

**Ключові слова:** осад стічних вод, компост, біотоксичність, важкі метали, верба енергетична, ґрунт, рівень фітотоксичності.

**Lopushnyak V., Hrytsulyak G. The biotoxic state of sod-podzolic soil is under act of carrying away of fertilizers on the basis of sewage sludge**

The results of researches are expounded in relation to influence of fertilizer on the basis sewage sludge on biotoxic contamination of sod-podzolic soil. Certainly, that intensity of oppression of ростових processes of phytometers (flax ordinary, sunflower one-year and watercress) is specified on toxicness of soil at level "middle" for bringing of composts, effluents made on sewage sludge.

**Key words:** sewage sludge, compost, biotoxicness heavy metals, power willow, soil, level of phytotoxicity.

**Лопушняк В., Грицуляк Г. Биотоксичное состояние дерново-подзолистой почвы под воздействием внесения удобрений на основе осадка сточных вод**

Изложены результаты исследований влияния удобрения на основе осадка сточных вод на биотоксичное загрязнение дерново-подзолистой почвы. Определено, что интенсивность притеснения ростовых процессов фитоиндикаторов (льна обычного, подсолнуха однолетнего и кресс-салата) указывает на токсичность почвы на уровне «средний» при внесении компостов, изготовленных на основе осадка сточных вод.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, компост, биотоксичность, тяжелые металлы, ива энергетическая, почва, уровень фитотоксичности.

*Стаття надійшла 18.05.2017.*

УДК 631.81.095.337

**ВПЛИВ АГРОХІМІЧНОГО ФОНУ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО НА МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

*А. Кутова, к. с.-г. н.*

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»*

**Постановка проблеми.** Мікроелементний склад сільськогосподарських рослин є важливим показником їх біологічної цінності. Відхилення вмісту елементів у зерні від оптимального рівня у бік збільшення або зменшення напряму стосується проблем здоров'я людини. Як дефіцитний, так і надлишковий вміст елементів у продуктах харчування може проявлятися у формі захворювань – мікроелементозів (захворювання, спричинені порушенням балансу мікроелементів в організмі) [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливий критерій ступеня забезпеченості рослин мікроелементами і необхідності застосування мікродобрив –

наявність їх у ґрунті в доступній для рослин формі. Доступною для рослин у чорноземних ґрунтах є невелика частка від валового запасу мікроелементів, яка становить для міді 0,8–8,8 %, цинку – 2 %, кобальту – 8–10 % [2].

За даними Н. Єрмоленко [3], зі збільшенням вмісту органічної речовини в ґрунтах концентрація елементів у рослинах зменшується. Ґрунтові розчини з гумусових горизонтів містять органічні компоненти, спроможні утворювати комплекси з іонами металів, що впливає на рухомість останніх і відповідно на їх доступність для сільськогосподарських рослин. Органічна речовина найбільше знижує поглинання рослинами кальцію, заліза, міді, кобальту і молібдену і менше – магнію, марганцю, бору, фосфору, калію і цинку.

У літературних джерелах трапляються суперечливі висновки щодо поглинання мікроелементів рослинами з ґрунту. За даними низки авторів [4; 5], існує пряма позитивна залежність між кількістю елементів у ґрунтах та їхньою концентрацією в рослинах. Інші дослідники [6–8], навпаки, заперечують наявність позитивної кореляції між вмістом елементів у ґрунтах і рослинах.

Деякі дослідники вказують на зростання потреби рослин у мікроелементах за внесення макроудобрив у ґрунт [9–11].

**Постановка завдання.** Мета нашого дослідження – вивчити вплив тривалого застосування добрив на чорноземі опідзоленому на мікроелементний склад зерна пшениці озимої.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження проводили у стаціонарному досліді ДП «ДГ Граківське» ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», який закладено у 1989 році. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесоподібному суглинку. Упродовж 1989–2009 рр. систематичним внесенням органічних і мінеральних добрив було створено два агрохімічні фони. У досліді застосовували аміачну селітру (34,6 % N), суперфосфат гранульований (19,5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), хлористий калій (60 % K<sub>2</sub>O). Безпосередньо під пшеницю озиму вносили мінеральні добрива за схемою досліді: 1. Без добрив (контроль); 2. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 3. N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>.

Площа посівної ділянки – 10 м<sup>2</sup>, облікової – 4 м<sup>2</sup>. Повторність досліді триразова, розміщення ділянок рендомізоване.

