

- vitnoi roboty z problem pytnoi vody* [Guide to issues of information and education on drinking water]. Kyiv, pp. 58–63 (in Ukrainian).
3. Dorohuntsov S.I., Khvesyk M.A., Horbach L.M. (2006). *Ekoseredovysche i suchasnist: v 8 t.* [Eko-seredovysche and modernity: 8 tons]. *Rehionalni protsesy, prohnozuvannia y optimizatsiia ekoseredovysch* [Regional processes, forecasting and optimization ekoseredovysch]. Kyiv: Kondor, vol. 2, 470 p. (in Ukrainian).
 4. Gorev L.M., Nikanorov A.M., Peleshenko V.I. (1989). *Regionalnaya gidrokhimiya* [Regional hydrochemistry]. Kiev: Vishcha shkola, 277 p. (in Russian).
 5. *Voda pitevaya. Otbor prob: GOST R 51593-2000, vveden v deystvie v 2012.01.01* [Drinking water. Sampling: GOST R 51593-2000, is put into Action in 2012.01.01] (in Russian).
 6. *Voda pitevaya. Metody opredeleniya soderzhaniya nitratov: GOST 18826-73 vveden v deystvie v 1973.05.25* [Drinking water. Methods for determination of nitrate content GOST 18826-73, is put into Action in 1973.05.25]. Moscow: Gosstandart SSSR, 1973, 2 p. (in Russian).
 7. Nasonkina N.H. (2006). *Pidvyshchennia ekoloohichnoi bezpeky system pytnoho vodopostachannia: avtoref. dys. na zdobutтя nauk. stupenia dokt. tekhn. nauk* [Improving the environmental safety of drinking water. Author. Thesis. on competition sciences. degree. Doctor. Sc. Sciences]. Donetsk, 21 p. (in Ukrainian).
 8. Revell P., Revell Ch. (1995). *Sreda nashego obitaniya: v 4 kn.* [Our environment: in 4 vol.]. Moscow: Mir, book 2.: *Zagryaznenie vody i vozdukh* [Water and air pollution]. 296 p. (in Russian).
 9. Lukashev K.I., Vadkovskaya I.K. (1989). *Ekologo-geokhimicheskoe izuchenie biosfery v nauchnykh i prikladnykh aspektakh* [Ecological and geochemical study of the biosphere in the scientific and applied aspects]. Minsk: Nauka i tekhnika, 172 p. (in Russian).

УДК 631.4:631.416.9:546.3 (477.74)

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТАХ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

В.Ф. Голубченко, Е.В. Куліджанов, О.А. Лаптєва

Одеська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Висвітлено питання використання методів визначення і оцінки вмісту в ґрунтах мікроелементів і важких металів за їх видучення екстрагентами Ін HCl і ацетатно-амонійним буферним розчином з pH 4,8 під час агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення в Одеській обл. Оцінка вмісту мікроелементів з використанням ацетатно-амонійного буфера засвідчила, що 41,6% ґрунтів за вмістом міді і 11,5% за вмістом кобальту відповідно характеризуються як дуже низько і низько забезпечені, а за видученням Ін HCl ці показники були на рівні високозабезпечених. Рівень забруднення ґрунтів кадмієм підвищився порівняно з раніше визначенім у чорноземах звичайних, чорноземах південних, дернових і намитих ґрунтах. Встановлено, що зміни значень вмісту в ґрунтах мікроелементів і важких металів обумовлено інтерпретаціями методів визначення і оцінки, а не фактичним станом ґрунтів.

Ключові слова: ґрунти, мікроелементи, важкі метали, методи визначення, оцінка вмісту.

У ґрунтовому покриві Одеської обл. домінують чорноземи, які становлять близько 90% від усієї площини сільськогосподарських угідь області. Сформувавшись під трав'янистими формаціями Лісостепу і Степу, вони займають міжрічкові плато і схили, надзаплавні тераси річок, що складені переважно лесовими породами. У лісостеповій

частині області ґрунтовий фон утворюють переважно чорноземи типові та реградовані разом з опідзоленими і вилугуваними підтипами. Сірі лісові і темно-сірі опідзолені ґрунти поширені окремими плямами і становлять лише 0,4% від площини області.

