

## Annotation

**Osokina N.M., Kostetska K.V., Gerasymchuk O.P., Yevchuk Y.V.**  
**Physical and mechanical properties and quality indicator of corn**

*The study was conducted during 2012–2015 in the Department of technology of storage and grain processing of Uman National University of Horticulture and on the production complex farm "Prolisok +" in Graniv village, Haysyn ditrict, Vinnytsia region.*

*The aim of the research is to study the physical and mechanical properties and quality of corn grain depending on weather conditions and properties of the variety.*

*Eligibility of grain for industry is characterized by its quality as a raw material for recycling. Comparing the geometric parameters of corn it was found that grain of DKS 4685×1390 and PR39B58 varieties have the elongated shape. Large linear dimensions are found in the corn grain of PR39B58 variety.*

*Corn grain of DKS 4685×1390 and PR39B58 varieties has marked peculiarities of type and variety, meets the requirements in terms of external geometric parameters, volume, area of the outer surface, sphericity, specific and volume weight, volume of surface layers of grains and mass fraction of endosperm starch, indicating its suitability for processing.*

*There was a tendency of changes in the geometric characteristics of the grain of the varieties studied under the influence of weather conditions of the year of study. Significant difference in physical indicators of grains of different growing years was recorded in the corn grain of DKS 4685×1390 variety in terms of thickness, volume, area of the outer surface; PR39B58 – thickness, volume, area of the outer surface, volume of surface layers.*

*Technological properties of corn grain are high enough. Grain moisture, content of waste and grain impurities are within acceptable standards.*

**Key words:** grain, corn, variety, physical and mechanical properties, quality.

**УДК 631.81.095.337**

## **ВМІСТ ТА БАЛАНС МІКРОЕЛЕМЕНТІВ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТІ ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ**

**Г.М. Господаренко, доктор сільськогосподарських наук**

**І.В. Прокопчук, кандидат сільськогосподарських наук**

**Ю.І. Кривда, аспірант**

**Уманський національний університет садівництва**

*Наведено результати досліджень зміни вмісту рухомих сполук мікроелементів та важких металів у чорноземі опідзоленому важкосуглинковому за різних доз добрив і систем удобрення в польовій сівозміні. На основі даних тривалого стаціонарного дослідження і на основі результатів досліджень виявлено, що внесення добрив змінює вміст мікроелементів і важких металів у ґрунті. Розрахунок умовного балансу показав, що переважної більшості мікроелементів він є дефіцитним. Обґрунтовано доцільність застосування нетоварної частини врожаю як додаткового джерела мікроелементів для рослин*

**Ключові слова:** мікроелементи, важкі метали, умовний баланс, мінеральні добрива, органічні добрива, тривале застосування добрив.

**Постановка проблеми.** Чим більше вчені пізнають будову компонентів біосфери, тим зрозуміліше, що немає елементів “корисних” і “шкідливих”. Для кожного з них є певний діапазон концентрацій, за межами якого корисний елемент перетворюється на шкідливий. Тому за інтенсивного сільськогосподарського виробництва значну роль відіграє збалансоване мінеральне живлення рослин, важливим критерієм якого є оптимальне забезпечення їх не лише макро-, а й мікроелементами. З мінеральними і органічними добривами у біологічний колообіг залучається значна кількість не лише макро-, але і мікроелементів. Більшість мікроелементів є активними каталізаторами, які пришвидшують цілу низку біохімічних реакцій [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З історичного погляду великий внесок у розвиток вчення про мікроеlementи та їх роль у ґрунтах мали праці П. А. Власюка [2, 3], В. А. Ковди [4, 5], Г. В. Добровольського [6] та інших. Вплив органічних і мінеральних добрив на вміст мікроелементів у сільськогосподарських культурах розкрито у працях [7 – 9].

