

УДК 631.416.8+631.  
811.94 (628.38)  
© 2014

*В.А. Гетманенко*

*ННЦ «Інститут  
грунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського»*

*\* Науковий керівник —  
доктор сільсько-  
господарських наук  
Є.В. Скрильник*

## **НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ ТА РОСЛИННІЙ ПРОДУКЦІЇ ЗА УМОВ УДОБРЕННЯ ОСАДОМ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД\***

***В умовах удобрення осадом міських стічних вод вивчено накопичення рухомих форм мікроелементів у чорноземі опідзоленому. Установлено рівень забруднення ґрунту важкими металами. Наведено параметри поглинання важких металів зеленою масою ріпаку ярого. Розраховано та проаналізовано коефіцієнти біологічного поглинання мікроелементів культурою.***

**Ключові слова:** осад міських стічних вод, мікроелементи, чорнозем опідзолений, ріпак ярий, забруднення важкими металами.

Проблема утилізації осадів біологічного очищення комунальних стічних вод (ОСВ) є в усьому світі. В Україні переробку ОСВ за корисним використанням компонентів майже не застосовують, тому весь об'єм осадів, що утворюється, а це близько 40 млн т на рік, складається. Його накопичення призводить до вилучення з господарського використання значних площ земель і негативного впливу на довкілля. З огляду на те, що ОСВ характеризується високим умістом біогенних елементів та органічної речовини, використання його в сільському господарстві за наявного дефіциту органічних добрив є доцільним.

Найважливішою проблемою, пов'язаною з використанням ОСВ у землеробстві, є акумуляція важких металів (ВМ) у ґрунті та рослинах. Систематичне застосування осадів упродовж тривалого часу може підвищити рівень умісту мікроелементів у ґрунті до критичного рівня, що негативно вплине на рослини. Проте є дані, що поллютанти, які входять до складу ОСВ, на 90–95% представлені малорозчинними сполуками [1]. Накопичення важких металів у рослинній продукції залежить і від здатності рослин перетворювати поєднання металів у фізіологічно неактивний стан. Отже, одним із найраціональніших способів зниження дії ВМ на рослину за удобрення ОСВ є видовий добір культур. Однією з таких культур може бути ріпак ярий, який вирізняється високим ступенем стійкості до ВМ. Тому визначення параметрів поглинання ВМ ріпаком ярим в умовах удобрення осадом міських стічних вод є актуальним.

**Мета досліджень** — визначити параметри

накопичення мікроелементів у чорноземі опідзоленому та зеленій масі ріпаку ярого в умовах удобрення осадом міських стічних вод.

**Методика досліджень.** Для закладання вегетаційного досліді використовували орний шар чорнозему опідзоленого важкосуглинкового з Коротичанського дослідного поля (сmt Коротич Харківська область). У досліді використовували ОСВ 3-річного зберігання, відібраний на комплексі біологічного очищення «Безлюдівський» у Харкові. Досліджуваний ОСВ характеризується таким умістом мікроелементів: Cd — 6,2 мг/кг, Co — 14,6, Cr — 459,3, Cu — 196,4, Mn — 718,3, Ni — 73,2, Pb — 87,7, Zn — 924 мг/кг. Ці концентрації не перевищують допустимі згідно з вимогами чинних нормативів України, Росії та Європейського Союзу [2–4].

Дози ОСВ розраховували за чинними методиками, які дають змогу запобігти забрудненню важкими металами та нітратною формою азоту, не порушуючи збалансоване живлення рослин. Схема досліді така: без добрив (контроль); ОСВ у дозі 9 т/га (допустиме навантаження за вмістом азоту згідно з нормативами [3]); ОСВ у дозі 4 т/га (рекомендована доза за вмістом ВМ згідно з [3]); ОСВ у дозі 13,7 т/га (гранично допустима разова доза ОСВ за ВМ згідно з [2]); мінеральні добрива в дозі  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Повторність — 3-разова.

