

UDK 631.423.4: 631.453:631.417.2: 631.417.8

D. O. Semenov, Cand. Sci. (Agric.)

National Scientific Center «Institute of Soil Science and Agrochemistry Research
named after O. N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine
e-mail: Fateev_oхранa@rambler.ru, pochva@meta.ua

INFLUENCE OF QUALITATIVE COMPOSITION OF SOIL ORGANIC MATTER ON TRANSLOCATION OF ZINC IN CROPS

Abstract. *Purpose.* The role of fulvic acids a source of N, P, K and other nutrients is well-known. However, these substances have a high content of zinc, copper, manganese and other trace elements in the composition. In this article we tried to determine the role of soil organic matter and its components on the availability of micronutrients for plants. *Methods.* The research was conducted using green house, laboratory and mathematical methods. Plants were grown for 6 types of soils: sod-podzolic, gray forest, chernozem podzolic, chernozem typic, chernozem ordinary and chestnut saline soil that are significantly different in composition of organic matter and other properties. Mobile forms of zinc in the soil was extracted with 1N buffer solution of ammonium acetate, pH 4,8. The determination of zinc content in plants and soil samples was conducted with atomic absorption method. *Results.* The greatest accumulation of zinc in the green mass of barley, oats, peas and buckwheat was on the gray forest and sod-podzolic soils, where the fulvic acids predominate in the humus. Smallest accumulation of zinc in plants characteristic of the soil where the ratio Ch_a / C_{fa} was greater than 1. For example, the content of zinc in the green mass of oats, which was grown on a gray forest soil is 30 mg / kg dry weight, and the plants are grown on colored saline soils is several times lower - 7 mg / kg. Accumulation of zinc in plants depends essentially on their plant species. The highest accumulation of zinc among the studied crops have peas and buckwheat. Under favorable conditions, they accumulate 70 and 85 mg / kg dry weight, respectively. The smallest accumulation of zinc in the green mass has grasses. Under favorable conditions, they accumulate this trace mineral in an amount of 35 mg / kg dry weight. *Novelty.* This factor by force of impact on the translocation of zinc in plants dominated by the influence of important soil properties as pH, content of physical clay particles, content of organic matter and even content of available forms of zinc. Exceptions were only buckwheat plants for which the accumulation of zinc was determined by the pH of the soil ($r = -0,82$) and does not depend on the content of mobile forms of this trace elements. *Conclusions.* The qualitative composition of the soil organic matter can be used as a reliable indicator of content of mobile forms of zinc and their availability to plants.

Keywords: soil, soil organic matter, the ratio Ch_a / C_{fa} , zinc, mobility, translocation.

УДК 631.423.4: 631.453:631.417.2: 631.417.8

Д. А. Семёнов, канд. с.-х. наук

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского», Харьков, Украина
e-mail: Fateev_ohrana@rambler.ru, pochva@meta.ua*

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ НА ПОСТУПЛЕНИЕ ЦИНКА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Установлено, что качественный состав органического вещества почв оказывает существенное влияние на накопление цинка в сельскохозяйственных культурах. Наибольшее накопление цинка в зелёной массе ячменя, овса, гороха и гречихи наблюдалось на серой лесной и дерново-подзолистой почвах, где соотношение $C_{ГК} / C_{ФК}$ составляет менее 1. Данный критерий также хорошо согласуется с наличием доступных форм цинка в почвах.

Ключевые слова: почва, органическое вещество почвы, соотношение $C_{ГК}/C_{ФК}$, цинк, подвижность, транслокация.

УДК 631.423.4: 631.453:631.417.2: 631.417.8

Д. О. Семенов, канд. с.-г. наук

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, Україна
e-mail: Fateev_ohrana@rambler.ru, pochva@meta.ua*

ВПЛИВ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ҐРУНТІВ НА НАДХОДЖЕННЯ ЦИНКУ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ КУЛЬТУРИ

Установлено, що якісний склад органічної речовини ґрунтів істотно впливає на надходження цинку в сільськогосподарські культури. Найбільше накопичення цинку в зеленій масі ячменю, вівса, гороху та гречки відбувалося на сірому лісовому та дерново-підзолистому ґрунтах, де співвідношення $C_{ГК} / C_{ФК}$ становить менше 1. Цей критерій добре узгоджується з наявністю доступних форм цинку в ґрунтах.