Нині в переважній більшості ґрунтів спостерігається знаний дефіцит рухомих форм мікроелементів, що впливає на рівень урожаю та якість вирощеної продукції [10]. В Україні з 32 млн га орних земель 18 млн га (56%) мають низький вміст рухомого цинку, 2,5 млн га (8%) – рухомої міді, 8 млн га (25%) – рухомого бору [11]. Тому особливого значення набуває вивчення закономірностей акумуляції і трансформації мікроелементів і важких металів у ґрунті, їх баланс з урахуванням філогенетичних особливостей сільськогосподарських культур. Знання цих закономірностей дозволить удосконалити систему мінерального живлення рослин і вберегти від забруднення вирощену продукцію та навколишнє середовище.

Щодо впливу добрив на накопичення та поведінку металів у ґрунті існують різні погляди. Так, А. А. Попова [12] і А. В. Касатников [13] вказують, що за тривалого застосування органічних і мінеральних добрив ймовірно накопичення у ґрунті важких металів.

Проте за даними інших учених [14 – 16], застосування мінеральних добрив у регламентованих дозах не призводить до істотних змін вмісту рухомих форм важких металів у ґрунті. Метою проведених досліджень було виявити вплив тривалого застосування різних доз органічних і мінеральних добрив та їх поєднання на вміст рухомих сполук мікроелементів і важких металів у ґрунті та формування їх балансу за різного використання нетоварної частини урожаю.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили у стаціонарному польовому досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС (свідоцтво державної реєстрації НААН № 88). Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. При розрахунках балансу використовували дані врожайності основної і нетоварної продукції культур польової сівозміни (ячмінь ярий + конюшина, конюшина, пшениця озима, буряк цукровий, кукурудза, горох, пшениця озима, кукурудза на

силос, пшениця озима, буряк цукровий). У досліді з різною насиченістю 1 га площі сівозміни добривами обрано для вивчення наступні варіанти: контроль (без добрив);  $N_{45}P_{45}K_{45}$ ,  $N_{135}P_{135}K_{135}$ , Гній 18 т, Гній 4,5 т +  $N_{22}P_{34}K_{18}$ ; Гній 13,5 т +  $N_{67}P_{102}K_{54}$ .

Тривалі процеси окультурення не дозволяють вести спостереження за змінами, що відбулися в ґрунті від природного стану до того, що склався. Це питання є важливим не лише з теоретичного, але й чисто практичного погляду, оскільки дозволяє в певній мірі прогнозувати майбутню зміну показників і властивостей певного типу ґрунту. Для цього використовували метод “аналогів” – переліг з часу закладання стаціонарного досліді. Вміст у ґрунті рухомих форм мікроелементів і важких металів: марганцю, цинку, міді і кобальту (витяжка ацетатно-амонійним буферним розчином з рН = 4,8 згідно ДСТУ 4770.1:2007–ДСТУ 4770.9:2007), бору (водна витяжка) визначали на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115. Баланс мікроелементів і важких металів у сівозміні визначено співставленням джерел надходження елементів у ґрунт з органічним, мінеральними добривами [17] і насіннєвим матеріалом [18] та їх винесення з врожаєм основної та відповідною кількістю нетоварної частини урожаю.

**Результати досліджень.** За даними літератури з внесенням добрив до агроценозів, окрім основних поживних елементів, одночасно надходять мікроелементи та важкі метали, кількість яких Державними стандартами не регламентується і не враховується [19]. Дослідженнями встановлено, що застосування різних доз мінеральних і органічних добрив, а також їх сумісного застосування по-різному впливало на вміст у ньому рухомих форм мікроелементів і важких металів (табл. 1). Найбільш суттєво, у порівнянні до перелогу, у шарі ґрунту 0–20 см збільшилась кількість заліза до 40,3–70,6 мг/кг проти 15,2 мг/кг. Вміст марганцю зріс до 24,6–40,4 мг/кг проти 11,0 мг/кг перелогу, тобто згідно з групуванням ґрунтів ступінь забезпеченості змінився з підвищеного до дуже високого. Практично на вихідному рівні залишився вміст свинцю – 1,81–2,00 мг/кг, за вмісту на перелозі 1,80 мг/кг. Вміст кобальту в ґрунті перелогу становив – 0,26 мг/кг, що вказує на високу забезпеченість рослин. Серед варіантів досліді лише за високих доз добрив мінеральних ( $N_{135}P_{135}K_{135}$ ) – 0,32 мг/кг та Гній 18 т – 0,37 мг/кг характеризувались дуже високим ступенем забезпеченості цим елементом. Вміст нікелю в ґрунті перелогу становив 1,01 мг/кг і за різних варіантів удобрення збільшився до 1,32–1,52 мг/кг. За вмістом цинку (3,60 мг/кг ґрунту) переліг характеризувався високим ступенем забезпеченості, а застосування добрив знижувало вмісту цинку до 0,46–0,56 мг/кг, тобто в усіх варіантах досліді спостерігалась дуже низька забезпеченість ним рослин. За тривалого застосування різних доз добрив і систем удобрення вміст міді залишився на рівні перелогу (0,15–0,19 мг/кг ґрунту) тобто забезпеченість рослин була середньою.