Для задністровської частини області характерні чорноземи, які сформувались в умовах м'якого теплого клімату, що сприяє активній сезонній міграції карбонатів і

формуванню так званих міцелярно-карбонатних чорноземів звичайних і південних. Типовими для крайнього південного сходу області є залишково і слабосолонцовуваті чорноземи південні. Переважна більшість ґрунтів Одеської обл. сформувалася на лесах, мають важкосуглинковий або легкоглинистий гранулометричний склад, що обумовлює їх середню або високу забезпеченість мікроелементами (МЕ). Але нестача елемента визначається не лише його вмістом у ґрунті, а й впливом інших чинників, зокрема явищем антагонізму іонів у розчині. Ґрунти області насищені ввібраними основами, серед яких домінує кальцій (блізько 80%), що є антагоністом заліза і цинку. Надлишок надходження в рослині фосфору може спричиняти нестачу в них міді. Тому в ґрунті потрібно підтримувати баланс елементів живлення, порушення якого зумовлює зниження врожаїв та захворювання рослин, тварин і людини.

Більшість ґрунтів області характеризуються як малогумусні, карбонатні, близько 60% з них мають лужну реакцію ґрунтового розчину, високу емність катіонного обміну (ЕКО), що зумовлює зниження рухомості МЕ і важких металів (ВМ) [1, 2]. Рухомість в ґрунті і ступінь доступності МЕ і ВМ спричиняє доволі значну проблему для виробництва екологічно чистої продукції. Оптимальний уміст МЕ і відсутність забруднення ВМ є також передумовою одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур. З агрохімічного погляду різниця між МЕ і ВМ полягає у тому, що вміст перших фіксується у низьких кількостях (нижче максимально допустимого рівня – МДР), а других – у надвисоких (вище МДР), що потребує детоксикації. Як нестача, так і надлишок у ґрунті вказаних елементів негативно впливають на ріст і розвиток культурних рослин, якість продукції. На нейтральних і лужних ґрунтах спостерігається зниження доступності марганцю, кобальту, цинку; на карбонатних – цинку і заліза; на кислих – бору, молібдену і міді [3, 4]. Висока забезпеченість лужних ґрунтів молібденом зумовлює його токсичну дію на рослини. Різна рухомість

МЕ і ВМ у ґрунтах потребує зваженого підходу до впровадження у практику методів їх визначення з метою унеможливлення прийняття хибних рішень щодо норм внесення мікродобрив і захисту ґрунтів від забруднення. Об'єктивна оцінка природних процесів трансформації в ґрунтах МЕ і ВМ дає можливість уникнути похибок у визначенні норм внесення мікродобрив і запобігти ризику одержання неякісної продукції внаслідок забруднення ґрунтів. За використання різних екстрагентів визначаються метали різного ступеня рухомості, що обумовлено властивостями ґрунту (вмістом органічної речовини, гранулометричним складом, ЕКО, pH, вологістю тощо) та особливостями їх акумуляції і трансформації у ґрутовому профілі. Частка рухомої форми ВМ в ацетатно-амонійній витяжці становить 5–10% від їх валової кількості і 10–20% кислоторозчинних сполук. Згідно з потребою у МЕ, всі культури і групи культур поділяються на три групи [5]. До першої групи (невисокого виносу) ввійшли такі культури, як зернові колосові, зернобобові і картопля; до другої (підвищеної виносу) – соняшник, коренеплоди, овочі, плодові; до третьої (високого виносу) – високоворожайні сорти та культури, вирощувані на високому агрофоні. За вмістом рухомих форм забруднювачів (МЕ і ВМ) ґрунти поділяються на шість груп, від слабкого – до дуже високого забруднення [6].