Ключові слова: ґрунт, органічна речовина ґрунту, співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$, цинк, рухомість, транс локація.

Вступ. Одним з головних питань дослідження поведінки мікроелементів (МЕ) в ґрунтах є встановлення доступності їх рослинам. Рухомість МЕ в ґрунтах залежить від багатьох факторів, серед яких головну роль відіграють індивідуальні характеристики елементів, їх концентрація та власне властивості ґрунтів. Серед останніх найважливішими традиційно вважаються реакція ґрунтового розчину, гранулометричний та літологічний склад порід, окисно-відновний потенціал ґрунтів і вміст органічної речовини в них.

Високий вміст у гумусі різних типів ґрунтів властивий для Mo, Ni, Cu, V, Co, Zn, Pb та інших металів – коефіцієнт збагачення дорівнює від 10 до 1000

(Ковда, 1985). Але, крім загального вмісту органічної речовини ґрунтів, істотний вплив на міграцію мікроелементів завдають її природа та якісний склад (Зирін, 1979). На думку більшості вчених, якість гумусу розуміють як зіставлення окремих фракцій органічних речовин, що вилучаються з ґрунту різними розчинниками. Головним критерієм визначення якості гумусу вони вважають співвідношення вмісту вуглецю гумінових кислот та фульвокислот (Дегтярьов, 2011).

Значна частина МЕ, які зв'язані з органічною речовиною, концентруються у фульвокислотах (ФК). Це явище є закономірним, зважаючи на високу дисперсність, гідрофільність та вищу реакційну здатність ФК, які більш насичені функціональними групами порівняно з гуміновими кислотами (ГК). Здатність до комплексоутворення у ФК таким чином вища, ніж у ГК (Степанова, 1976). Присутність у ґрунтах і ґрунтових розчинах металоорганічних сполук потребує детального дослідження їх ролі в живленні рослин і розробки, можливо принципово нових підходів до вирішення питань діагностики забезпеченості рослин доступними формами мікроелементів (Химия почвы, 1978). Підтвердженням цьому є результати наших досліджень, що свідчать про вагомий вплив фульвокислот на вміст доступних форм МЕ в орному шарі ґрунтів України. Наприклад, уміст рухомих сполук МЕ у ґрунтах істотно залежить від співвідношення цих компонентів у складі органічної речовини. Найвищий вміст рухомого Zn було зафіксовано у ґрунтах, де співвідношення $C_{ГК} / C_{ФК}$ є меншим 1. За таких умов уміст рухомого цинку становить у середньому 0,68 мг/кг ґрунту. За умов значення показника $C_{ГК} / C_{ФК}$ вище 1 вміст доступного цинку значно зменшується і становить у середньому 0,17 мг/кг ґрунту. Аналогічний взаємозв'язок простежується між показником співвідношення $C_{ГК} / C_{ФК}$ і вмістом рухомих форм марганцю, заліза та кобальту (Фатеев та ін., 2014). Проте, одним з найбільш надійних критеріїв оцінки рухомості МЕ є їх транслокація до рослин.

Стаття є спробою встановити взаємозв'язок між якісним складом органічної речовини ґрунтів і накопиченням мікроелементів у рослинах на прикладі цинку. Це елемент вибраний нами не випадково, адже більшість ґрунтів на території України має незадовільну забезпеченість рухомими формами Zn (Оптимізація мікроелементного живлення..., 2012).

Об'єкти і методи досліджень Для з'ясування впливу якісного складу органічної речовини ґрунтів на доступності мікроелементів було проведено модельний експеримент з різними типами ґрунтів, які істотно відрізняються за співвідношенням вуглецю гумінових і фульвокислот ($C_{ГК}/C_{ФК}$) та іншими основними властивостями – дерново-підзолистому (рН водний 6,1, уміст гумусу 0,8 %, фізичної глини 16,3 %, $C_{ГК}/C_{ФК}$ 0,92), сірому лісовому (рН водний 6,8, уміст гумусу 3,1 %, фізичної глини 53,0 %, $C_{ГК}/C_{ФК}$ 0,78), чорноземі опідзоленому (рН водний 6,8, уміст гумусу 2,7 %, фізичної глини 49,6 %, $C_{ГК}/C_{ФК}$ 2,24), чорноземі типовому (рН водний 6,9, уміст гумусу 5,1 %, фізичної глини 56,3 %, $C_{ГК}/C_{ФК}$ 2,83), чорноземі звичайному (рН водний 7,1, уміст гумусу 2,7 %, фізичної глини 49,6 %, $C_{ГК}/C_{ФК}$ 2,90) та каштановому солонцюватому (рН водний 7,9, уміст гумусу 1,1 %, фізичної глини 36,4 %, $C_{ГК}/C_{ФК}$ 5,33). Вирощували с.-г. культури різних сімейств: ячмінь, овес, горох та гречку. Урожай зеленої маси злаків

