
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.412; 631.415.1

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.32>

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ КІНЦЕВОЇ ТОЧКИ ПІВДЕННО-БУЗЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Бабич О.А. – викладач кафедри біології та хімії,
Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського

Було досліджено вміст рухомих сполук мікроелементів (цинку, феруму, марганцю, бору, купруму) і важких металів (плюмбуму, нікелю, кадмію) у ґрунтах із крапельним зрошенням кінцевої точки Південно-Бузької іригаційної системи (далі – ПБЗС) порівняно з ґрунтами без зрошення.

Відбір за глибиною зразків проводився залежно від морфологічної будови ґрунту (H_0 – 0-10 см, H – 10-30 см, H_p – 30-40 см, R_k – 80-90 см). Зразки відбиралися у трьохкратній повторності ($n = 3$). Екстракцію вмісту важких металів і мікроелементів проводили діетилентриамінпентаоцтовою кислотою (далі – ДТПО) за міжнародним стандартом ISO 14870:2001, IDT, який спрямований на визначення доступних для рослин форм металів і мікроелементів у ґрунтах із рН більше 6. Визначення вмісту металів проводилося за допомогою індуктивно-сполученої плазмової атомно-емісійної спектрометрії на базі агрохімічної лабораторії TerraLab у місті Нова Каховка Херсонської області.

Результати вмісту феруму в ґрунті зі зрошенням і без зрошення мають виражену статистичну відмінність у всіх досліджуваних генетичних горизонтах. Відбувається зростання вмісту рухомих сполук Fe у ґрунті зі зрошенням (H_{0-10} – на 21,89%, H_{10-30} – на 30,89%, H_{30-40} – на 52,59%, R_{k80-90} – на 5,33%).

Вміст рухомих сполук марганцю (Mn) досить коливається зі збільшенням глибини. Вміст Mn у ґрунті зі зрошенням статистично нижчий, ніж у ґрунті без зрошення для горизонтів $H_{0-10\text{см}}$ і $R_{k80-90\text{см}}$ і навпаки для горизонтів $H_{10-30\text{см}}$ і $H_{30-40\text{см}}$ тому загальні кількості рухомих сполук марганцю в ґрунтах зі зрошенням і без зрошення відрізняються слабо. Спостерігається перевищення ГДК для генетичних горизонтів H_{0-10} зі зрошенням і без зрошення і для H_{10-30} зі зрошенням.

Вміст рухомих сполук цинку (Zn) статистично відрізняються між ґрунтами зі зрошенням і без зрошення ґрунтових шарів H і H_p , немає статистичної відмінності між шаром ґрунтів R_k . Перевищення ГДК не спостерігається. За вмістом купруму (Cu) більшість досліджуваних генетичних ґрунтових горизонтів статистично не відрізняються. Перевищення ГДК не спостерігається.

Вміст кадмію (Cd) статистично не відрізняється і не перевищує значення ГДК. За вмістом хрому (Cr) спостерігається виражена статистична відмінність, але значення вмісту досить низькі. ГДК не перевищується для всіх дослідних зразків. За вмістом нікелю (Ni) спостерігається виражена статистична відмінність у деяких горизонтах. Перевищення ГДК не спостерігається.

За вмістом сполук плюмбуму (Pb) не спостерігається статистичної відмінності між усіма зразками і перевищення значення ГДК. Результати вмісту рухомих сполук бору (B)

у дослідних ґрунтах зі зрошенням і без зрошення мають виражену статистичну відмінність лише в підорних шарах – Hp і Pk, відсутня статистична відмінність для орних шарів H_{0-10} і H_{10-30} . Спостерігається перевищення значення ГДК.

Ключові слова: важкі метали, мікроелементи, зрошення, Південно-Бузька зрошувальна система.

Babych O.A. Content of heavy metals and microelements in the soil at the end point of the South Bug irrigation system

The content of mobile compounds of microelements (Zinc, Iron, Manganese, Boron, Copper) and heavy metals (Lead, Nickel, Cadmium) in soils under drip irrigation at the end point of the South Bug Irrigation System (SBIS) was investigated.

