УДК 631.816:631.95
О.А. Літвінова, кандидат сільськогосподарських наук
ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»
О.В. Дмитренко, кандидат сільськогосподарських наук
ДУ «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ»

НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

Інтенсивний розвиток промисловості, застосування хімікатів призвело до накопичення на значних територіях металів і неметалів, що шкідливо впливають на грунт, рослини, живі істоти. Фоновий рівень важких металів і інших забруднювачів біосфери постійно підвищується. Якщо в недалекому минулому завданням науки і практики сільського господарства було розробка і впровадження у виробництво важких металів як мікроелементів, то зараз головне питання полягає в розробці прийомів по знешкодженню надлишків важких металів в ґрунтах, забруднених антропогенними чинниками. Особливо актуальним є моніторинг та встановлення нових гранично допустимих концентрацій щодо забруднення важкими металами ґрунту і рослинницької продукції.

Дослідженнями багатьох вчених встановлено, що фітотоксичність важких металів залежить від таких чинників як: хімічні властивості (валентность, іонний радіус, здатність утворювати комплексні сполуки), ґрунтово-кліматичні умови (фізико-хімічних властивостей ґрунту, температури, вологи) та видових особливостей рослин і їх стійкості до забруднення [1, 2].

Відомо, що важкі метали в ґрунті можуть знаходитися в різноманітних по розчинності та рухомості формах, а саме: нерозчинні, які входять до складу ґрунтових мінералів; обмінні, які перебувають у динамічній рівновазі з іонами даного металу в ґрунтовому розчині; рухомі та розчинні форми. Між ними існує не тільки тісний взаємозв’язок, а й можливе перетворення одних форм в інші. Рухомі форми металів можуть нагромаджуватися в ґрунті до великих концентрацій, які зумовлюють їх токсичність як для ґрунтової біоти, так і для рослин. [3]. Так, встановлено, що свинець, у порівнянні з іншими важкими металами, менш рухомі та, в основному, накопичується у верхньому горизонті ґрунтового покриву.

Рухливість кадмію в ґрунті залежить від середовища і окислювально-відновного потенціалу. Забруднення ґрунтового покриву кадмієм вважається одним з найбільш небезпечних екологічних явищ, так як він накопи-

© О.А. Літвінова, О.В. Дмитренко, 2017

чується в рослинах вище норми, навіть при слабкому забрудненні ґрунту.

Накопичення важких металів в грунті залежить від виду і хімічних властивостей забруднювача, форм сполук важких металів у ґрунтах і їх трансформації, складу і властивостей ґрунту.

Методика роботи. Дослідження проводили протягом 2011-2016 рр. у стаціонарному досліді відділу агрохімії в дослідному господарстві ДПДГ«Чабани» ННЦ «Інститут землеробства НААН» на сірому лісовому крупнопилувато легкосуглинковому ґрунті в п'ятипільній польовій сівозміні: кукурудза на зерно, ячмінь ярий, гречка, горох, пшениця озима. За вихідними пробами орний шар (0-20 см) ґрунту характеризувався середньокислою реакцію (рН сол. 4,6), низьким вмістом загального гумусу – 1,25%, низькою забезпеченістю гідролізованим азотом (50,8 мг/кг г ґрунту), підвищеним вмістом рухомого фосфору (168 мг/кг P_2O_5) із середнім вмістом рухомого калію (92 мг/кг ґрунту).

Дослід закладений у 2011 р. і розгорнутий в натурі на трьох полях, включає 11 варіантів, повторення – чотириразове. Посівна площа ділянки – 52 м^2, облікова – 22 м^2. Одинарна середньосівозмінна доза на 1 га становить – $N_{60}P_{60}K_{68,}$ доза для пшениці озимої – $N_{50}P_{30}K_{50}$. Підстилковий гній ВРХ застосовували під кукурудзу на зерно одинарна доза 60 т/га, або в перерахунку на 1 га сівозмінної площі – 12 т, решта культур використовували післядію: пшениця озима – 4-й рік.

Аналітичні роботи проводили у зразках ґрунту, відібраних на період завершення І ротації сівозміни за вирощування пшениці озимої). Концентрацію валових, кислоторозчинних (після вилучення 1,0 н HCl, 0,1 н H_2SO_4) та рухомих (після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8) форм важких металів – ДСТУ 4770.3:2007, ДСТУ 4770.9:2007 (аналітичні роботи проведено в лабораторії безпеки земель, якості продукції та довкілля «Інститут охорони ґрунтів»).

