

DYNAMIKA PRZEMIESZCZANIA W GLEBIE METALI CIĘŻKICH Z OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Bernadeta Kucharska, Lech Nowak, Elżbieta Chylińska

Katedra Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Zwiększona zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleby jest zjawiskiem częstym i wynika między innymi z bioakumulacji pierwiastków przez rośliny, a potem ich deponowania w glebie [OLEK, FILIPEK 1996]. W głąb profilu przemieszczają się głównie rozpuszczalne formy metali [ŻURAWSKI i in. 1997]. Oznaczając przemieszczanie się metali w gruncie podczas infiltracji stwierdza się, że najskuteczniej sorbowane są jony Cu^{2+} , a następnie Pb^{2+} . Jony cynku również ulegają sorpcji, lecz jednocześnie są intensywnie desorbowane w warunkach zwiększonego stężenia jonów H^+ . W porównaniu z migracją metali ciężkich w glebie, zanieczyszczenie wód podziemnych tymi pierwiastkami ujawnia się zwykle dopiero po upływie dłuższego czasu, jest trwałe i mało podatne na techniczne środki odnowy. Sprzyja mu również wadliwa gospodarka osadami ściekowymi.

Celem przeprowadzonego doświadczenia była ocena dynamiki przemieszczania się Zn, Cu, Pb i Cr w profilu glebowym i stopnia wynycia ich do odcieków lizymetrycznych.

Materiał i metody

W pracy przedstawione zostały wyniki czteroletnich badań, przeprowadzonych w latach 1996–1999 w hali lizymetrów Zakładu Technik Uprawy Roli i Nawożenia IUNG w Jelezu-Laskowicach. Wnętrze lizymetrów, o średnicy 0,8 m i głębokości 1,0 m, w całej objętości wypełniono jednolitym podłożem o składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego. Zawartość badanych pierwiastków w podłożu wszystkich obiektów była zbliżona i wynosiła średnio: 10,8 mg Cr·kg⁻¹, 8,9 mg Cu·kg⁻¹, 26,1 mg Pb·kg⁻¹ i 39,4 mg Zn·kg⁻¹. Każdy lizymetr miał osobny spust umożliwiający pobranie i oznaczenie ilości przesączy glebowych. Gleba użyta do doświadczenia zawierała 9 g C org·kg⁻¹, 86 mg P₂O₅·kg⁻¹, 125 mg K₂O·kg⁻¹, a pH_{KCl} wynosiło 4,6. Uwilgotnienie gleby w lizymetrach uzależnione było wyłącznie od opadów, których roczna suma w latach badań wynosiła kolejno: 465, 620, 653 i 631 mm. W doświadczeniu użyto dwa rodzaje osadów: osad I świeży, bez składowania na hałdach i osad II, stabilizowany po dziesięcioletnim okresie składo-

wania. Oba osady pochodziły z oczyszczalni ścieków komunalnych w Opolu. Po napełnieniu lizymetrów podłożem wyjściowym wierzchnia warstwa gleby na głębokości 0–20 cm została wymieszana z osadami pościekowymi, a odpowiadała ich dawkom połowym 40 i 80 t·ha⁻¹. Początkową zawartość badanych pierwiastków w osadach ściekowych wprowadzonych do gleby na głębokość 0–20 cm podano w tabeli 1.

W okresie doświadczenia w lizymetrach były uprawiane następujące rośliny: kukurydza na kiszonkę, pszenica jara, owies, kukurydza na ziarno.

W ciągu 4 lat badań systematycznie oznaczano ilość przesączy z profili glebowych lizymetrów (teoretycznie wymywanych do wód gruntowych) i zawartość w nich Zn, Cu, Pb, Cr metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA), przy użyciu spektrofotometru PU x Philips-Unicam. Objętość przesączy pobranych z lizymetrów w poszczególnych latach badań podano w tabeli 2.

Po zakończeniu doświadczenia pobrano także próby z pięciu warstw gleby o głębokości: 0–20, 20–25, 25–30, 30–40, 40–60 cm do oznaczeń zawartości metali ciężkich. Zawartość ta w warstwie 0–20 cm (odniesienia) dla osadów i ich dawek (t·ha⁻¹) wynosiła:

	Osad świeży		Osad sezonowy	
	40	80	40	80
Zn	70,20	85,40	41,80	51,50
Cu	5,85	6,45	8,30	7,85
Pb	17,65	19,00	18,75	20,25
Cr	16,80	19,55	19,60	15,80

Dynamikę przemieszczania w glebie metali ciężkich z osadów ściekowych przedstawiono w pracy jako procentową ilość tych pierwiastków w poszczególnych warstwach gleby w odniesieniu do ich ilości znajdującej się w warstwie 0–20 cm po zakończeniu doświadczenia w 1999 roku.