збирали у фазу початку колосіння, гороху у фазу бутонізації, гречки – у фазу цвітіння. Дослід проводили у трикратній повторності, маса ґрунту в кожній з них становить 1,0 кг.

Визначення загального вмісту органічної речовини в ґрунтах виконували за методом Тюріна ДСТУ 4289:2004, визначення частки гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини ґрунтів – за методом Конової-Бельчикової МВВ 31-497058-006-2002. Визначення вмісту рухомих форм цинку у ґрунті – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії за ДСТУ 4770.2:2007. Визначення Zn в рослинах визначали за (ГОСТ 26929-94) після мінералізації за (ГОСТ 26929-86) атомно-абсорбційним методом з полуменевою атомізацією. Статистична обробка здобутих результатів – за допомогою програмних засобів Statistica 10.

Результати та їх обговорення. Накопичення цинку в рослинах досить добре узгоджується з показником співвідношення вуглецю гумінових та фульвокислот у ґрунтах, проте такий взаємозв'язок був властивий не для всіх видів с.-г. культур. Найбільшим накопиченням Zn в зеленій масі характеризувалися рослини вівса, які вирощували на сірому лісовому ґрунті – 29,6 мг/кг сухої маси. Найнижчий уміст цинку (7,3 мг/кг) був властивий рослинам з каштанового солонцюватого ґрунту, який володіє найширшим співвідношенням $C_{ГК}$ до $C_{ФК}$, що є вкрай недостатнім. За здатністю транс локації Zn до рослин інші типи ґрунтів займали проміжне положення – 17,4–25,2 мг/кг сухої маси (рис. 1).

Аналогічними були закономірності накопичення цинку рослинами гороху. Найвищий уміст цього металу був властивий рослинам, які вирощували на сірому лісовому ґрунті з найнижчим співвідношенням $C_{ГК}$ до $C_{ФК}$ – у середньому 69,3 мг/кг сухої маси. Близькими за накопиченням Zn були рослини з дерново-підзолистого ґрунту, в органічній речовині якого також превалюють фульвокислоти – 61,1 мг/кг. Уміст цинку в рослинах, які вирощували на чорноземних ґрунтах є доволі близьким – він варіює в межах 30,3–48,7 мг/кг. Істотно нижчим, як і в попередньому випадку, є надходження цього мікроелементу в рослини гороху на каштановому солонцюватому ґрунті – 22,1 мг/кг. Подібним чином відбувалося накопичення Zn в рослинах ячменю на досліджуваних нами типах ґрунтів. Проте необхідно відзначити порівняно менший вплив співвідношення вуглецю гумусових кислот в органічній речовині ґрунтів на надходження цинку в рослини ячменю – г дорівнює -0,53.

Інакше ґрунтові властивості визначали транслокацію цинку в рослини гречки. Показник співвідношення $C_{ГК}$ до $C_{ФК}$ в органічній речовині ґрунтів достовірно впливає на накопичення цього мікроелементу в зеленій масі культури ($r = -0,70$), проте найбільш сильний вплив на цей процес завдавала кислотність ґрунту. Установлено, що найвищий уміст Zn в рослинах гречки був зафіксований на дерново-підзолистому ґрунті – у середньому 83,1 мг/кг сухої маси. На чорноземі опідзоленому та сірому лісовому ґрунтах уміст цього металу в росинах був удвічі меншим і складав 42,3 та відповідно 36,3 мг/кг. Значно нижчим був уміст Zn в рослинах, що вирощували на чорноземах типовому та звичайному – 20,0–22,8 мг/кг сухої маси. Найбільш слабким, як і в попередніх випадках, було надходження Zn в рослини гречки на каштановому солонцюватому ґрунті –

13,7 мг/кг (рис. 2).