Потреба у внесенні МЕ виникає на ґрунтах із вмістом бору до 0,5 мг/кг, марганцю – 40, молібдену – 0,2, цинку – 0,3, кобальту – 1,5 мг/кг ґрунту. Академік П.А. Власюк відзначає, що в органічних комплексах (лігандах) активність МЕ зростає у сотні, тисячі і навіть мільйони разів порівняно з іонним станом у хімічних сполуках, що теж слід враховувати під час визначення норм внесення мікродобрив [3].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на найпоширеніших типах ґрунтів Одеської обл. під час агрохімічної паспортизації у 2003–2013 рр. (VIII–X тури обстеження). Зразки ґрун-

тів відбирали відповідно до нормативних документів [5, 6]. Визначення вмісту рухомих сполук металів виконували у амонійно-ацетатній буферній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії згідно з державними стандартами: марганецю – ДСТУ 4770.1:2007, цинку – ДСТУ 4770.2:2007, кадмію – ДСТУ 4770.3:2007, кобальту – ДСТУ 4770.5:2007, міді – ДСТУ 4770.6:2007, свинцю – ДСТУ 4770.9:2007, ртуті – ДСТУ 4770:2007. У витяжці 1н HCL визначали вміст кобальту, міді, кадмію, свинцю [7].

Як правило, за необхідності контролю техногенного забруднення ґрунтів ВМ прийнято визначати валовий уміст металу. Але валовий уміст не завжди може характеризувати ступінь небезпеки забруднення, оскільки ґрунт здатний з'язувати метали у недоступні рослинам сполуки. Тому доцільніше визначити роль рухомих і доступних для рослин форм металів. Визначення вмісту рухомих форм металів бажано проводити у разі їх високого валового вмісту у ґрунтах, а також, якщо необхідно характеризувати перехід металів із ґрунту у рослини.

Рухомі форми металів вилучають розчинними екстрагентами, у т.ч. ацетатно-амонійним буферним розчином з pH 4,8 (ААБ). Він має високу буферну емність, забезпечує стабільність реакції середовища у разі вилучення МЕ із різних типів ґрунтів. За своїм складом і кислотними властивостями не є агресивним і має розчинну здатність, як у кореневих системах рослин. У різних типах ґрунтів екстрагент ААБ порівняно з соляною кислотою, за нашими дослідженнями, вилучає 2,8–19,1% міді, 5,0–13,3 кобальту, 35,5–85,0 кадмію і 9,0–38,6% свинцю. Екстрагент 1н HCL використовують для аналізу ґрунтів, які зазнали техногенного впливу, він вилучає міцно з'язані рухомі сполуки металів, що становлять близько 80% ВМ від їх валового вмісту.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження вмісту МЕ в ґрунтах Одеської обл. (табл. 1) свідчать про дуже низький уміст рухомого цинку – у серед-

ньому 0,5 мг/кг майже на всій території сільськогосподарських площ, що зумовлено лужиною реакцією ґрунтів і високою ЕКО на переважній більшості ґрутових різновидів.

Аналізи ґрунтів на вміст кобальту і міді впродовж 2003–2011 рр. виконували з вилученням їх екстрагентом 1н HCL. На всіх типах ґрунтів було зафіковано високу забезпеченість кобальтом для третьої групи культур з високим виносом (5,0–7,9 мг/кг), високу забезпеченість мідлю для третьої групи на чорноземах звичайних і південних, лучно-чорноземних, лучних, намитих та високу – для другої групи на чорноземах типових, сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах (4,2–7,9 мг/кг). Після переходу у 2011 р. на визначення вмісту цих елементів з використанням екстрагента ААБ частка ґрунтів за вмістом міді 41,6% і за вмістом кобальту 11,5% перейшли в розряд дуже низько і низько забезпечених, що свідчить про необхідність внесення відповідних мікродобрив. Марганець і цинк, як і раніше, вилучаються розчином ААБ, їх уміст у ґрунтах залишився у тих самих градаціях. Забезпеченість ґрунтів марганцем оцінюється як дуже висока, а дернові ґрунти характеризуються навіть як помірно забруднені. Вміст цинку у всіх типах ґрунтів є низьким, окрім дернових, де він визначається як середній.

Визначення забруднення ґрунтів ВМ (табл. 2) екстрагентом ААБ засвідчило про зниження вмісту свинцю порівняно з раніше проведеними дослідженнями з використанням 1н HCL у сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах і – підвищення в лучно-чорноземних і дернових, щодо чорноземів, їх оцінка не змінилась.