**1. Вміст рухомих форм мікроелементів і важких металів у ґрунті після тривалого (50 років) застосування добрив у польовій сівозміні, мг/кг**

Елемент	Шар ґрунту, см	Переліг	Без добрив	Насиченість 1 га площі сівозміни				
				N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	Гній 18 т	Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	Гній 13,5 т + N <sub>67</sub> P <sub>102</sub> K <sub>54</sub>
Zn	0–20	3,60	0,51	0,46	0,55	0,52	0,46	0,56
	40–60	0,51	0,31	0,29	0,30	0,28	0,28	0,28
Ni	0–20	1,01	1,32	1,32	1,52	1,46	1,32	1,51
	40–60	0,82	1,06	1,04	1,15	1,13	1,12	1,16
Fe	0–20	15,2	40,3	55,4	70,6	41,0	45,6	50,4
	40–60	15,1	15,6	15,3	15,8	15,8	15,9	15,7
Mn	0–20	11,0	24,6	26,1	34,4	40,4	29,0	31,3
	40–60	9,20	15,8	15,1	15,3	25,7	20,3	23,8
Cu	0–20	0,16	0,15	0,15	0,15	0,19	0,16	0,19
	40–60	0,15	0,13	0,13	0,17	0,19	0,15	0,16
B	0–20	1,01	1,38	1,36	1,82	1,47	1,42	1,83
	40–60	0,96	1,24	1,21	1,26	1,36	1,37	1,52
Cd	0–20	0,19	0,18	0,17	0,22	0,19	0,17	0,16
	40–60	0,17	0,15	0,19	0,26	0,20	0,20	0,17
Pb	0–20	1,80	1,81	1,82	2,00	2,01	1,92	1,91
	40–60	1,77	1,80	1,78	1,83	1,84	1,93	1,86
Co	0–20	0,26	0,29	0,21	0,32	0,37	0,23	0,29
	40–60	0,28	0,31	0,24	0,29	0,28	0,26	0,31

Дослідження показали, що у ґрунті перелігу вміст бору становив 1,01 мг/кг. Удобрення по різному впливало на вміст бору в ґрунті (1,36 – 1,83 мг/кг). Отже, ґрунт всіх варіантів дослідження характеризувався дуже високим ступенем забезпеченості рослин бором. Вміст кадмію у ґрунті перелігу становив 0,19 мг/кг, а за різних систем удобрення змінювався в межах 0,16–0,22 мг/кг.

Отже, не дивлячись на те, що чорнозем опідзолений має високу буферність, за 50 років сільськогосподарського його використання простежується чітка тенденція до збільшення вмісту рухомих форм мікроелементів та важких металів. Якщо проаналізувати між собою різні системи удобрення, то їх вплив на вміст мікроелементів був різним. Так, за мінеральної системи удобрення спостерігалось збільшення вмісту більшості мікроелементів, причому паралельно зі зростанням доз добрив. На відміну від мінеральних добрив промислового виробництва, гній не завжди має сталу

сировинну базу, а вміст у ньому мікроелементів та важких металів у переважній більшості визначається хімічним складом кормів, який досить суттєво буде залежати від ґрунту на якому вони вирощені, від стану забруднення атмосфери та водних ресурсів території.