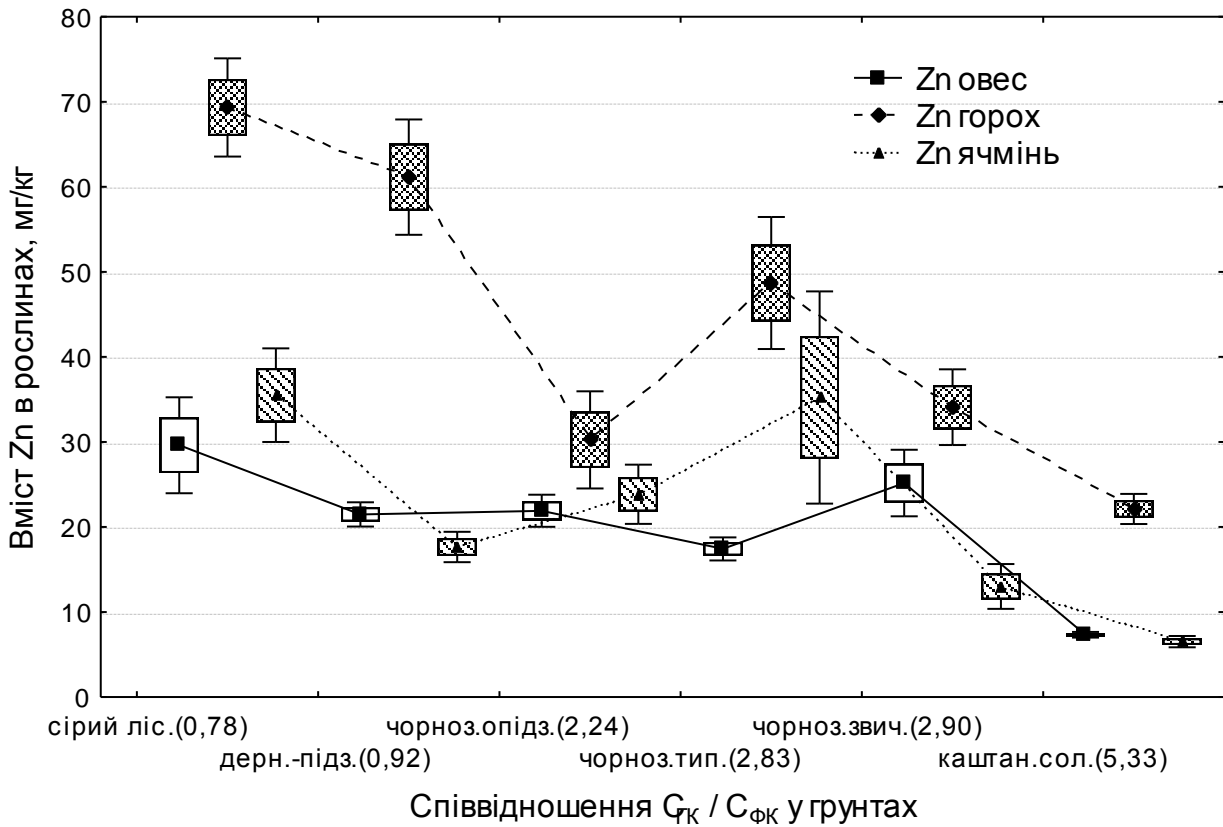


Рис. 1. Вплив співвідношення вуглецю гумінових та фульвокислот органічної речовини ґрунтів на накопичення Zn в культурах