Sampling by depth was carried out depending on the morphological structure of the soil (H_0 – 0-10 cm, H – 10-30 cm, H_p – 30-40 cm, R_k – 80-90 cm). Samples were taken as triple samples ($n = 3$). Extraction of heavy metals and trace elements was performed with diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPO) according to the international standard ISO 14870: 2001, IDT, which aims to determine available forms of metals for plants and trace elements in soils with $pH > 6$. Determination of metals content was performed by inductive – combined plasma atomic emission spectrometry at the agrochemical laboratory TerraLab in the city of Nova Kakhovka of Kherson region.

The results of determining the content of iron in the soil under irrigation and without irrigation have a pronounced statistical difference in all studied genetic horizons. There is an increase in the content of mobile compounds Fe in the irrigated soil (H_{0-10} – by 21.89%, H_{10-30} – by 30.89%, H_p_{30-40} – by 52.59%, Pk_{80-90} – by 5.33%).

The content of mobile compounds of Manganese (Mn) varies considerably with increasing the depth. The content of Mn in irrigated soil is statistically lower than in the soil without irrigation for horizons H_{0-10cm} and $Pk_{80-90cm}$, and vice versa for horizons $H_{10-30cm}$ and $H_p_{30-40cm}$, so the total number of mobile compounds of Manganese in irrigated soils and without irrigation differ slightly. There is exceedance of the MPC for genetic horizons H_0-10 under irrigation and without irrigation and for H_{10-30} under irrigation.

The content of mobile compounds of Zinc (Zn) is statistically different between soils under irrigation and without irrigation of soil layers H and H_p and has no statistical difference between the soil layers P_k . Exceedance of the MPC is not observed. The content of copper (Cu) for most of the studied genetic soil horizons does not differ statistically. Exceedance of the MPC is not observed.

The content of cadmium (Cd) is not statistically different and does not exceed the maximum allowable value. There is a significant statistical difference in the content of Chromium (Cr), but the values of the content are quite low. The maximum concentration limit is not exceeded for all prototypes. The content of Nickel (Ni) is marked by a statistical difference in some horizons. Exceedance of the MPC is not observed.

As to the content of lead compounds (Pb), there is no statistical difference between all samples and no exceedance of the MPC value. The results of the content of mobile compounds of Boron (B) in the experimental soils under irrigation and without irrigation have a pronounced statistical difference only in the subsoil layers – H_p and P_k , and there is no statistical difference for arable layers H_{0-10} and H_{10-30} . There is exceedance of the MPC.

Key words: heavy metals, microelements, irrigation, South Bug irrigation system.

Постановка проблеми. Зрошення впливає на вміст важких металів у ґрунтах півдня України. Особливо поливна вода Інгулецького зрошувального масиву (далі – ІЗС), оскільки на хімічний склад водного розчину впливають транзитні пропуски мінералізованих вод Криворізького гірничорудного басейну [14, с. 59–63]. Натепер важкі метали є одним із головних індикаторів антропогенного впливу на природне середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі літературних джерел валовий вміст цинку, нікелю, кобальту, купрум, хрому та марганцю у темно-каштанових ґрунтах ІЗС знаходиться на фоновому рівні, вміст феруму і плюмбуму дещо більший і відрізняється від фонового рівня у 1,5-2,1 рази [4, с. 38–42; 5, с. 148–154; 6, с. 65–68]. У проведених дослідженнях не виявлено значного впливу поливної води на вміст важких металів на ґрунти ІЗС. Але результати вка-

зують на значне збільшення концентрації важких металів із глибини 50-100 см приблизно у 2-11 разів, що вказує на можливу небезпеку підйому важких металів із капілярною водою і забруднення ними кореневмісного шару [11, с. 149–151; 15, с. 5–11].

