

УДК 631.423.4: 631.453:  
631.417.2: 631.417.8  
© 2013

*А.І. Фатєєв,*  
доктор сільсько-  
господарських наук  
*Д.О. Семенов,*  
кандидат сільсько-  
господарських наук  
*М.М. Мірошниченко,*  
доктор біологічних наук  
*О.А. Ликова*  
*К.Б. Смірнова,*  
кандидат сільсько-  
господарських наук  
*А.М. Шемет*  
Національний  
науковий центр «Інститут  
ґрунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського»

## **СПІВВІДНОШЕННЯ $S_{ГК}/C_{ФК}$ У ҐРУНТАХ УКРАЇНИ ЯК ПОКАЗНИК РУХОМОСТІ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ**

*Установлено, що мікроелементи та важкі метали в різних компонентах органічної речовини ґрунтів розподілені нерівномірно. Показано, що мікроелементи в складі фульвокислот є актуальним резервом для рослин. Доведено, що зі збільшенням умісту фульвокислот посилюється рухомість мікроелементів та важких металів у різних типах ґрунтів.*

**Ключові слова:** мікроелементи, важкі метали, фульвокислоти, гумінові кислоти, прогнозування.

Органічна речовина ґрунту є одним із найактивніших його компонентів і зумовлює показники ємності вбирання, агрофізичні, мікробіологічні властивості ґрунтів та їхню родючість загалом. Тривалий час гумус розглядали лише як джерело макроелементів у ґрунтах, за мінералізації якого вивільняється значна кількість N, P та S [5, 8]. Проте в подальшому було з'ясовано, що вміст гумусу є важливим показником депонування мікроелементів (МЕ) та важких металів (ВМ) у ґрунтах [6]. Автор [1] відзначив важливу роль саме лабільної органічної речовини ґрунтів як найактивнішого компонента в забезпеченні рослин елементами мінерального живлення. Ця складова частина ґрунту, яка представлена переважно групою органічних речовин фульватної природи, відіграє важливу роль у живленні рослин. Вона є першоджерелом N, забезпечує рослини фосфорною кислотою, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та рядом інших елементів [1]. Мікроелементи, пов'язані з фульвокислотами (ФК) або низькомолекулярними органічними сполуками ґрунтів, є більш доступними для коренів рослин та ґрунтової біоти, ніж ті, що акумульовані в гумінових кислотах (ГК), які можуть утворювати водорозчинні і нерозчинні комплекси з іонами та гідратованими оксидами металів. Вважається, що основним механізмом такої доступності є утворення внутрішньокomплекси солей, або хелатів мікроелементів із ФК та іншими розчинними органічними речовинами (РОР). Утворення хелатів — важливий

фактор ґрунтоутворних процесів, який має велике значення для надходження поживних речовин до коренів рослин. Ці комплекси, на відміну від простих солей металів, зберігають підвищену рухомість у широкому інтервалі рН та є більш доступними для рослин порівняно з такими сильними комплексоутворювачами, як ЕДТА та лимонна кислота [2,4].

Гумусні сполуки відіграють важливу роль у біосфері не лише завдяки здатності до утворення комплексів і регулювання надходження хімічних елементів у рослини. Фульвокислоти є головним комплексом природних поверхневих вод та ґрунтових розчинів. Зокрема, розчинні металоорганічні комплекси є основною формою міграції МЕ та ВМ у дерново-підзолистих ґрунтах, вони швидко реагують на надходження ВМ і зв'язують їх у комплексні сполуки [3].

Для надійного прогнозування забезпеченості ґрунтів МЕ та їхньої стійкості до забруднення ВМ потрібно знати не лише їхній загальний уміст в органічних речовинах у цілому, а й у його окремих складниках, зокрема гумінових та фульвокислотах.

**Мета досліджень** — визначити закономірності впливу співвідношення гумінових та фульвокислот в органічній речовині ґрунтів на рухомість мікроелементів і важких металів.