За органічної системи удобрення кількість мікроелементів, за виключенням заліза і марганцю, знаходилась на рівні з варіантом без добрив, що підтверджує думку про те, що гній містить всі необхідні елементи живлення, і навіть за високих норм не викликає ніяких ознак їх нестачі, а також надає переваги органо-мінеральній системі удобрення порівняно з мінеральною за тривалого застосування.

Суттєве збільшення вмісту заліза та марганцю в ґрунті за високих норм мінеральних добрив, можна пояснити підвищенням рухомості їх сполук з підкисленням ґрунтового розчину, а зниження рухомості сполук цинку – зниженням вмісту детриту.

Тривале застосування добрив у польовій сівозміні не приводило до надмірного накопичення токсичних елементів (свинцю, кадмію) в ґрунті – їх концентрація знаходиться у межах ГДК.

Вміст мікроелементів в рослинах залежить від фізіологічних потреб та екологічних умов вирощування. В природних біоценозах мікроелементний склад рослин визначається не лише рівнем концентрації, але і співвідношенням кожного окремого мікроелемента з іншими складовими [20]. При цьому вибірковість мікроелементів рослинами в умовах агрофітоценозів значно коректується внесенням різних видів добрив [21].

Розрахунки умовного балансу мікроелементів і важких металів у польовій сівозміні показали, що його величина залежала перш за все від величини виносу, який визначається хімічним складом культур і величиною їх урожаю.

Так, за вирощування сільськогосподарських культур без застосування добрив, де врожай формується за рахунок потенціалу ґрунту, баланс усіх мікроелементів і важких металів за 50 років його сільськогосподарського використання, складався різко від'ємний (табл. 2). За високих доз добрив мінеральної системи удобрення (варіант  $N_{135}P_{135}K_{135}$ ) складався додатній баланс цинку, нікелю, міді, кадмію та свинцю. При цьому за умови залишення нетоварної частини врожаю на полі, їх величина зростала на 7–49 % порівняно з балансом коли нетоварна частини врожаю вилучається з поля. Тому це слід враховувати при складанні системи удобрення культур польової сівозміни. За поєднання мінеральних та органічних добрив величина надходження мікроелементів і важких металів перевищує величину виносу врожайми і, як наслідок, баланс переважної більшості мікроелементів складався додатнім. Дослідженнями встановлено, що такі біогенні елементи як мідь і цинк (відповідно 41–43% і 26–28% від господарського виносу) вилучаються основною продукцією культур, а тому надалі зазвичай вже не беруть участі у господарському колообігу. Інші елементи (кадмій, кобальт, нікель, свинець) більше накопичуються в нетоварній частині врожаю, яка при внесенні як добрив повертає їх у ґрунт.