Для оцінки забрудненості ґрунтів було використано коефіцієнт техногенної концентрації *Кс*, що характеризує відношення реального вмісту хімічного елемента в ґрунті *Са* до фонового вмісту цього ж елемента *Сф* в середовищі: *Кс = Са/Сф*. Величина *Кс* свідчить про активність процесів вилуговування (*Кс* < 1) і накопичення (*Кс* > 1) хімічних елементів у ґрунті [4].

Результати досліджень. Дослідження кількості важких металів та співвідношення їх фракцій у ґрунті є важливим при дослідженні його поживного режиму. Значну цінність несуть результати, одержані у тривалих дослідах, оскільки при цьому враховується вплив чинників, передбачених варіантами удобрення.

Результати досліджень показали, що систематичне застосування добрив у польовій сівозміні мало вплив на накопичення важких металів у сірому лісовому ґрунті. За усередненими даними частка рухомих форм важких металів від валового вмісту в ґрунті складає 0,5–1 %, тоді як кислоторозчинних форм, майже в 10–20 раз більше.

Виявлено, що у досліджуваних ґрунтових зразках перевищення ГДК за вмістом всіх форм важких металів не спостерігалось. Вміст валових форм залишався нижчим відносно фонового рівня, але кількість рухомого і кислоторозчиного свинцю у 2,0 раза, кадмію – на 20-70%, перевищували фон, установлений для ґрунтів. (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст різних форм важких металів в сірому лісовому ґрунті, шар 0-20 см, мг/кг

Вміст	Валові		Кислоторозчинні		Рухомі	
	свинець	кадмій	свинець	кадмій	свинець	кадмій
Вихідний вміст (2011 р.)	8,0	0,4	5,48	0,15	1,0	0,10
ГДК	32	3,0	-	-	2,0	0,7
Фон [5, 6]	10	0,5	3,0	0,1	0,5	0,1

Кількість валових форм важких металів у вихідному ґрунті (відбір 2011 р.) на період закінчення ротації дозволяє оцінити увесь накопичений фонд і орієнтовно визначити ступінь можливого негативного впливу на грунт. При цьому відмічено накопичення свинцю і кадмію в ґрунті за мінеральної $N_{30-60}P_{30-60}K_{34-68}$ (на 1 га сівозмінної площі) і органічної 6 т/га гною систем удобрення, порівняно з вихідними даними від 7-10%. У результаті проведення досліджень нами виявлено, що в орному шарі сірого лісового ґрунту за його тривалого використання за різних систем удобрення в сівозміні, вміст кислоторозчинних форм важких металів коливався в межах свинцю 4,1–5,7 мг/кг, рухомих – 0,5–1,0 мг/кг, кадмію відповідно – 0,10-0,17 і 0,07-0,10 мг/кг (рис. 1, 2).

Слід зазначити, що за досліджуваний період у ґрунті, незалежно від системи удобрення, спостерігалась тенденція до підвищення умісту кислоторозчинних та рухомих форм кадмію і кислоторозчинних форм свинцю. Найпомітнішим накопичення кислоторозчинного свинцю спостерігали за застосування добрив за мінеральної системи – 130-160 кг/га NPK. Вміст рухомих і кислоторозчинних форм кадмію підвищувався переважно за ор-

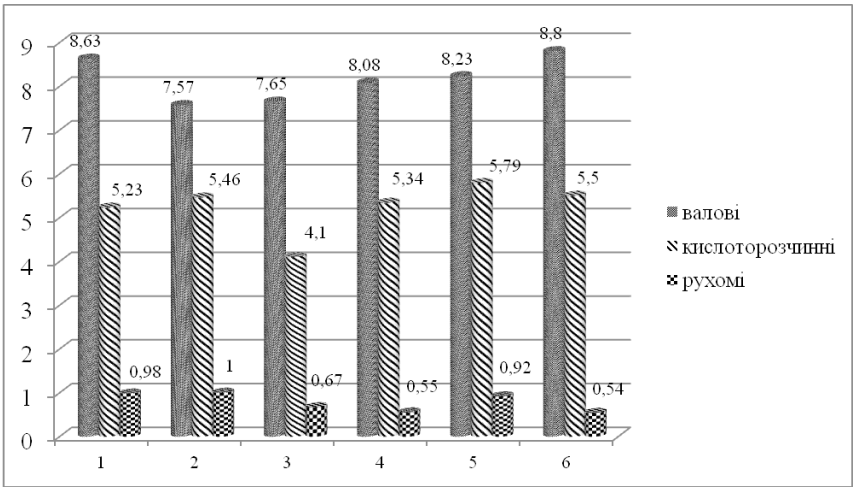

Рис.1. Вплив різних систем удобрення на вміст різних форм свинцю в сірому лісовому ґрунті, (шар 0-20 см), мг/кг

Варіант удобрення: 1 – Без добрив (контроль); 2 – 12 т/га гною+$N_{60}P_{60}K_{68}$; 3 – 12 т/га; 4 – 6 т/га гною; 5 – $N_{60}P_{60}K_{68}$; 6 – $N_{90}P_{90}K_{102}$.