Постановка завдання. Нині активно вивчаються закономірності поглинання рослинами важких металів залежно від їхнього вмісту в ґрунтах і їх накопичення в різних органах рослин (система ґрунт – рослина – органи рослин – ґрунт) [10, с. 61–66; 12, с. 35–37; 16, с. 38–43]. Дані цих досліджень використовуються для вивчення еколого-токсикологічних аспектів і для розробки заходів детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів.

Для чорноземів спостерігається аналогічна картина. Л.І. Воротинцева [10, с. 61–66] показала, що за зрошення верхніх шарів досліджуваних ґрунтів чорноземів звичайних ІЗС спостерігалася тенденція до збільшення концентрації рухомих форм важких металів, надлишковий вміст яких призводить до погіршення якості ґрунту. У чорноземів звичайних при зрошенні води II і III класом придатності їх вміст підвищився в 2-10 разів порівняно з ґрунтами, які зрошувалися водами I класу придатності. Фоновий вміст підвищений для всіх важких металів і для темно-каштанових ґрунтів. Для ґрунтів, які значно забруднені важкими металами, розробляються методи їх усунення та раціонального використання [7, с. 100–108].

ґрунти Південно-Бузької зрошувальної системи (ПБЗС) є мало дослідженими щодо вмісту важких металів і мікроелементів, тому дослідження є актуальним. ПБЗС використовує воду із річки Південний Буг, яка має за результатами низки досліджень дещо підвищений рівень деяких важких металів (Fe, Cu, Ni, Zn).

При проходженні річкової води по іригаційній системі відбувається значна трансформація її хімічного складу і різка зміна іригаційних показників [1, с. 4–9; 2, с. 163–174; 3, с. 238–256]. За багатьма іригаційними показниками річкова вода набуває II або III класу придатності в кінцевій точці ПБЗС в результаті випаровування. Тому подальшому необхідно дослідити вміст важких металів у воді ПБЗС у різних точках іригаційної системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зразки ґрунту відбиралися із двох ґрунтових розрізів на ділянках зі зрошенням і без зрошення кінцевої точки ПБЗС, які є полями Навчально-наукового практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Координати розрізу ґрунту без зрошення – 46°56'14.27"С широти і 31°39'28.13"В довготи, зі зрошенням – 46°56'10.54"С широти і 31°39'6.05"В довготи.



Рис. 1. Дослідні поля ННПЦ МНАУ зі зрошенням і без зрошення та точки відбору зразків ґрунту

Відбір за глибиною зразків проводився залежно від морфологічної будови ґрунту (H_0 – 0-10 см, H – 10-30 см, H_p – 30-40 см, P_k – 80-90 см). Зразки відбиралися у трьохкратній повторності ($n = 3$). Екстракцію вмісту важких металів і мікроелементів проводили діетилентриамінпентаоцтовою кислотою (ДТПО) за міжнародним стандартом ISO 14870:2001, IDT, який спрямований на визначення доступних для рослин форм металів і мікроелементів у ґрунтах із рН більше 6. Безпосереднє визначення вмісту металів проводилося за допомогою індуктивно-сполученої плазмової атомно-емісійної спектрометрії на базі агрохімічної лабораторії TerraLab у місті Нова Каховка Херсонської області.

Було досліджено вміст рухомих форм важких металів (цинку, купруму, кадмію, хрому, нікелю і плюмбуму) і мікроелементів (феруму, марганцю, бору) у ґрунтах дослідного поля ННПЦ МНАУ зі зрошенням і без зрошення. Статистична відмінність між результатами визначалася за допомогою непараметричного критерію Манна-Уїтні (Uт) за допомогою програми Statistica 6.0 (табл. 1).

Результати вмісту Fe у ґрунті зі зрошенням і без зрошення статистично відрізняються у всіх досліджуваних розрізах (Табл. 1.). Ґрунти зі зрошенням мають вищий вміст Fe в шарах H , тому можна стверджувати, що на підвищення рівня цього мікроелемента впливає зрошення. У найглибшому шарі P_k рівень феруму для ґрунту зі зрошенням незначно нижчий, ніж у ґрунту без зрошення, що пояснюється поглинанням кореневою системою рослин.