**2. Умовний баланс мікроелементів і важких металів за 50 років  
у польовій сівозміні за різного удобрення, кг/га**

Стаття балансу		Елемент								
		Zn	Ni	Fe	Mn	Cu	B	Cd	Pb	Co
<b>Без добрив</b>										
Надходження		0,74	0,05	4,06	0,55	0,16	0,16	*	0,03	*
Винос	1	3,19	0,20	13,76	10,13	0,60	2,98	0,02	0,11	0,03
	2	0,86	0,07	4,16	1,59	0,25	0,84	0,01	0,06	0,02
Баланс	1	-2,45	-0,15	-9,70	-9,58	-0,44	-2,82	-0,02	-0,08	-0,03
	2	-0,12	-0,02	-0,10	-1,04	-0,09	-0,68	-0,01	-0,03	-0,02
<b>N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub></b>										
Надходження		4,15	0,94	8,41	1,11	0,51	0,23	0,20	1,21	*
Винос	1	3,83	0,24	16,65	12,18	0,73	3,61	0,02	0,13	0,04
	2	1,05	0,09	5,18	1,94	0,30	1,05	0,01	0,07	0,03
Баланс	1	0,32	0,70	-8,24	-11,07	-0,22	-3,38	0,18	1,08	-0,04
	2	3,10	0,85	3,23	-0,83	0,21	-0,82	0,19	1,14	-0,02
<b>N<sub>135</sub>P<sub>135</sub>K<sub>135</sub></b>										
Надходження		10,96	2,73	17,11	2,22	1,19	0,35	0,58	3,55	0,01
Винос	1	4,48	0,28	19,56	14,16	0,86	4,32	0,02	0,16	0,05
	2	1,28	0,11	6,57	2,38	0,37	1,36	0,01	0,09	0,04
Баланс	1	6,48	2,45	-2,45	-11,94	0,33	-3,97	0,56	3,39	-0,04
	2	9,68	2,62	10,54	-0,16	0,82	-1,01	0,57	3,46	-0,03
<b>Гній 18 т</b>										
Надходження		0,76	0,13	4,06	0,59	0,17	0,17	*	0,04	*
Винос	1	4,34	0,27	18,85	13,75	0,83	4,15	0,02	0,15	0,05
	2	1,22	0,11	6,15	2,26	0,35	1,27	0,01	0,08	0,03
Баланс	1	-3,58	-0,14	-14,79	-13,16	-0,66	-3,98	-0,02	-0,11	-0,05
	2	-0,46	0,02	-2,09	-1,67	-0,18	-1,10	-0,01	-0,04	-0,03
<b>Гній 4,5 т + N<sub>22</sub>P<sub>34</sub>K<sub>18</sub></b>										
Надходження		2,61	0,54	6,44	0,86	0,35	0,20	0,11	0,68	*
Винос	1	3,97	0,24	17,05	12,61	0,75	3,73	0,02	0,14	0,04
	2	1,07	0,09	5,23	1,98	0,31	1,06	0,01	0,07	0,03
Баланс	1	-1,36	0,30	-10,61	-11,75	-0,40	-3,53	0,09	0,54	-0,04
	2	1,54	0,45	1,21	-1,12	0,04	-0,86	0,10	0,61	-0,03
<b>Гній 13,5 т + N<sub>67</sub>P<sub>102</sub>K<sub>54</sub></b>										
Надходження		5,15	1,20	9,67	1,30	0,61	0,25	0,25	1,55	0,01
Винос	1	4,66	0,29	20,16	14,78	0,88	4,46	0,02	0,16	0,05
	2	1,30	0,11	6,59	2,41	0,38	1,35	0,01	0,09	0,04
Баланс	1	0,49	0,91	-10,49	-13,48	-0,27	-4,21	0,23	1,39	-0,04
	2	3,85	1,09	3,08	-1,11	0,23	-1,10	0,24	1,46	-0,03

Примітки: \* – надходить у дуже малій кількості;

1 – за видалення нетоварної частини урожаю;

2 – при залишенні нетоварної частини урожаю на полі.

Отже, обсяг виносу елементів нетоварною частиною врожаю культур дає уявлення про їх кількість, що може знову залучатися у господарський колообіг.

**Висновки.** За тривалого (50 років) застосування мінеральних добрив, особливо у високих дозах, зазвичай складається додатній баланс мікроелементів у ґрунті. За органічної системи удобрення додатнім він лише для нікелю, за умови залишення нетоварної частини врожаю на полі, тоді як по інших мікроелементах і важких металах він складається від'ємним. За органо-мінеральної системи удобрення формується додатній баланс цинку, нікелю, кадмію та свинцю, а для заліза та міді його величина була додатною за умови залишення нетоварної частини врожаю на полі. Зароблянням нетоварної частини урожаю культур полової сівозміни зерно-бурякового виду у ґрунт можна повернути 41–43% міді, 15–17% марганцю, 26–28% цинку від господарського виносу.