Зразки ґрунту відбирали у фазі колосіння пшениці озимої з глибини 0–20 см у триразовій повторності. Відбирали ґрунтові проби та готували їх до аналізу за ДСТУ 4287:2007. У відібраних зразках визначали: вміст нітратного й амонійного азоту за ДСТУ 4729:2007; рухомі сполуки фосфору і калію – методом Чирікова (ДСТУ 4115:2002); рухомі сполуки мікроелементів (Cu, Fe, Zn, Co) у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 – атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Сатурн-4 (ДСТУ 4770:2007); загальний вміст органічної речовини – методом І.В. Тюріна (ДСТУ 4289:2004); кислотність ґрунту – за ДСТУ ISO 10390-2001. У рослинних зразках визначали вміст мікроелементів (Zn, Cu, Fe, Co) після спалювання і розчинення у солянокислій витяжці (10 % HCl) атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Сатурн-4.

Аналізи виконано в атестованих лабораторіях (свідоцтво про атестацію № 100–153/2014 і № 100–154/2014 від 01.08.2014 р.) ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського».

Встановлено, що за умов систематичного внесення органічних і мінеральних добрив орний шар чорнозему опідзоленого характеризується високим вмістом гумусу (4,27 %), середнім – мінерального азоту (22–24 мг/кг), і рухомого фосфору (91–95 мг/кг), підвищеним – рухомого калію (95 мг/кг ґрунту) та слабокислою реакцією ґрунтового середовища (див. табл.).

Характер взаємодії макро- і мікроелементів визначається переважно концентраціями самих елементів. Для виявлення залежності вмісту рухомих сполук мікроелементів, мг/кг ( $y$ ), від вмісту мінерального азоту, мг/100 г ( $x_1$ ), рухомих сполук фосфору ( $x_2$ ) і калію ( $x_3$ ) було проведено регресійний аналіз, який характеризувався рівняннями:

$$y = 2,23 + 0,04x_1 + 0,06x_2 + 0,08x_3 - \text{для заліза } (R = 0,60); \quad (1)$$

$$y = -0,99 + 0,48x_1 + 0,01x_2 + 0,08x_3 - \text{для кобальту } (R = 0,87); \quad (2)$$

$$y = 0,94 + 0,26x_1 - 0,09x_2 + 0,05x_3 - \text{для цинку } (R = 0,40); \quad (3)$$

$$y = 0,07 + 3,63x_1 + 0,03x_2 - 0,01x_3 - \text{для міді } (R = 0,81). \quad (4)$$

Уміст рухомих сполук заліза напряму пов'язаний з вмістом макроелементів у ґрунті (1), тобто за збільшення вмісту макроелементів уміст рухомих сполук заліза в ґрунті зростає.

Таблиця

Зміна агрохімічних показників чорнозему опідзоленого під впливом тривалого застосування добрив у шарі 0–20 см (середнє за три роки)

Сумарна кількість добрив за 20 років	рН	Вміст гумусу, %	Вміст макро- і мікроелементів						
			мг на 100 г ґрунту			мг/кг ґрунту			
			N <sub>мін</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe	Co	Cu	Zn
Пшениця озима – фаза колосіння									
Без добрив (контроль)	5,40	4,16	2,10	7,60	9,30	2,82	0,91	0,20	1,02
100 т/га гною, N <sub>1020</sub> P <sub>1035</sub> K <sub>1055</sub> (N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )*	5,20	4,27	2,40	9,50	9,50	2,21	0,75	0,26	1,11
100 т/га гною, 15 т/га сидеральної маси, N <sub>485</sub> P <sub>505</sub> K <sub>455</sub> (N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> )*	5,30	4,27	2,20	9,10	9,40	1,77	0,79	0,17	1,88
НІР <sub>0,5</sub>	0,11	0,08	0,12	1,86	1,14	0,39	0,22	0,08	0,85

\*Внесено безпосередньо під пшеницю озиму.

Уміст рухомих сполук кобальту перебуває в оберненому зв'язку з вмістом макроелементів у ґрунті (2). Найвірогідніше зниження рухомих сполук кобальту відбудеться за збільшення вмісту мінерального азоту.

Підвищений вміст у ґрунті рухомих сполук фосфору знижує вміст доступного для рослин цинку. Коефіцієнт регресії –0,09 у (3) свідчить, що за збільшення

вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті на 1 мг/100 г за умови, що інші фактори, введені в кореляційну модель (азот і калій), залишаються на середньому рівні, вміст рухомих сполук цинку зменшується на 0,09 мг/кг.