Забруднення ґрунтів кадмієм у десятому турі порівняно з восьмим і дев'ятим підвищилося у чорноземах звичайних, південних, дернових і намитих. Але рівень забруднення ґрунтів ВМ кадмієм, свинцем, ртуттю та іншими металами не перевищує гранично допустимої концентрації (ГДК), що за використання для вилучення ААБ становить: для кадмію – 0,7 мг/кг, свинцю – 6,0, ртуті – 2,1, міді – 3,0, кобальту –

Таблиця 1

Забезпеченість ґрунтів мікроелементами, мг/кг ґрунту*

| Назва ґрунту | Площа, га | Екстрагент | | | | | |
|-----------------------|-----------|------------|-----|-------|------|------|------|
| | | 1н HCL | | ААБ | | | |
| | | Co | Cu | Mn | Zn | Co | Cu |
| Сірі опідзолені | 4299 | 5,0 | 4,2 | 20,39 | 0,49 | 0,27 | 0,19 |
| Темно-сірі опідзолені | 29097 | 5,0 | 4,6 | 19,03 | 0,37 | 0,25 | 0,15 |
| Чорноземи типові | 251725 | 5,6 | 4,9 | 23,59 | 0,34 | 0,41 | 0,17 |
| Чорноземи звичайні | 682531 | 5,5 | 5,2 | 28,29 | 0,43 | 0,48 | 0,22 |
| Чорноземи південні | 374067 | 5,4 | 6,4 | 37,17 | 0,47 | 0,38 | 0,18 |
| Лучно-чорноземні | 7881 | 6,0 | 5,7 | 36,59 | 0,44 | 0,40 | 0,31 |
| Лучні | 9150 | 5,2 | 5,2 | 39,63 | 0,58 | 0,42 | 0,33 |
| Дернові | 10290 | 7,6 | 7,9 | 99,72 | 1,02 | 0,73 | 1,12 |
| Намиті | 6968 | 5,4 | 5,8 | 40,53 | 0,46 | 0,72 | 1,11 |

Примітка: *(до табл. 1, 2) – розрахунки середньозважених показників здійснено на підставі даних VIII–Х турів агрочімічного обстеження.

Таблиця 2

Забрудненість ґрунтів важкими металами, мг/кг ґрунту*

| Назва ґрунту | Екстрагент | | | | |
|-----------------------|------------|-------|------|------|--------------|
| | 1н HCL | | ААБ | | Суміш кислот |
| | Cd | Pb | Cd | Pb | Hg |
| Сірі опідзолені | 0,33 | 6,29 | 0,12 | 0,66 | 0,036 |
| Темно-сірі опідзолені | 0,31 | 9,87 | 0,11 | 0,89 | 0,040 |
| Чорноземи типові | 0,17 | 10,97 | 0,13 | 1,82 | 0,039 |
| Чорноземи звичайні | 0,28 | 16,28 | 0,17 | 2,08 | 0,039 |
| Чорноземи південні | 0,27 | 12,31 | 0,16 | 1,87 | 0,041 |
| Лучно-чорноземні | 0,33 | 16,22 | 0,13 | 1,86 | 0,039 |
| Лучні | 0,25 | 15,93 | 0,15 | 1,96 | 0,040 |
| Дернові | 0,44 | 12,63 | 0,22 | 4,88 | 0,041 |
| Намиті | 0,20 | 12,65 | 0,17 | 2,24 | 0,040 |

5,0, цинку – 23,0, марганцю – 140,0 мг/кг ґрунту.

ВИСНОВКИ

Дослідженнями, виконаними в Одеській обл. у 2003–2013 рр., виявлено зміни в оцінці вмісту в ґрунтах таких МЕ, як кобальт і мідь, та ВМ – кадмію і свинцю, що

обумовлено заміною екстрагента 1н HCL на ААБ. За визначення з використанням 1н HCl уміст МЕ у всіх типах ґрунтів оцінювався як високий для третьої групи культур щодо кобальту і середній або високий щодо міді для цієї групи на чорноземах звичайних і південних, лучно-чорноземних, лучних, дернових, намитих; і високий –