Вирощувана культура — ріпак ярий на зелену масу сорту Марія. Рослини збирали на початку фази цвітіння, коли ріпак формує максимальну біомасу, характеризується максимальним виносом ВМ і має найвищу кормову цінність.

**1. Уміст важких металів і мікроелементів у ґрунті за удобрення ОСВ, мг/кг ґрунту**

Варіант	рН <sub>водн</sub>	Уміст, мг/кг ґрунту							
		Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Без добрив (контроль)	6,4	0,04	0,43	0,62	0,26	41,97	0,59	0,35	1,08
4 т/га ОСВ	6,5	0,05	0,52	0,66	0,31	46,41	0,60	0,36	1,27
9 т/га ОСВ	6,6	0,12	0,54	0,89	0,38	52,63	0,63	0,44	1,28
13,7 т/га ОСВ	6,6	0,17	0,5	1,9	0,35	58,32	0,90	0,86	1,2
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	6,2	0,03	0,4	0,52	0,28	45,03	0,60	0,40	0,89
НІР <sub>05</sub>	0,2	0,15	0,41	0,28	0,1	1,6	0,31	0,48	0,23

Уміст мікроелементів у рослинних зразках визначали в солянокислій витяжці (10% НСІ), рухомі сполуки мікроелементів у ґрунті — у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Сатурн-4.

**Результати досліджень.** Установлено, що після внесення ОСВ спостерігалось збільшення концентрації мікроелементів у ґрунті (табл. 1), але ці параметри не перевищили межі встановлених ГДК за загальносанітарним показником шкідливості.

У варіанті з унесенням 13,7 т/га ОСВ достовірно підвищення концентрації спостерігалось для всіх досліджуваних елементів, крім рухомого Cd, Co та Zn. За внесення мінерального добрива вміст мікроелементів у ґрунті був нижчим порівняно з контролем, інтенсивніший їх винос у цьому варіанті пов'язаний з найбільшим урожаєм культури, який становив 12,61 мг сухої речовини на посудину.

Після внесення 13,7 т/га ОСВ вміст Cr перевищив контроль утричі, але ця концентрація є безпечною з огляду на гранично допустиму. Після внесення ОСВ вміст рухомої міді зменшувався за збільшення дози осаду, що пояснюється зв'язуванням з органічними лігандами і гідроксидами заліза. Уміст рухомого Mn збільшувався в усіх варіантах дослідження порівняно з

контролем. Така тенденція у варіантах з ОСВ пов'язана з унесенням Mn з осадам стічних вод. Уміст у ґрунті рухомого Ni та Pb достовірно збільшувався в разі збільшення дози осаду. Попри те, що вміст Zn в досліджуваному ОСВ досить високий, його вміст у варіантах дослідження достовірно не підвищився, а у варіанті з N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> зменшився порівняно з контролем, що можна пояснити інтенсивним виносом культурою.

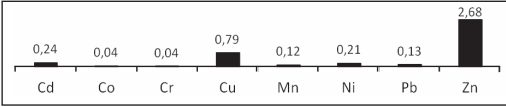
Ефект поєднаної дії групи елементів відображає сумарний показник забруднення Z<sub>c</sub>. За розрахунками сумарний показник забруднення в усіх варіантах дослідження відповідає допустимому рівню дії і становить у варіантах з унесенням осаду в дозі 4 т/га, 9 та 13,7 т/га відповідно 2, 5, 9.

Удобрення ґрунту ОСВ не пригнічувало розвиток рослин. Параметри поглинання мікроелементів рослиною не перевищили максимально допустимі рівні вмісту цих металів у кормах для сільськогосподарських тварин (табл. 2).