### Література

1. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив / Г. М. Господаренко. - К. : ЗАТ "НІЧЛАВА", 2002. - 344 с.
2. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений.– К.: Наук. думка, 1969.– 513 с.
3. Власюк П.А. Физиология питания растений.– К.: Урожай, 1964.– 306 с.
4. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1959, – 67 с.
5. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, Н.Г. Зырин.– М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1973, – 281 с.
6. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние.– М.: Наука, 1983.– 272 с.
7. Фатеев А.І. Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур: рекомендації. / за ред. А.І. Фатеева.– Харків, 2012.– 36 с.
8. Бурикiна С.І. Вміст марганцю в ґрунті та рослинах півдня України / С.І. Бурикiна, О.В. Коваленко, І.П. Якуба // Вісник аграрної науки південного регіону.– Одеса, 2012.– Вип. 12–13.– С. 11–18.
9. Фатеев А.І. Забезпеченність ґрунтів Сумської області мікроелементами та застосування мікродобрив: рекомендації. / за ред. А.І. Фатеева, І.П. Яцука.– Харків, 2013.– 76 с.
10. 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.
11. Фатеев А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова, Харьков, 2005.– 134 с.
12. Попова А.А. Влияние минеральных и органический удобрений на состояние тяжелых металлов в почве / А.А. Попова // Агрохимия.– 1991.– №3.– С. 62.
13. Касатников В.А. Влияние минеральных удобрений и осадков

городских сточных вод на уровень концентрации в почве ряда микроэлементов / В.А. Касатников, М.М. Овчаренко, С.М. Касатников и др. // *Агрохимия*.– 1997.– №2.– С. 81–85.

14. Яворов В.М. Вплив антропогенного забруднення на вміст важких металів у бурувато-підзолистих ґрунтах Передкарпаття / В.М. Яворов // *Аграрна наука-селу*.– Чернівці: Буковина, 1997.– Вип. 3.– Т 1.– С. 164–196.

15. Лісовал А.П. Ефективність добриву зерно-буряковій сівозміні на лучно-чорноземних карбонатних легкосуглинкових ґрунтах / А.П. Лісовал // *Науковий вісник НАУ*.– 1998.– №5.– С. 73–80.

16. Подобед О.Ю. Вплив тривалого застосування добрив на вміст мікроелементів у ґрунтах Північного Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.04 / О. Ю. Подобед ; Харків. ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії». – Харків, 2016. – 23 с.

17. Носко Б.С. Довідник працівника агрохімслужби / Б.С. Носко, А. О. Христенко, М.В. Лісовий та ін. / за ред. Б. С. Носка. – К.: Урожай, 1991. – 264 с.

18. Шевчук М.Й. Агрохімія: Підручник / М.Й. Шевчук, С.І. Веремеєнко, В.І. Лопушняк, Ч.2. Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту.– Луцьк: Надстир'я, 2012.– 440 с.

19. Носко Б.С. Сучасний стан і майбутнє чорноземів України / Б.С. Носко // *Вісник аграрної науки*.– 1996.– №5.– С. 20–23.

20. Протасова Н.А. Тяжелые металлы в черноземах и культурных растениях Воронежской области / Н.А. Протасова // *Агрохимия*.– 2005.– №2.– С. 80–86.

21. Ильин В.Б. Оценка защитных возможностей системы почва-растение при модельном загрязнении почвы свинцом (по результатам вегетационных опытов) / В.Б. Ильин // *Агрохимия*.– 2004.– №4.– С. 52–57.

## References

1. Hospodarenko, G.N. (2002). *Essentials integrated use of fertilizers*. Kyiv : “Nchlava”, 2002. 344 p. (in Ukrainian).

2. Vlasyuk, P.A. (1969). *Biological elements in the life rasteniy*. Kyiv : Science Dumka, 1969. 513 p. (in Russian).

3. Vlasyuk, P. (1964). *Physiology of plant nutrition*. Kyiv : Harvest, 1964. 306 p. (in Russian).

4. Kovda, V.A. Yakyshevckaya, I.V., Turukanov, A.N. (1959). *Trace elements in soils of the Soviet Union*. M : 1959. 67 p. (in Russian).

5. Kovda, V.A. Zirin, N.G. (1973). *Trace elements in soils of the Soviet Union*. M : 1973. 281 p. (in Russian).

6. Dobrovolsky, V.V. (1983). *Geography micronutrients. Global rasseyanie*. M : Nauka, 1983. 272 p. (in Russian).

7. Fateev, A.I. (2012). *Optimization of trace element nutrition of crops: recommendations*. Kharkiv, 2012. 36 p. (in Ukrainian).