**Методика досліджень.** Для визначення впливу різних компонентів органічної речовини на рухомість мікроелементів було відібрано зразки орного шару різних типів ґрунтів (від

1. Уміст мікроелементів у гумінових та фульвокислотах, мг/кг препарату

Препарат	Уміст мікроелементів								
	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Cd	Pb
ГК	1062	55	3,5	9,3	5,8	7,5	10,5	0,65	28
ФК	800	29	100	140	22	15	38	3,7	76

дерново-підзолистих ґрунтів та буроземів до темно-каштанових), що розташовані в різних ґрунтово-кліматичних зонах України і значно різняться за своїми основними властивостями. Для визначення вмісту мікроелементів у гумусних кислотах використовували препарати ГК та ФК чорнозему опідзоленого, отримані за методом Д.С. Орлова. Уміст мікроелементів у препаратах гумусних кислот визначали атомно-абсорбційним методом після спалювання за температури 500°C упродовж 5 год із подальшим обробленням отриманої золи 10%-м розчином HCl. Лабораторний дослід із компостуванням здійснювали в термостаті протягом 3 місяців за методикою Кравкова за температури 26–28°C та вологості 60% від повної капілярної вологоємності; повторність — 6-разова.

Загальний уміст органічної речовини в ґрунтах визначали за методом Тюріна (ДСТУ 4289:2004), частку гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів — за методом Конової-Бельчикової (МВВ 31-497058-006–2002), уміст рухомих форм мікроелементів — методом атомно-абсорбційної спектроскопії за ДСТУ 4770.1:2007 — ДСТУ 4770.9:2007. Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою програмних засобів Statistica 10.

**Результати досліджень.** У добре гумусованих ґрунтах уміст мікроелементів значно вищий порівняно з малогумусними. Проте розподіл цих речовин між різними фракціями гумусу також є нерівномірним. Під час дослідження зразків орного шару чорнозему опідзоленого важкосуглинкового встановлено, що найбільша концентрація в складі гумінових кислот була характерна для Mn. Загальний уміст Mn у препараті ГК майже вдвічі перевищував його вміст у ФК (табл. 1). Розподіл Fe між цими фракціями органічної речовини ґрунту був майже рівномірним із незначним переважанням у складі гумінових кислот — 1062 мг/кг проти 800 мг/кг препарату. Інші елементи накопичувалися в складі фульватного гумусу. Уміст Cu в складі ФК майже в 30 разів перевищував уміст цього металу в складі ГК. Також було встановлено істотно вищий уміст Zn і Co у фракції фульвокислот — 140 мг/кг проти 9,3 мг/кг та 22 мг/кг

проти 5,8 мг/кг препарату відповідно. Особливо слід відзначити насиченість ФК не лише корисними ME, а й небезпечними забруднювачами навколишнього середовища — Pb та Cd. Уміст Pb у складі ФК становить 76 мг/кг препарату, що майже втричі більше, ніж у складі ГК. Для Cd таке співвідношення є більш широким — 3,7 мг/кг препарату проти 0,65 мг/кг відповідно. Отримані дані свідчать про те, що посилена реакційна здатність фульватних органічних сполук виявляється насамперед для іонів Cu, Zn, Co, Pb, Cd, Cr та Ni.

Отримані нами результати добре узгоджуються з роботами інших учених. Автором [7] встановлено, що у ФК різних типів ґрунтів міститься значно більше ME, ніж у ГК.

Для підтвердження біологічної доступності форм мікроелементів, зосереджених у лабільних фракціях гумусу, було проведено лабораторний дослід із компостуванням чорнозему опідзоленого впродовж 3 міс. Найбільшу мікробіологічну мобілізацію мали Zn та Co, які переважали у фракції ФК. Початковий уміст рухомих форм Zn становив 2,97 мг/кг ґрунту, після компостування — 5,69 мг/кг, що на 92% вище від початкового рівня, значення  $НІР_{05}$  — 1,96.

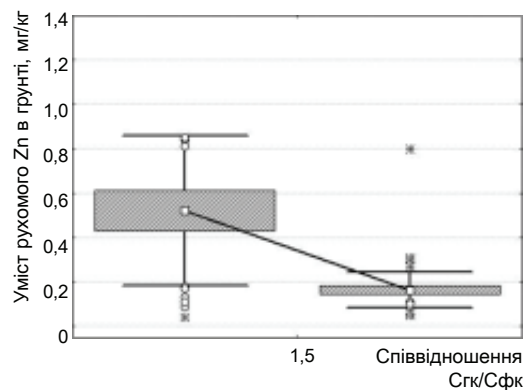
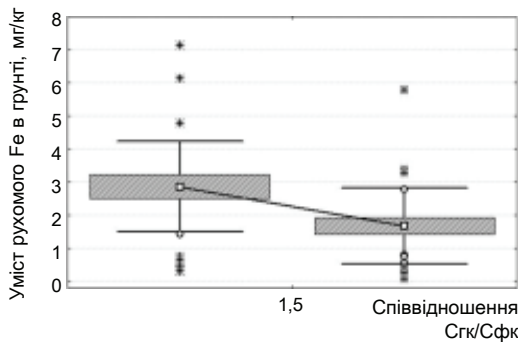


Рис. 1. Вплив співвідношення вмісту гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів на рухомість Zn: □ — середнє; □ — ± стандартна похибка; I — ± стандартне відхилення; ○ — викиди; ж — грубі викиди. Позначення дано для рис. 1–5.

