,8	0,34	0,15	0,55
НІР ₀₅	0,10	0,09	0,13	0,05	0,30
Оптимальний вміст для зернових культур [26]	-	-	1,0	1,5	2,0

Таким чином, тривале внесення органічних і мінеральних добрив змінює рухомість мікроелементів, що позначається на зниженні рухомості кобальту (в першій сівозміні під пшеницею озимою) і цинку (в другій сівозміні під кукурудзою).

Регресійний аналіз для виявлення залежності вмісту рухомих сполук мікроелементів, мг/кг (у) від вмісту гумусу, % (x₁) і pH_{сол} ґрунту (x₂) характеризувався такими рівняннями:

$$y = -10,49 + 1,12x_1 + 1,23x_2 \text{ для кобальту (R = 0,64)} \quad (1)$$

$$y = -29,91 + 4,34x_1 + 2,45x_2 \text{ для цинку (R = 0,66)} \quad (2)$$

$$y = -1,19 + 0,17x_1 + 0,12x_2 \text{ для міді (R = 0,76)} \quad (3)$$

Встановлено обернений зв'язок з вмістом гумусу і ступенем кислотності ґрунтового розчину і вмістом у ґрунті рухомих сполук кобальту, цинку і міді (1-3). Органічна речовина ґрунту найбільшою мірою знижує поглинання рослинами кобальту і міді, меншою мірою – цинку. Отже, вміст рухомих сполук досліджених мікроелементів знаходиться в оберненому зв'язку з вмістом гумусу в ґрунті. Це означає, що складова частина органічної речовини сприяє сорбції й утворенню нерозчинних комплексів мікроелементів. За підкислення ґрунтового розчину збільшується рухомість цинку, кобальту і міді.

Головні висновки. В умовах польових дослідів на ґрунтах із вмістом гумусу від 4,1 до 4,3% та ступенем кислотності ґрунтового розчину від 4,8 до 5,3 зернові сільськогосподарські культури будуть відчувати потребу в кобальті, міді та цинку.

Перспективи використання результатів дослідження. Для усунення наслідків нестачі мікроелементів у ґрунтах із підвищеним вмістом гумусу і для отримання зерна пшениці озимої і кукурудзи з оптимальним вмістом міді, цинку і кобальту необхідно забезпечити надходження мікроелементів із добривами у позакореневе підживлення, щоб запобігти зв'язування елементів органічною речовиною.

Література

1. Хорошкин Б.М. Микроэлементы в почвах и растениях. Химизация сельского хозяйства. 1990. № 12. С. 49–50.
2. Кудашкин М.И. Медь и эффективность медьсодержащих удобрений в дерново-подзолистых и пойменных почвах. Агрохимия. 2003. № 7. С. 11–18.
3. Соловьев В.М. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах Ярославской области. Агрохимический вестник. 2006. № 6. С. 8–9.
4. Mesquita M.E. Application of Langmuir and Freundlich isotherms to Cu–Zn competitive adsorption in two soils. Effect of pH. Agrochimica. 2001. № 1–2. P. 32–45.
5. Цыганов А.Р., Персикова Т.Ф., Реуцкая С.Ф. Микроэлементы и микроудобрения: учебное пособие / за ред. А.Р. Цыганова. Минск, 1998. 122 с.
6. Smith K.S., Huyck H.L. The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits: Part A. Processes, Techniques, and Health Issues. Rev. Econ. Geol. Eds. G.S. Plumlee, J.J. Logsdon. 1999. 6A. P. 29–70.
7. Munsuk S.Y., Bruce R.J. Zinc exchangeability as a function of pH in citric acid-amended soils. Soil Science. 2003. № 5. P. 356–367.
8. Акимцев В.В., Шаури Б.К. Содержание марганца, кобальта, меди, цинка и молибдена в североприазовских и предкавказских черноземах и их влияние на рост и урожайность кукурузы и подсолнечника. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. К. 1963. С. 449–452.

9. Kabata-Pendias A. Trace metals in soils—agricultural and ecological assessment. Biogeochemistry and Geochemical Ecology. Ecology and the biogeochemical study of taxons of the biosphere: Selected Presentation of the 2 nd Russian School (Moscow, 25–28 January, 1999). М., 1999. P. 57–65.
10. Малаканова В.П., Корнев В.А. Роль микроэлементов в повышении урожайности гибридов кукурузы и их материнских форм. Кукуруза и сорго. 2005. № 4. С. 2–4.
11. Саєт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М: Недра, 1990. 335 с.
12. Ермоленко Н.Ф. Микроэлементы и коллоиды почв. 2-е изд. Минск: Наука и техника, 1966. 324 с.
13. Лукин С.В., Авраменко П.М., Меленцова С.В. Динамика содержания подвижных форм цинка и марганца в пахотных почвах Белгородской области. Агрохимия. 2006. № 7. С. 5–8.
14. Лукин С.В., Авраменко П.М. Цинк в агроландшафтах Белгородской области. Агрохимический вестник. 2005. № 5. С. 4–5.
15. Ясковец І.І., Протас Н.М., Калініченко А.В. Модельні уявлення про процеси проникнення мікроелементів у кореневу систему рослин. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2003. № 3–4. С. 8–10.
16. Елькина Г.Я. Поведение цинка в системе почва–растение в условиях европейского северо-востока. Агрохимия. 2009. № 11. С. 57–64.
17. Иванова О.Г., Пугачев А.А. Содержание микроэлементов в пахотных почвах севера Дальнего Востока. Агрохимия. 2003. № 1. С. 8–13.
18. Федоров А.А. Новый подход к определению реально доступных растениям элементов питания в почве. Агрохимия. 2002. № 7. С. 32–39.
19. Микроэлементы в комплексе минерального питания растений / под ред. Я.В. Пейве, Рига: Зинатне, 1975. 216 с.
20. ДСТУ 4287:2007. Якість ґрунту. Відбирання проб. Чинний від 2005–07–01. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
21. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. Чинний від 2004–30–04. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 12 с.
22. ДСТУ ISO 10390–2001. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:1994, IDT). Чинний від 2002–01–04. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 11 с.
23. ДСТУ 4770.5:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кобальту в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектروفотометрії. Чинний від 2007–28–04. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
24. ДСТУ 4770.3:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектروفотометрії. Чинний від 2007–28–04. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
25. ДСТУ 4770.6:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектروفотометрії. Чинний від 2007–28–04. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
26. Фатеев А.И., Захарова М.А. Основы применения микроудобрений. Харьков: Типография № 13, 2005. 134 с.
27. Фатеев А.І., Мірошніченко М.М. Застосування мікродобрив. Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах. Київ – Харків, 2003. С. 85–94.