для другої групи на чорноземах типових, сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах. Вилучення екстрагентом ААБ засвідчило, що 41,6% ґрунтів за вмістом міді і 11,5% за вмістом кобальту оцінюються як дуже низько і низько забезпечені. Отже, було виявлено, що екстрагент 1н HCL вилучає з ґрунту не лише легко-, а й важкодоступні для рослин форми МЕ, внаслідок чого залишаються показники вмісту в ґрунтах рухомих форм. Оцінка забруднення переважної більшості ґрунтів свинцем, що входять в групу чорноземів, за використання ААБ не змінилась порівняно з використанням 1н HCL, у сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах виявлено зниження забруднення, а у лучно-чорноземних і дернових — підвищення вмісту свинцю відповідно до шкали градацій. Рівень забруднення ґрунтів кадмієм підвищився в чорноземах звичайних і південних, дернових і намитих ґрунтах. Але рівень забруднення всіма досліджуваними ВМ і МЕ не перевищує ГДК.

Слід зауважити, що рослини різняться за здатністю мобілізувати елементи живлення та за рівнем потреби у макро- і мікроелементах. Щодо мікроелементів, градація забезпеченості залежить не тільки від їхнього вмісту в ґрунті, а й від властивостей рослин. Тому було б логічно використовувати в оцінці забезпеченості МЕ градацію ґрунтів, розроблену І.Г. Важеніним [8] для різних за фізіологічними властивостями сільськогосподарських культур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур (рекомендації) / За ред. А.І. Фатеєва. — Х.: ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського, 2012. — 38 с.
2. Труфанов О. Мікроелементи незамінні для нормального росту й розвитку рослин // Пропозиція. — 2012. — № 5. — С. 50–51.
3. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. — К.: Наукова думка, 1969. — 512 с.
4. Пейве Я.В. Агрохімія і біохімія мікроелементів: Изд. труды. — М.: Наука, 1980. — 426 с.
5. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. І.П. Яцку, С.А. Балюка. — К., 2013. — 104 с.
6. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. С.М. Рижку, М.В. Лісового, Д.М. Бенцаровського. — К., 2003. — 63 с.
7. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: ЦИНАО, 1992. — 61 с.
8. Важенін И.Г. Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов / И.Г. Важенин. — М.: ВАСХНИЛ, 1976. — 40 с.

REFERENCES

1. Fatieieva A.I. (2012). *Optymizatsiia mikroelementnogo zhyvlennia silskohospodarskykh kultur (rekomenndatsii)* [Optimization of trace element nutrition of crops (recommendations)]. Kharkiv: NNTs IHA im. O.N. Sokolovskoho, 38 p. (in Ukrainian).
2. Trufanov O. (2012). *Mikroelementy nezaminni dlja normalnogo rostu y rozvitiyu rastlyn* [Trace elements are essential for normal growth and development of plants]. Propozitsiya, no. 5, pp. 50–51 (in Ukrainian).
3. Vlasiuk P.A. (1969). *Biologicheskie elementy v zhiznedeyatelnosti rastenij* [Biological elements in the life of the plant]. Kyiv: Naukova dumka, 512 p. (in Russian).
4. Peyve Ya.V. (1980). *Agrokhimiya i biokhimiya mikroelementov: Izbr. Trudy* [Agricultural chemistry and biochemistry of trace elements: Fav. works.]. Moscow: Nauka, 426 p. (in Russian).
5. Yatsuka I.P., Baliukha S.A. (2013). *Metodyka provedenija ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskogo priznachennja* [The methodology of agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv, 104 p. (in Ukrainian).
6. Ryzhuk S.M., Lisovoy M.V., Bentsarovskyy D.M. (2003). *Metodyka ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskogo pryznachennia* [Methods agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv, 63 p. (in Ukrainian).
7. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh selkhozugodiy i produktsii rastenievodstva [Guidelines for determination of heavy metals in the soils of farmland and crop production]. Iss. 2 Revised. and add. Moscow: TsINAO, 1992, 61 p. (in Russian).
8. Vazhenin I.G. (1976). *Metodicheskie ukazaniya po agrokhimicheskomu obследovaniju i kartografirovaniyu pochu na soderzhanie mikroelementov* [Guidelines for agrochemical survey and mapping of soils on the content of microelements]. Moscow: VASKhNIL, 40 p. (in Russian).