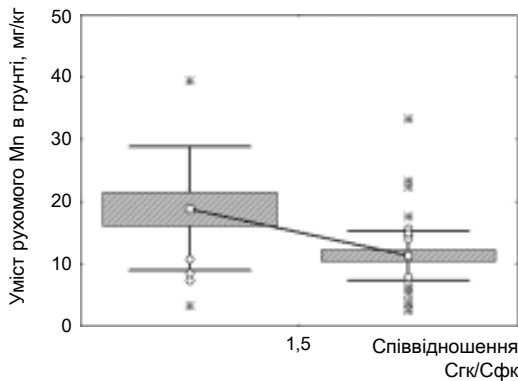
**2. Оцінка різниці між умістом мікроелементів у ґрунтах залежно від співвідношення гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини**

Показник	Уміст рухомих форм у ґрунті, мг/кг		Критерій Фішера, $p=0,05$	
	$S_{ГК}/C_{Фк}$		$F_{факт}$	$F_{крит}$
	<1,5 $n = 14$	>1,5 $n = 21$		
Zn	0,52	0,16	17,2*	2,5
Fe	2,86	1,68	2,8	2,5
Pb	1,77	1,03	1,5	2,5
Mn	18,85	11,31	6,2	2,5
Co	0,34	0,25	1,1	2,5

\* Значення  $F_{факт}$ , що свідчать про істотні відмінності між вибірками.



**Рис. 2. Вплив співвідношення вмісту гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів на рухомість Fe**



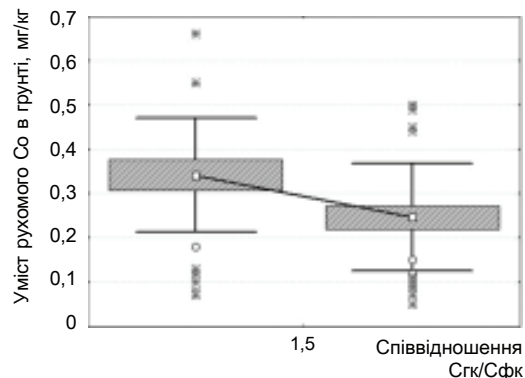
**Рис. 3. Вплив співвідношення вмісту гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів на рухомість Mn**

Для Co початковий уміст доступних сполук становив 0,39 мг/кг, після компостування впродовж 3 міс. — 0,63 мг/кг, що на 62% вище від початкового рівня за  $НІР_{05} 0,08$ . Для Mn, переважний уміст якого виявляється у ГК, та для Fe, яке більш рівномірно розподілене за різними компонентами органічної речовини, не було встановлено такого значного збагачення.

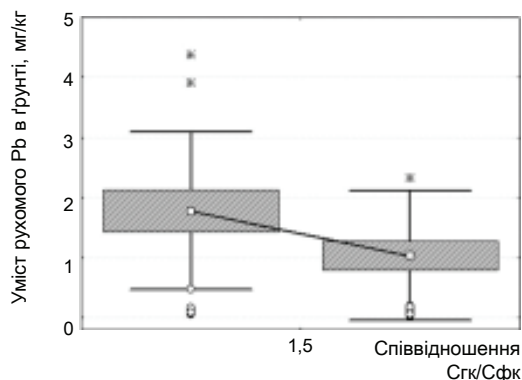
Початковий та кінцевий уміст рухомого Mn різняться лише на 11% — 64,85 та 71,58 мг/кг ґрунту відповідно, що перебуває у межах помилки досліду. Для рухомого Fe мікробіологічна мобілізація була менш значною — лише 2%, або 7,28 мг/кг ґрунту проти 7,44. Ці результати свідчать про важливу роль ФК у забезпеченні ґрунтів рухомими формами МЕ.