Вміст рухомих сполук марганцю (Mn) досить коливається зі збільшенням глибини. Вміст Mn у ґрунті зі зрошенням статистично нижчий, ніж у ґрунті без зрошення для горизонтів $H_{0-10\text{см}}$ і $P_{k_{80-90\text{см}}}$ і навпаки для горизонтів $H_{10-30\text{см}}$ і $H_{p_{30-40\text{см}}}$. Різниця результатів вмісту рухомих сполук:

$$\Delta C(\text{Mn}) = C(\text{Mn})_{\text{зрош}} - C(\text{Mn})_{\text{без зрош}}$$

для горизонтів $H_{0-10} = -7,62$, $H_{10-30} = +7,65$, $H_p = +18,81$, $P_{k_{80-90}} = -4,53$. Для горизонтів H спостерігається взаємна компенсація результатів, тому можна стверджувати, що сполуки марганцю поступово змиваються, не збільшуючи загальної кількості. Для глибших горизонтів спостерігається аналогічна тенденція. Тому зрошення в цьому випадку не впливає на рівень рухомих сполук марганцю. За вмістом Mn спостерігається перевищення ГДК для генетичних горизонтів H_{0-10} зі зрошенням і без зрошення, що виключає фактор впливу, і для H_{10-30} зі зрошенням, що пов'язано із надлишковим надходженням у ґрунт із мікродобривами.

Вміст рухомих сполук цинку (Zn) статистично відрізняється між ґрунтами зі зрошенням і без зрошення ґрунтових шарів H і H_p і не має статистичної відмінності між шаром ґрунтів P_k . В орному шарі ґрунту зі зрошенням вміст Zn значно вищий, ніж у ґрунті без зрошення ($\Delta C(\text{Zn}) = +8,97$), тому можна стверджувати, що на вміст цинку впливає вода із кінцевої точки ПБЗС. Перевищення ГДК за вмістом Zn для генетичних горизонтів не спостерігається.

Результати вмісту рухомих сполук купруму (Cu) в більшості досліджуваних генетичних горизонтах ґрунтів зі зрошенням і без зрошення дослідного поля ННПЦ МНАУ статистично не відрізняються. Відрізняються між собою за вмістом сполук Cu генетичні горизонти $H_{p_{30-40}}$, але не значно ($\Delta C(\text{Cu}) = +0,27$). Тому крапельне зрошення поливною водою ПБЗС майже не впливає на вміст рухомих сполук купруму. Вміст не перевищує ГДК для всіх досліджуваних генетичних горизонтів.

Результати вмісту рухомих сполук кадмію (Cd) в досліджуваних генетичних горизонтах ґрунтів зі зрошенням і без зрошення дослідного поля ННПЦ МНАУ статистично не відрізняються і не перевищують значення ГДК. Тому зрошення не має впливу на вміст Cd у дослідному ґрунті ПБЗС.

Таблиця 1
Вміст мікроелементів і важких металів в ґрунтах зі зрошенням і без зрошення ПБЗС