Уміст у ґрунті рухомих сполук міді перебуває в прямому тісному зв'язку з умістом азоту і фосфору, а за збільшення вмісту калію вміст рухомої міді знижуватиметься на 0,01 мг/кг (4).

Регресійний аналіз для виявлення залежності вмісту рухомих сполук мікроелементів, мг/кг ( $y$ ), від умісту гумусу, % ( $x_1$ ), і  $pH_{\text{сол}}$  ґрунту ( $x_2$ ) характеризувався рівняннями:

$$y = 13,83 - 3,51x_1 + 0,60x_2 \quad - \quad \text{для заліза } (R = 0,50); \quad (5)$$

$$y = -10,49 + 1,12x_1 + 1,23x_2 \quad - \quad \text{для кобальту } (R = 0,64); \quad (6)$$

$$y = -29,91 + 4,34x_1 + 2,45x_2 \quad - \quad \text{для цинку } (R = 0,66); \quad (7)$$

$$y = -1,19 + 0,17x_1 + 0,12x_2 \quad - \quad \text{для міді } (R = 0,76). \quad (8)$$

Згідно з коефіцієнтами регресії у (5) за збільшення вмісту гумусу вміст рухомих сполук заліза зменшується. У фазі колосіння пшениці озимої вміст рухомих сполук заліза в орному шарі чорнозему опідзоленого на першому і другому агрохімічних фонах становив 2,21 та 1,77 мг/кг ґрунту відповідно, що на 37 та 22 % менше порівняно з контролем.

Встановлено обернений зв'язок з умістом гумусу, ступенем кислотності ґрунтового середовища і вмістом у ґрунті рухомих сполук кобальту, цинку і міді (6–8).

Зерно для продовольчих цілей має містити у своєму складі щонайбільше 1 мг/кг кобальту, 10 мг/кг міді, 50 мг/кг заліза і цинку [12].

Встановлено, що тривале застосування макро добрив збільшувало вміст заліза в зерні пшениці озимої в середньому на 24 %, кобальту – на 50 % порівняно з контролем, що сприяло підвищенню біологічної цінності отриманого урожаю (див. рис.). Уміст міді в зерні пшениці озимої на першому і другому агрохімічних фонах зменшувався на 12–19 % порівняно з контролем, уміст цинку був майже на однаковому рівні.

**Висновки.** За умов тривалого систематичного внесення органічних і мінеральних добрив орний шар чорнозему опідзоленого характеризується високим умістом гумусу, середнім – мінерального азоту і рухомого фосфору, підвищеним – рухомого калію та середньою кислотністю ґрунтового середовища; за вмістом рухомих сполук мікроелементів: високим умістом рухомого кобальту, середнім – міді та низьким – цинку (згідно з ДСТУ 4362:2004). На рухомість мікроелементів у ґрунті впливає вміст гумусу, реакція ґрунтового середовища та підвищений вміст рухомих сполук фосфору. Тривале застосування добрив сприяє покращанню біологічної цінності зерна пшениці озимої, збільшуючи вміст заліза та кобальту.

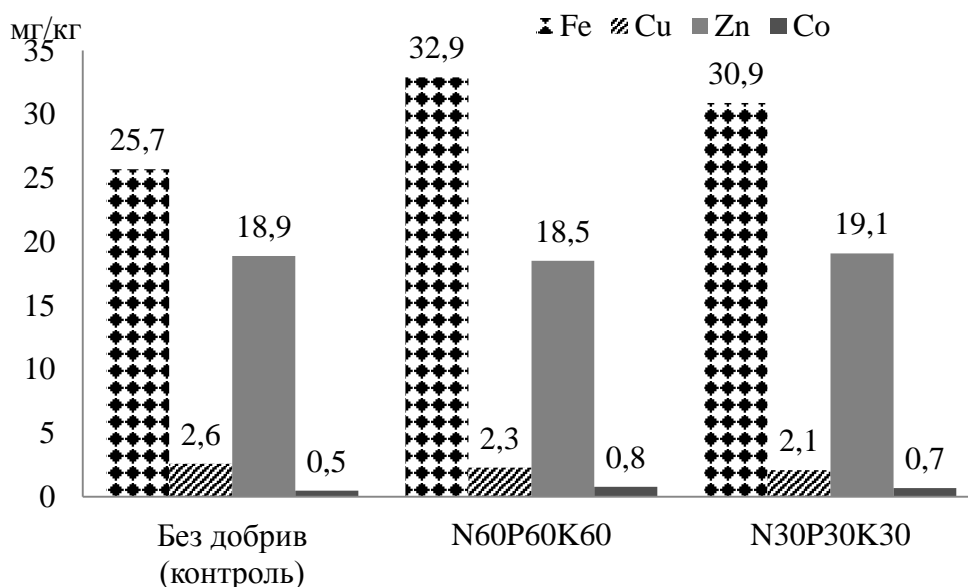


Рис. Мікроелементний склад зерна пшениці озимої (середнє за три роки), мг/кг сухої речовини.