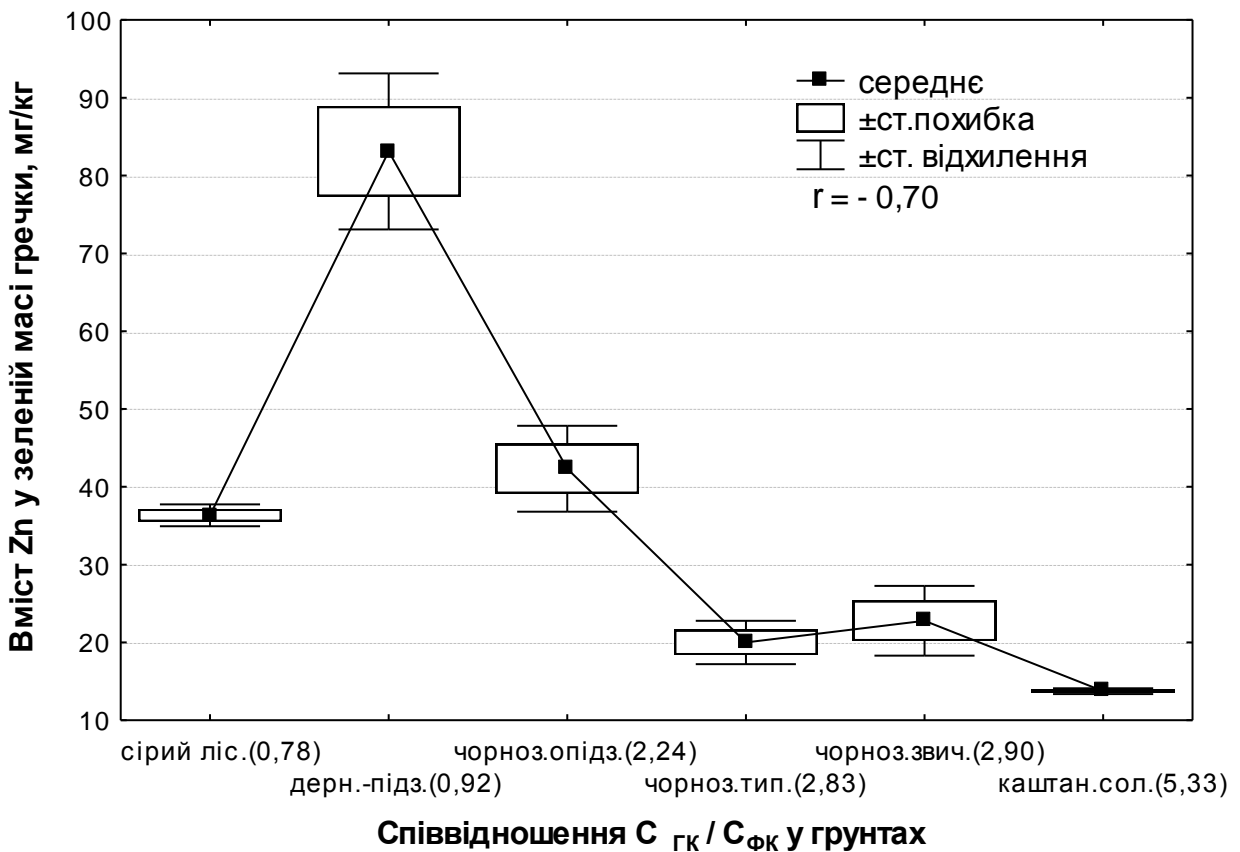


Рис. 2. Вплив співвідношення вуглецю гумінових та фульвокислот органічної речовини ґрунтів на накопичення Zn в рослині гречки.

При порівнянні із впливом інших ґрунтових властивостей з'ясовано, що цей фактор у більшості випадків домінує над іншими чинниками. Загальний уміст гумусу не впливає на накопичення цинку рослинами вівса, ячменя та гороху ($r = 0,37, 0,42$ та $-0,08$ відповідно). Аналогічним був взаємозв'язок накопичення Zn у рослинах з умістом фізичної глини ($r = 0,33, 0,31$ та $-0,23$ відповідно). Істотний вплив на надходження Zn в рослини був характерним для рН ґрунтів ($r = -0,67, -0,45$ для вівса та ячменю і $-0,76$ для гороху), що дещо поступається впливу групового складу органічної речовини. Між показником $C_{ГК} / C_{ФК}$ та накопиченням цинку у рослинах існує тісний взаємозв'язок – коефіцієнт кореляції для вівса становить $-0,80$, для гороху $-0,82$ та для ячменю $-0,56$ (табл. 1). Також необхідно відмітити факт превалювання за силою впливу на накопичення цинку в рослинах якісного складу органічної речовини і над умістом рухомих форм цього елементу у ґрунтах. Наприклад, лише у 40 % випадків уміст Zn у зеленій масі вівса визначається наявністю доступних форм цього металу у ґрунтах, а для співвідношення вуглецю гумінових та фульвокислот цей вплив є сильнішим – 64 %. Подібні результати властиві і для і транслокації цього мікроелементу в рослини ячменю та гороху.