Фульватна частина гумусу більше збагачена окремими мікроелементами порівняно із гуміновими кислотами. Проте активні органічні речовини є не лише джерелом, а й агентом рухомості мікроелементів. Вони захищають їх від окислення та необмінного поглинання. Під час дослідження зразків орного шару основних типів ґрунтів України встановлено, що ґрунти з підвищеним умістом фульвокислот, як правило, мають підвищений уміст рухомих форм МЕ. Найістотніші відмінності були характерними для Zn (рис. 1).

За умов співвідношення вмісту гумінових та



**Рис. 4. Вплив співвідношення вмісту гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів на рухомість Co**



**Рис. 5.** Вплив співвідношення вмісту гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів на рухомість Pb

фульвокислот менше 1,5 уміст рухомих сполук цього мікроелемента становить у середньому 0,52 мг/кг із коливаннями 0,04–2,60 мг/кг ґрунту. Зі збільшенням умісту гумінових речовин рухомість значно знижується — середній уміст рухомих форм Zn становить 0,16 мг/кг ґрунту з коливаннями в межах 0,05–0,80 мг/кг. Між цими значеннями існує істотна різниця, яка доведена за допомогою критерію Фішера (табл. 2).

Так само зміни в груповому складі органічної речовини впливали на рухомість Fe. У ґрунтах із високим умістом фульватного гумусу вміст рухомих сполук Fe в середньому стано-

вить 2,86 мг/кг із коливанням у межах 0,29–8,12 мг/кг. За підвищення частки гумінових кислот рухомість цього металу значно знижується і становить у середньому 1,68 мг/кг ґрунту з коливанням у межах 0,07–9,48 мг/кг.

Співвідношення ГК/ФК також істотно впливало на розподіл рухомих форм Mn (рис. 3). Для ґрунтів із високим умістом фульватного гумусу середній уміст рухомого Mn у середньому становить 18,85 мг/кг із варіюванням у межах 3,33–80,4 мг/кг ґрунту. У разі переходу значень співвідношення С гумінових до С фульвокислот через позначку 1,5 уміст рухомих форм Mn достовірно знижується до 11,31 мг/кг ґрунту.

Груповий склад органічної речовини також впливає на розподіл рухомих форм Co та Pb (рис. 4, 5). Для рухомих форм Co характерне зниження з 0,34 мг/кг ґрунту до 0,25 мг/кг із підвищенням умісту гумінових кислот. Аналогічне зниження було властивим і для рухомих сполук свинцю — з 1,77 мг/кг ґрунту до 1,03 відповідно. Проте в цьому разі таке зниження можна розглядати як тенденцію. Значення  $F_{\text{факт}}$  для рухомих форм Co і Pb не перевищує  $F_{\text{крит}}$ , яке для цих вибірок становить 2,5 (табл. 2).

Доведено, що зі збільшенням частки фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів підвищується уміст рухомих форм Zn, Fe та Mn, що можна використати для прогнозування забезпеченості ґрунтів рухомими формами ME.

## Висновки

Установлено, що мікроелементи та важкі метали накопичуються в різних компонентах органічної речовини ґрунтів. Cu, Zn, Co, Pb, Cd, Cr та Ni концентрувалися у фульватній частині гумусу і лише Mn — у гумінових кис-

лотах, розподіл Fe можна охарактеризувати як рівномірний. Зміни співвідношення між цими 2-ма групами гумусних речовин у різних типах ґрунтів України призводять до зміни в рухомості мікроелементів та важких металів.

## Бібліографія

- Егоров М.А. Подвижное органическое вещество почвы как один из показателей степени окультуренности ее/М.А. Егоров//Записки Харьков. с.-х. ин-та. — 1938. — Т. I. — Вып. 2. — С. 3–38.
- Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях/А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
- Карпухин А.И. Функции комплексных соединений в генезисе и плодородии почв/А.И. Карпухин//Известия ТСХА. — 1989. — № 4. — С. 54–61.
- Кауричев И.С., Водорастворимые железоорганические соединения в почвах таежно-лесной зоны/И.С. Кауричев, А.И. Карпухин//Почвоведение. — 1986. — № 3. — С. 66–72.
- Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР/Д.Н. Прянишников. — М.: АН СССР, 1945. — 197 с.
- Содержание и формы микроэлементов в почвах; под ред. Н.Г. Зырина. — М.: МГУ, 1979. — 387 с.
- Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв/М.Д. Степанова. — Новосибирск: Наука, 1976. — 107 с.
- Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования/Н.А. Туев. — М.: Агропромиздат, 1989. — 239 с.

Надійшла 29.04.2013.