### Бібліографічний список

1. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / [Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С.]. – М. : Медицина, 1991. – 496 с.
2. Кузнецов В. А. Характеристика темно-серых лесных и черноземных почв Нижегородской области по содержанию микроэлементов и серы / В. А. Кузнецов // Плодородие. – 2010. – № 3(54). – С. 15–16.
3. Ермоленко Н. Ф. Микроэлементы и коллоиды почв / Н. Ф. Ермоленко. – [2-е изд.]. – Минск : Наука и техника, 1966. – 324 с.
4. Лукин С.В. Динамика содержания подвижных форм цинка и марганца в пахотных почвах Белгородской области / С.В. Лукин, П. М. Авраменко, С. В. Меленцова // Агрoхимия. – 2006. – № 7. – С. 5–8.
5. Ясковец І. І. Модельні уявлення про процеси проникнення мікроелементів у кореневу систему рослин / І. І. Ясковец, Н. М. Протас, А. В. Калініченко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2003. – № 3–4. – С. 8–10.
6. Елькина Г. Я. Поведение цинка в системе почва-растение в условиях европейского северо-востока / Г. Я. Елькина // Агрoхимия. – 2009. – № 11. – С. 57–64.
7. Пейве Я. В. Биохимия почв / Я. В. Пейве. – М. : Сельхозгиз, 1961. – 422 с.
8. Федоров А. А. Новый подход к определению реально доступных растениям элементов питания в почве / А. А. Федоров // Агрoхимия. – 2002. – № 7. – С. 32–39.
9. Господаренко Г. М. Вплив тривалого застосування добрив на вміст рухомих сполук мікроелементів у ґрунті / Г. М. Господаренко, О. О. Машинник // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. – 2011. – № 2. – С. 92–96.
10. Кляусова Ю. В. Эффективность микроудобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве на разных уровнях минерального питания / Ю. В. Кляусова // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 216–226.

11. Пироговская Г. В. Влияние жидких азотных удобрений на накопление меди в растениях яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г. В. Пироговская, А. Г. Ганусевич, Е. В. Овчинников // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 137–150.
12. Цыганов А. Р. Микроэлементы и микроудобрения / Цыганов А. Р., Персикова Т. Ф., Реуцкая С. Ф. – Минск, 1998. – 122 с.

**Кутова А. Вплив агрохімічного фону чорнозему опідзоленого на мікроелементний склад зерна пшениці озимої**

Досліджено мікроелементний склад пшениці озимої на двох агрохімічних фонах, що були створені систематичним внесенням органічних і мінеральних добрив упродовж двадцяти років і які різняться між собою за вмістом рухомих сполук макро- і мікроелементів в орному шарі чорнозему опідзоленого.

**Ключові слова:** чорнозем опідзолений, пшениця озима, агрохімічний фон, мікроелементи.

**Kutova A. The influence of agrochemical background of podzolic chernozem on microelements content of grain winter wheat**

The influence of trace element composition of winter wheat under two kinds of agrochemical conditions created by systematic application along with organic and mineral fertilizers through twenty years, these agrochemical conditions differ of available macro- and microelements content the topsoil layer of podzolic chernozem was determined.

**Key words:** podzolic chernozem, winter wheat, agrochemical background, micronutrients.

**Кутовая А. Влияние агрохимического фона чернозема оподзоленного на микроэлементный состав зерна пшеницы озимой**

Исследовано микроэлементный состав пшеницы озимой на двух агрохимических фонах, созданных систематическим внесением органических и минеральных удобрений в течение двадцати лет, которые отличаются между собой по содержанию подвижных соединений макро- и микроэлементов в пахотном слое чернозема оподзоленного.

**Ключевые слова:** чернозем оподзоленный, пшеница озимая, агрохимический фон, микроэлементы.

*Стаття надійшла 18.05.2017.*