Генетичний горизонт	Fe мг/кг	Mn мг/кг	Zn мг/кг	Cu мг/кг	Cd мг/кг	Cr мг/кг	Ni мг/кг	Pb мг/кг	B мг/кг
H (0-10 см) зрошення	23,83±0,061	55,18±0,14*	11,00±0,35	2,11±0,09	0,056±0,005	0,2509±0,0093	3,41±0,16	1,18±0,21	1,45±0,1*
Без зрошення	19,55±0,48	62,80±0,7*	2,03±0,3	1,93±0,14	0,063±0,004	0,0199±0,0033	3,30±0,12	0,95±0,09	1,57±0,08*
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
H (10-30) зрошення	14,66±0,18	56,40±0,28*	2,40±0,1	1,54±0,09	0,041±0,006	0,0051±0,0004	3,31±0,23	0,87±0,08	1,17±0,06*
Без зрошення	11,20±0,68	48,75±0,37	0,95±0,17	1,35±0,09	0,046±0,006	0,0035±0,0004	2,82±0,08	0,98±0,07	1,25±0,04*
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05
Hp (30-40) зрошення	10,59±0,24	37,64±0,45	0,82±0,15	1,34±0,11	0,035±0,002	0,0023±0,0002	2,40±0,34	0,78±0,03	1,26±0,12*
Без зрошення	6,94±0,16	18,83±1,08	1,07±0,17	1,07±0,04	0,033±0,002	0,0021±0,0002	1,04±0,21	0,72±0,1	1,46±0,11*
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	<0,05
Hk (80-90) зрошення	6,03±0,07	7,40±0,4	0,82±0,09	1,36±0,03	0,003±0,002	0,0053±0,0007	0,36±0,05	0,52±0,04	1,27±0,08*
Без зрошення	6,37±0,05	11,93±1,06	0,91±0,04	1,38±0,03	0,007±0,001	0,002±0,002	0,45±0,04	0,49±0,07	1,12±0,11*
p	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05
ГДК, мг/кг	-	50,0	23,0	3,0	0,7	6,0	4,0	2,0	0,7

Примітки: * – значення перевищують ГДК (для важких металів) або мають високі значення (для мікроелементів); <0,05 – між результатами присуття статистична відмінність; >0,05 – між результатами відсуття статистична відмінність.

Результати вмісту рухомих сполук хрому (Cr) у досліджуваних ґрунтах для більшості генетичних горизонтів статистично відрізняються. Концентрація досить невисока для всіх генетичних горизонтів і значне її збільшення порівняно з ґрунтами без зрошення спостерігається лише для H_{0-10} (в 11,6 рази). Тому в цьому випадку необхідно враховувати фактор зрошення. Для нижчих горизонтів зростання статистично значуще, але не значне: H_{10-30} – збільшення в 0,46 разів, Rk_{80-90} – збільшення в 1,65 рази. Для результатів Hr_{30-40} статистична відмінність відсутня. ГДК не перевищується для всіх зразків дослідних ґрунтових розрізів.

Результати вмісту рухомих сполук нікелю (Ni) між дослідними ґрунтами мають виражену статистичну відмінність у генетичних горизонтах H_{10-30} і Hr_{30-40} . Результати генетичних горизонтів зі зрошенням і без зрошення H_{0-10} і Rk_{80-90} статистичної відмінності між собою не мають. Найбільша зміна концентрації спостерігається для генетичного горизонту Hr_{30-40} – збільшення в 2,3 рази. Тому в цьому випадку зрошення не значним чином впливає на вміст рухомих сполук Ni. Перевищення ГДК відсутнє для всіх досліджуваних генетичних горизонтів.

Результати вмісту рухомих сполук п्लумбуму (Pb) у досліджуваних генетичних горизонтах ґрунтів зі зрошенням і без зрошення дослідного поля ННПЦ МНАУ статистично не відрізняються і не перевищують значення ГДК. Тому зрошення не має впливу на вміст Pb у дослідному ґрунті ПБЗС.

Результати вмісту рухомих сполук бору (B) у дослідних ґрунтах зі зрошенням і без зрошення мають виражену статистичну відмінність лише в підорних шарах – Hr і Rk , відсутня статистична відмінність для орних шарів H_{0-10} і H_{10-30} . Зниження вмісту рухомих сполук бору для орних горизонтів пояснюється поглинанням рослинами. Для підорних горизонтів зміна результатів є незначною: Hr – зниження на 13,7%, Rk – збільшення на 13,4%, що вказує на взаємну компенсацію результатів. Загалом вплив зрошення на вміст рухомих сполук бору є не вираженим. Спостерігається перевищення ГДК, тому має місце не раціональне використання мікродобрив на досліджуваних ділянках дослідного поля ННПЦ МНАУ.