8. Burykina, S.I., Kovalenko A.V. et al. (2012). The content of manganese in the soil and plants of southern Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science rehionu*, 2012. no. 12–13, pp. 54–57. (in Ukrainian).
9. Fateev, A.I., Yatsuka I.P. (2013). *Availability soil Sumy region trace elements and micronutrients application: recommendations*. Kharkiv, 2013. 76 p. (in Ukrainian).
10. Hospodarenko, G., Mashynnyk, O. (2011). Influence of long application of fertilizers on the content of mobile forms of trace elements in soil. *Bulletin HNAU*, 2008, no. 2, pp. 92–96. (in Ukrainian).
11. Fateev, A.I., Zakharov, M.A. (2005). *Fundamentals of micronutrients application*, Kharkiv, 2005. 134 p. (in Ukrainian).
12. Popova, A.A. Influence of mineral and organic fertilizers on the state of heavy metals in the soil. *Agrohimiya*, 1991, no. 3, pp. 62–67. (in Russian).
13. Kasatnikov, V.A., Ovcharenko, M.M. et al. (1997). Influence of fertilizers and urban sewage sludge on concentration levels in the soil of a number of trace elements. *Agrohimiya*, 1997, no. 2, pp. 81–85. (in Russian).
14. Yavorov, V.M. (1997). The impact of anthropogenic pollution on heavy metals in brownish-podzolic soils Precarpathians. *Agricultural Science sycamore-selu*, 1997, no. 3, pp. 164–196. (in Ukrainian).
15. Lisoval, A.P. (1998). Efficiency Fertilizers grain-beet crop rotation on chernozem meadow carbonate soils lehkosuhlynkovyh. *Scientific Herald NAU*, 1998, no. 5, pp. 73–80. (in Ukrainian).
16. Podobed, O. (2016) Influence of long application of fertilizers on the content of trace elements in soils of the northern steppes of Ukraine. *Author. of dis. to obtain the degree of Ph.D.* Kharkiv, 2016. 23 p. (in Ukrainian).
17. Nosko, B.S., Khristenko, A.A., Lisovoy, N.V. et al. (1991). *Reference employee ahrohimslyzhby*, 1991. 264 p. (in Ukrainian).
18. Shevchuk, M.I., Veremeyenko, S.I., Lopushnyak, V.I. *Agrochemicals: textbook*. Lutsk : Nadstyr'ya, 2012. 440 p. (in Ukrainian).
19. Nosko, B.S., The current state and future of black soil Ukraine. *Journal of Agricultural Science*, 1996, no. 5, pp. 20–23 (in Ukrainian).
20. Protasova, N.A. Heavy metals in the black earth and cultivated plants Voronezh Region. *Agrohimiya*, 2005, no. 2, pp. 80-86 (in Russian).
21. Ilyin, V.B. Evaluation of the protective capacity of the system soil-plant with the model of lead-contaminated soil (by the results of pot experiments). *Agrohimiya*, 2004, no 4, pp 52-57 (in Russian).

Одержано 17. 03. 2016

## **Аннотация**

**Господаренко Г.Н., Прокопчук И.В., Кривда Ю.И.**

### **Содержание и баланс микроэлементов и тяжелых металлов в почве после длительного применения удобрений в полевом севообороте**

Обобщены данные по содержанию микроэлементов и тяжелых металлов в черноземе оподзоленном при длительном применении (50 лет) различных уровней и систем удобрений в полевом севообороте. Установлено, что различные системы удобрения по разному влияют на содержание микроэлементов и тяжелых металлов в почве. За минеральной системы удобрения третьего уровня существенно выросло количество содержания железа до 70,6 мг/кг против 15,2 мг/кг на залежи, а также выросло содержание марганца в слое почвы 0–20 см до 34,4 мг/кг против 11,0 мг/кг на залежи, содержание бора выросло до 1,82 мг/кг, при содержании 1,01 мг/кг на залежи. Также было рассчитано условный баланс микроэлементов и тяжелых металлов для культур полевого севооборота. На основании расчетов баланса установлено, что микро элементарный состав сельскохозяйственных культур полевого севооборота, а также соотношение выноса микроэлементов и тяжелых металлов отличается разнообразием и это обусловлено в первую очередь биологическими особенностями растений. На основании расчетов баланса в течении 50 лет было установлено, что по большинству микроэлементов и тяжелых металлов баланс формируется положительный.