1. Значення коефіцієнтів кореляції між накопиченням цинку в рослинах і властивостями ґрунтів

Властивості ґрунтів	Значення коефіцієнтів кореляції			
	Zn овес	Zn горох	Zn ячмінь	Zn гречка
$C_{ГК} / C_{ФК}$	$-0,80^*$	$-0,82$	$-0,56$	$-0,70$
рН водний	$-0,67$	$-0,76$	$-0,45$	$-0,82$
Вміст гумусу	$0,37$	$-0,08$	$0,42$	$-0,48$
Вміст фізичної глини	$0,33$	$-0,23$	$0,31$	$-0,67$
Вміст рухомого Zn в ґрунті	$0,63$	$0,75$	$0,48$	$0,21$

Жирним наведено істотні значення r^*

Іншим чином розподілявся вплив ґрунтових властивостей на накопичення цинку в зеленій масі гречки. Співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ завдавало істотного впливу на вміст Zn в рослинах, але домінуючим показником у цьому випадку виступає кислотність ґрунтів – коефіцієнт кореляції становить $-0,82$ (табл. 1). Причинами цього, на нашу думку, виступають фізіологічні особливості означеної культури – висока засвою вальна здатність коріння, що зумовлює значне накопичення цинку та інших мікроелементів у вегетативній масі. Підтвердженням цьому є також відсутність тісного взаємозв'язку між умістом рухомих форм Zn у ґрунтах з його концентраціями у рослинах – коефіцієнт кореляції становить $0,21$. Тобто коріння цієї культури здатне використовувати навіть важкодоступні форми цинку і повністю забезпечувати потребу рослин у цьому елементі, а за наявності достатніх кількостей його рухомих форм накопичення Zn в рослинах стає дуже високим – до $83,1$ мг/кг сухої маси.

Висновки. Рослини, які вирощували на ґрунтах з найнижчим співвідношенням вуглецю гумінових та фульвокислот у складі органічної речовини, мають більш високий уміст цинку у зеленій масі. Якісний склад гумусу переважає за силою впливу інші ґрунтові властивості на накопичення цинку в

рослинах, і добре узгоджується з наявністю доступних форм цього елемента у ґрунтах, проте така закономірність властива не для всіх видів с.-г. культур.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Ковда В. А.** Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1985. – 264 с.
Kovda V. A., 1985, "Soil biogeochemistry", Moscow. Nauka, 264 p.
- Зырин Н. Г.** Содержание и формы микроэлементов в почвах / Н. Г. Зырин. – М.: МГУ, 1979. – 388 с.
Zyrin N. G., 1979, "The content and forms of trace elements in soils", Moscow. Moscow State Univ, 388 p.
- Дегтярьов В. В.** Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України / В. В. Дегтярьов. – Х.: Майдан, 2011. – 360 с.
Degtjar'ov V. V., 2011, "Humus of chernozems Forest-steppe and Steppe of Ukraine", Kharkiv. Majdan, 360 p.
- Степанова М. Д.** Микроэлементы в органическом веществе почв / М. Д. Степанова. – Новосибирск: Наука, 1976. – 107 с.
Stepanova M. D., 1976, "Trace elements in soil organic matter", Novosibirsk. Nauka, 108 p.
- Химия почвы.** Формы соединений и методы определения макро- и микроэлементов // Научн. Труды Почвенного и-та им. В. В. Докучаева. – М., 1978. – 104 с.
"Soil chemistry. Forms of the compounds and methods for the determination of macro-and micronutrients", 1978, Nauchnye trudy Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva, Moscow, 104 p.
- Фатєєв А. І.** Співвідношення Сгк/Сфк у ґрунтах України як показник рухомості мікроелементів / А. І. Фатєєв, Д. О. Семенов, М. М. Мірошніченко, О. А. Ликова, К. Б. Смірнова, А. М. Шемет // Вісник аграрної науки. – К., 2013. – № 7. – С. 16–19.
Fatjejev A. I., Semenov D. O., Miroshnychenko M. M., Lykova O. A., Smirnova K. B., Shemet A. M., 2013, "Ratio C_{gk}/C_{fk} in soils Ukraine as an indicator of mobility of trace elements", Visnyk agrarnoy nauky, no 7, P. 16–19.
- Оптимізація мікроелементного живлення с.-г. культур (рекомендації) / за ред. А.І. Фатєєва. – Х., 2012. – 40 с.
*Fatjejev A., editor, 2012, "Optimization of trace element nutrition of agricultural crops (recommendations)", Kharkiv. Publisher unknown, 40 p.***

Рекомендовано до друку: д-р с.-г. наук, зав. лабораторією органічних добрив та гумусу ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» Є. В. Скрильник