Висновки і пропозиції. Вплив зрошувальної води ПБЗС призводить до значного збільшення вмісту у ґрунті Fe, Mn, Zn. На вміст у ґрунті зі зрошенням рухомих сполук Cd, Ni, Pb, B, Cr водою ПБЗС впливу не має.

Необхідно в подальшому дослідити рівень трансформації важких металів у воді ПБЗС. Необхідний подальший моніторинг вмісту важких металів ґрунтів зі зрошенням.

Для рівня концентрації важких металів не спостерігається перевищення ГДК і характерне перевищення для вмісту мікроелементів рухомих сполук Mn і B, тому необхідно переглянути кількості внесених мікродобрив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабич О.А. Залежність показника кислотності від рівня випаровування поливної води Головної насосної станції Південно-Бузької зрошувальної системи. *Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний збірник*. 2018. № 69. С. 4–9.
2. Бабич О.А. Трансформація фізичних властивостей ґрунтів Південно-Бузької зрошувальної системи. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. Т. 1. С. 163–174.
3. Бабич О.А. Трансформація поливної води Південно-Бузької зрошувальної системи та її вплив на агрохімічні і фізико-хімічні показники чорноземів південних. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. Т. 1. С. 238–256.
4. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М., Скрильник Є.В., Тимченко Д.О., Фатєєв А.І., Христенко А.О., Цапко Ю.Л. Екологічний стан ґрунтів України. *Український географічний журнал*. 2012. № 2. С. 38–42.

5. Балюк С.А., Захарова М.А. Агрохімічні закономірності міграції та акумуляції важких металів у системі зрошувальна вода – ґрунт – рослина. *Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України*. 2009. С. 148–154.
 6. Балюк С.А., Ладних В.Я., Мошник Л.І. Оцінка забруднення зрошувальної води і ґрунтів важкими металами. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 1. С. 65–68.
 7. Воротинцева Л.І. Моніторинг еколого-агромеліоративного стану земель Інгулецької зрошувальної системи. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 65. С. 122–126.
 8. Воротинцева Л.І. Зміна фізико-хімічних властивостей темно-каштанових ґрунтів за різних меліоративних навантажень. *Зрошуване землеробство*. 2017. № 67. С. 72–76.
 9. Воротинцева Л.І. Еколого-токсикологічні аспекти зрошення земель в умовах техногенного навантаження та заходи детоксикації системи «ґрунт – рослина». *Вісник аграрної науки. Агроєкологія. Радіологія. Меліорація*. 2009. С. 61–66.
 10. Груша В.В., Гудков І.М. Вплив сполук Zn і Mn на зниження надходження радіонуклідів “Cs” і “Sr” на продуктивність рослин. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія*. 2006. № 24. С. 149–151.
 11. Дубовик В.А. Миграция тяжелых металлов в системе почва – листья – плоды яблунь. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2009. № 5. С. 35–37.
 12. Малєєв В.О., Безпальченко В.М. Вплив зрошення на фізико-хімічні властивості чорноземів південних Херсонської області. *Вісник ХНТУ*. 2016. № 1(56). С. 101–107.
 13. Морозов В.В., Сафонова О.П., Волочнюк Е.Г. Екологічні проблеми зрошення водою річки Інгулець, забрудненої стоками Криворізького гірничо-рудного басейну. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2003. № 2. С. 59–63.
 14. Мірошніченко М.М., Тертишна А.В. Розподіл мікроелементів у ґрунтах опідзоленого ряду транселювіальних ландшафтів лівобережного лісостепу України. *Ґрунтознавство*. 2011. Т. 12, № 1–2. С. 5–11.
 15. Самохвалова В.Л., Фатеев А.И., Журавлева И.М. Некоторые аспекты изучения и оценки состояния загрязнения тяжелыми металлами системы почва – растение. *Агроєкологічний журнал*. 2008. № 4. С. 38–43.
-