Після внесення 13,7 т/га ОСВ у зеленій масі ріпаку ярого спостерігалось достовірно підвищення концентрації Cr, Cu, Mn, Ni, Pb та Zn порівняно з контролем, що можна пояснити залежністю їх від вмісту в ОСВ. Cd та Co накопичувалися в зеленій масі ріпаку відповідно до збільшення дози осаду, але істотного збільшен-

**2. Уміст важких металів і мікроелементів у сухій речовині ріпаку ярого, мг/кг**

Варіант	Уміст, мг/кг							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Без добрив (контроль)	0,13	0,2	0,2	2,05	54,7	1,28	0,54	25,7
4 т/га ОСВ	0,13	0,21	0,28	2,42	57,95	1,33	0,57	27,65
9 т/га ОСВ	0,14	0,22	0,32	2,8	58,6	1,37	0,61	33,55
13,7 т/га ОСВ	0,145	0,23	0,34	2,87	57,7	1,49	0,64	39,25
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,13	0,2	0,25	2,37	53,8	1,4	0,57	26,3
НІР <sub>05</sub>	0,02	0,03	0,09	0,56	1	0,14	0,11	2,59



**Коефіцієнти біологічного поглинання важких металів ріпаком ярим в умовах удобрення ОСВ**

ня цих металів не спостерігалось. Підвищений уміст у ґрунті рухомих форм  $P_2O_5$ , який забезпечується удобренням ґрунту ОСВ, знижує використання рослинами Mn, тому у варіанті з унесенням 13,7 т/га ОСВ його вміст у рослині був нижчим, ніж після внесення 9 т/га ОСВ. Ріпак ярий акумулює Zn, що підтверджується даними табл. 2. У варіантах з ОСВ уміст цинку

в зеленій масі рослин зростав пропорційно дозі осаду. У варіанті з унесенням 13,7 т/га ОСВ його вміст збільшився на 53% порівняно з контролем.

Здатність рослини поглинати важкі метали з ґрунту характеризується коефіцієнтом біологічного поглинання (КБП), який розраховують як співвідношення концентрації елемента в рослині та ґрунті. Розраховані КБП для ріпаку ярого за удобрення ОСВ наведено на рисунку.

Доведено, що ріпак ярий досить слабо акумулює Cr та Co, значно краще — Zn, а Cu і Cd займають середнє положення. Загалом ряд біологічного поглинання для ріпаку ярого в умовах удобрення ґрунту ОСВ є таким:  $Zn > Cu > Cd > Ni > Pb > Mn > Co > Cr$ .

**Висновки**

Установлено, що удобрення осадам міських стічних вод у дозах 4, 9 та 13,7 т/га не призвело до перевищення встановлених ГДК у ґрунті за загальносанітарним показником шкідливості. Розрахований сумарний показник забруднення після внесення ОСВ відповідає допустимому рівню дії. Параметри накопичен-

ня мікроелементів рослиною не перевищили максимально допустимі рівні вмісту елементів у кормах для сільськогосподарських тварин. За даними коефіцієнтів біологічного поглинання доведено, що ріпак ярий має значний потенціал концентрувати Zn, меншою мірою — Cu та Cd.

**Бібліографія**

1. Гармаш Г.А. Влияние тяжелых металлов, вносимых в почву с осадками сточных вод, на урожайность пшеницы и качество продукции/Г.А. Гармаш, Н.Ю. Гармаш//Агрохимия. — 1989. — № 7. — С. 69–75.  
2. Охрана природы. Почвы. Требования к осадкам сточных вод при использовании их в качестве удобрений: ГОСТ Р 17.4.3.07: 2001. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. — 11 с.

3. Технологічні та агроекологічні нормативи використання осадів стічних вод міських очисних споруд у сільському господарстві: КНД 33.-3.302-99. — К.: Мінагропром, УААН, 1999. — 33 с.  
4. Council Directive of 12 June 1986 concerning the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture: Directive 86/278/EEC. — Official Journal L 181, 1986. — 6 p.

Надійшла 10.09.2013.