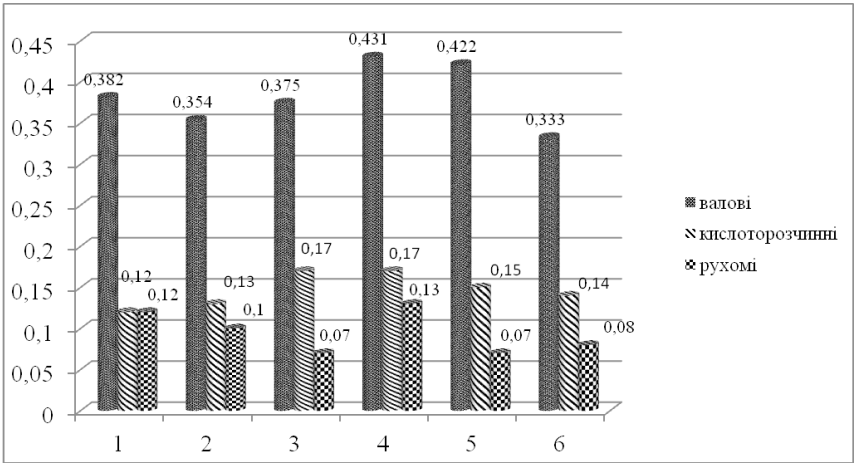

Рис.2. Вплив різних систем удобрення на вміст різних форм кадмію в сірому лісовому ґрунті, (шар 0-20 см), мг/кг

Варіант удобрення: 1 – Без добрив (контроль); 2 – 12 т/га гною+$N_{60}P_{60}K_{68}$; 3 – 12 т/га; 4 – 6 т/га гною; 5 – $N_{60}P_{60}K_{68}$; 6 – $N_{90}P_{90}K_{102}$.

ганічної системи удобрення – 6-12 т гною на 1 га сівозмінної площі і становило в межах 15%.

Проведені дослідження виявили, що вміст валових форм важких металів в зразках ґрунту не перевищує норми. Внаслідок розрахунку *Кс* виявлено, що для валових форм цей показник для Pb і Cd не перевищує одиницю і коливається в межах 0,7–0,8, тобто ці елементи вилуговуються із ґрунту. Що стосується кислоторозчинних і рухомих форм свинцю і кадмію, то незалежно від системи удобрення коефіцієнт *Кс* > 1, а отже відбувається процес його накопичення.

Так, результати досліджень показали, що при розрахунку коефіцієнту техногенної концентрації кислоторозчинною формою важких металів виявлено, що на сірому лісовому ґрунті найбільше його значення було для свинцю (до 1,93) і кадмію (до 1,7). Найвищий показник коефіцієнту рухомою формою відмічено для свинцю (2), причому забруднення цими елементами спостерігали в усіх варіантах стаціонарного досліду, навіть у контролі.

Висновки.

1. Встановлено, що систематичне застосування добрив у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті мало вплив на нагромадження валових, кислоторозчинних і рухомих форм важких металів у ґрунті відносно вихідного рівня, але перевищення ГДК по всіх елементах не спостерігали.

2. Виявлено, що найпомітнішим накопичення кислоторозчинного свинцю спостерігали за застосування добрив за мінеральної системи – 94-188 кг/га NPK. Вміст рухомих і кислоторозчинних форм кадмію підвищувався переважно за органічної системи удобрення – 6-12 т гною на 1 га сівозмінної площі і становило в межах 15%.

3. Доведено, що за розрахунку коефіцієнту техногенної концентрації для валових форм цей показник для Pb і Cd не перевищує одиницю і коливається в межах 0,7–0,8, тобто ці елементи вилуговуються із ґрунту. Аналіз кислоторозчинних і рухомих форм свинцю і кадмію, показав, що незалежно від системи удобрення коефіцієнт *Кс* > 1, а отже відбувається процес його накопичення.

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.

2. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металл / Ж.З. Гуральчук // Физиология и биохимия культ, растений. – 1994. – Т. 26, № 2. – С. 107–117.

3. Перепелиця О.П. Екохімія та ендоекологія елементів: довід. з екол. захисту / О.П. Перепелиця. – К.: Екохім, 2004. – 735 с.

4. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення: навчальний посібник /

[Петрук В.Г., Васильківський І.В., Іщенко В.А. та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 187 с.

5. Методичні рекомендації з встановлення допустимих концентрацій шкідливих речовин в агрохімікатах / [за редакцією доктора сільськогосподарських наук Н.А. Макаренко]. – К., 2007. – 16 с.

6. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / [за ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера]. – К., 1994. – С. 52–54.

1. Alekseev Yu.V. (1987). Tyazhelyie metallyi v pochvah i rasteniyah. Agropromizdat. (in Russia).

2. Guralchuk Zh.Z. (1994). Mehanizmyi ustoychivosti rasteniy k tyazhelyim metall. Fiziologiya i biohimiya kult, rasteniy, 26, (2), 107–117. (in Russia).

3. Perepelytsia O.P. (2004). Ekokhimiia ta endoekolohiia elementiv: dovid. z ekol. Zakhystu. Kyiv, Ekokhim. (in Ukrainian).

4. Petruk V.H., Vasylkivskyi I.V., Ishchenko V.A. (2013) Normuvannia antropohennoho navantazhennia na navkolyshnie seredovyshche. Chastyna 1. Normuvannia inhrediientnoho zabrudnennia: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: VNTU. (in Ukrainian).

5. Makarenko N.A. (2007). Metodychni rekomendatsii z vstanovlennia dopustymykh kontsentratsii shkidlyvykh rechovyn v ahrokhimikatakh. Kyiv. (in Ukrainian).

6. Sozinov, O.O. Prister B.S. (1994). Metodyka sutsilnoho gruntovoho-ahrokhimichnoho monitorynhu silskohospodarskykh uhid Ukrainy. Kyiv, 52–54. (in Ukrainian).

Представлено результати досліджень зміни вмісту валових, кислоторозчинних і рухомих форм важких металів за систематичного застосування органічних і мінеральних добрив у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті. Встановлено, що застосування добрив мало вплив на нагромадження цих показників у ґрунті відносно вихідного стану, але перевищення ГДК рівня по всіх елементах не спостерігали. Проведені дослідження ви-

явили, що вміст валових форм важких металів в зразках ґрунту не перевищує норми. Внаслідок розрахунку коефіцієнту техногенної концентрації виявлено, що для валових форм цей показник для свинцю і кадмію не перевищує одиницю і коливається в межах 0,7–0,8, тобто ці елементи вилуговуються із ґрунту. Що стосується кислоторозчинних і рухомих форм свинцю і кадмію, то незалежно від системи удобрення коефіцієнт більше одиниці, а отже відбувається процес його накопичення.

Ключові слова: *важкі метали, родючість ґрунту, сівозміна, вміст, система удобрення*

Представлены результаты исследований изменения содержания валовых, кислоторастворимых и подвижных форм тяжелых металлов при систематическом применении органических и минеральных удобрений в полевом севообороте на серой лесной почве. Установлено, что применение удобрений повлияло на накопление этих показателей в почве относительно исходного уровня, но превышения ГДК по всем элементам не наблюдали. Проведенные исследования показали, что содержание валовых форм тяжелых металлов в образцах почвы не превышает нормы. Вследствие расчета коэффициента техногенной концентрации выявлено, что для валовых форм этот показатель для свинца и кадмия не превышает единицу и колеблется в пределах 0,7-0,8, то есть эти элементы выщелачиваются из почвы. Что касается кислоторастворимых и подвижных форм свинца и кадмия, то независимо от системы удобрения коэффициент больше единицы, а следовательно происходит процесс его накопления.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, плодородие почвы, севооборот, содержание, система удобрения*

The results of studies on changes in the content of gross, acid-soluble and mobile forms of heavy metals for the systematic use of organic and mineral fertilizers in field crop rotation on gray forest soil are presented. It was established that the use of fertilizers had little effect on the accumulation of these indicators in the soil relative to the initial state, but the excess of the MPC level was not observed for all elements. The conducted studies have found that the content of gross forms of heavy metals in soil samples does not exceed the norms. As a result of calculating the coefficient of technogenic concentration, it was found that for gross forms this indicator for lead and cadmium does not exceed unit and fluctuates within 0.7-0.8, that is, these elements are recovered from the soil. As for acid-soluble and mobile forms of lead and cadmium, then,

regardless of the fertilizer system, the coefficient is greater than unity, and consequently there is a process of its accumulation.

Key words: *heavy metals, soil fertility, crop rotation, content, fertilizer system*

Рецензенти:
Палапа Н.В.-д.с.-г.н.
Гаврилов С.О.- к.с.-г.н.
Стаття надійшла до редакції 10.09.2017 р.