**Ключевые слова:** микроэлементы, тяжелые металлы, условный баланс, минеральные удобрения, органические удобрения, длительное применение удобрений.

## **Annotation**

**Hospodarenko G.N., Prokopchuk I.V., Krivda Y.I.**

### **The content and balance of trace elements and heavy metals in the soil after a long application of fertilizers in the crop rotation**

Data on the content of trace elements and heavy metals in the podzolized chernozem for a long-term use (50 years) and different levels of fertilizers in crop rotation systems are given. It was found that the different fertilizer systems in different ways affect the content of trace elements and heavy metals in the soil. Concerning the system of mineral fertilizers of the third level, the ferrum content significantly increased to 70.6 mg/ kg against 15.2 mg/ kg of reserves. Also, manganese content in the soil layer increased from 0-20 cm to 34.4 mg/ kg against 11.0 mg/ kg of reserves; boron content increased to 1.82 mg/ kg, containing 1.01 mg/ kg of reserves. The conditional balance of trace elements and heavy metals has been calculated for crops of the field crop rotation. On the basis of the balance calculations it is found that micro elemental composition of crops of the field crop rotation, as well as the ratio of the removal of trace elements and heavy metals is varied and it is primarily due to the biological characteristics of the plants. On the basis of the balance calculations for 50 years it was found that a positive balance is formed concerning most trace elements and heavy metals.

**Key words:** trace elements, heavy metals, conditional balance, mineral fertilizers, organic fertilizers, prolonged use of fertilizers.

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРЕДШЕСТВЕННИКА НА ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ

**А. М. Малиенко, доктор сельскохозяйственных наук**

**Н. Е. Борис, аспирант**

**ННЦ «Институт земледелия НААН»**

*Установлено влияние способов основной обработки почвы на послойное распределение и локализацию побочной продукции предшественника, которая обусловлена применением вспашки и плоскорезной, что обуславливает отдельные физические параметры профиля обрабатываемого слоя.*

*Размещение побочной продукции предшественника на фоне плоскорезного рыхления, в 0-10 см части пахотного слоя положительно влияет на физическое состояние почвы, повышается его влагоемкость, водопроницаемость и аэрацию. Зарабатывание растительных остатков в нижнюю часть пахотного слоя на глубину 10-30 см их влияние на физическое состояние почвы является малозаметным по сравнению с их локализацией в верхней части 0-10 см слоя.*

**Ключевые слова:** *плотность сложения почвы, серая лесная почва, основная обработка, предшественник, севооборот, побочная продукция, кукуруза на зерно, ячмень яровой.*

**Постановка вопроса.** Одним из основных показателей физического состояния пахотного слоя, которые регулируются основной обработкой, является плотность сложения почвы. Данный показатель напрямую зависит от глубины и способа основной обработки почвы, и изменяется в соответствии с фазами развития культур. Глубина обработки обуславливает снижение плотности почвы. При этом возрастает пористость, что способствует увеличению влагоемкости и накоплению влаги [1, 2]. К основным факторам, которые приводят к ее уплотнению, принадлежат – атмосферные осадки, движение по полю почвообрабатывающей посевной и уборочной техники, различных технических средств предусмотренных технологиями выращивания, при выращивании полевых культур в период вегетации, транспорта, а также отрицательный баланс органического вещества [3, 4].

Для кукурузы и ячменя на суглинистых почвах лучшие условия для формирования урожая зерна складываются при плотности почвы 1,25-1,32 г/см<sup>3</sup>. На переуплотненных почвах развитие корневой системы приостанавливается, а при переуплотнении зоны междурядья урожайность кукурузы снижается на 10-22%. По данным В. С. Цикова, основная масса корней кукурузы расположена в слое почвы 0-30 см, что составляет 70-80%