Wyniki i dyskusja

Po zakończeniu czteroletnich obserwacji podjęto próbę określenia procentowego rozmieszczenia badanych metali w profilu glebowym w stosunku do wierzchniej warstwy gleby (0–20 cm), z którą wymieszane zostały osady pościekowe (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych (mg/lizymetr)
Content of heavy metals in sewage deposits (mg/lizymeter)

Metal Metal	Osad świeży; Fresh deposit		Osad sezonowany; Seasoned deposit	
	dawka; dose (t·ha ⁻¹)			
	40	80	40	80
Zn	7000	14000	6700	13400
Cu	720	1440	650	1300
Pb	600	1200	540	1080
Cr	600	1200	570	1140

Według CHŁOPECKIEJ i DUDKA [1991] na przemieszczanie i wymywanie metali w glebie wpływają również właściwości stosowanych osadów. Dynamika przemieszczania się badanych metali w doświadczeniu zależała od rodzaju pierwiastka, a także osadu, z którego pochodziły. Najmniej ruchliwym pierwiastkiem w doświadczeniu był cynk. Jego ilość w czwartym roku badań w warstwie 25–30 cm wynosiła średnio 15,3% Zn w stosunku do warstwy 0–20 cm. Najwięcej cynku, w porównaniu z warstwą do której został wprowadzony, zostało wymyte do warstwy 40–60 cm (średnio 39,5%), (tab. 3). Cynk wymywany był szybciej z gleby nawiezionej osadem sezonowanym niż świeżym, średnio o 32% (tab. 7).

Tabela 2; Table 2

Objętość przesączy z lizymetrów (dm³)
Volume of lizymetric run-offs (dm³)

Rodzaj osadu Kind of deposit	Dawka Dose (t·ha ⁻¹)	Rok; Year				Suma Total
		1996	1997	1998	1999	
Osad świeży; Fresh deposit	40	0,84	65,88	89,00	98,20	253,90
	80	0,72	65,00	74,00	88,20	227,90
Osad sezonowany; Seasoned deposit	40	10,30	53,66	75,20	89,40	228,50
	80	13,10	65,76	70,00	96,20	245,00
Suma roczna objętości przesączy ze wszystkich obiektów badawczych; Yearly sum of run-off from all lizymetric volume		125,60	1390,50	1727,00	2069,00	5312,10

Tabela 3; Table 3

Rozmieszczenie cynku w warstwach profilu glebowego
po zakończeniu doświadczenia (%)*

Distribution of zinc in the layers
of soil profile after the experiment (%)*

Warstwa gleby Layer of soil profile (cm)	Osad świeży Fresh deposit		Osad sezonowany Seasoned deposit	
	dawka; dose (t·ha ⁻¹)			
	40	80	40	80
20–25	14,69	11,81	22,67	16,84
25–30	12,82	10,16	22,01	16,33
30–40	25,21	20,17	47,73	31,89
40–60	45,94	36,12	38,39	37,47

* za 100% przyjęto zawartość cynku w warstwie 0–20 cm; as 100% the content of zinc in 0–20 soil layer was assumed

W porównaniu z pozostałymi metalami, proces przemieszczania się Cu w glebie był bardzo szybki. Miedź nagromadziła się w szczególnie dużej ilości na głębokości 30–40 i 40–60 cm, gdzie przewyższała zawartość tego pierwiastka w warstwie wierzchniej średnio o 130 i 116% (tab. 4). Analogicznie szybszy też był proces wymywania tego metalu z osadu świeżego aniżeli sezonowanego (tab. 7).

Tabela 4; Table 4

Rozmieszczenie miedzi w warstwach profilu glebowego
po zakończeniu doświadczenia (%)*

Distribution of copper in the layers of soil profile after the experiment (%)*

Warstwa gleby Layer of soil profile (cm)	Osad świeży; Fresh deposit		Osad sezonowany; Seasoned deposit	
	dawka; dose (t·ha ⁻¹)			
	40	80	40	80
20–25	87,18	74,22	87,35	84,07
25–30	96,58	102,32	84,34	89,81
30–40	196,58	158,91	85,54	77,07
40–60	193,16	166,66	50,60	54,78

* za 100% przyjęto zawartość miedzi w warstwie 0–20 cm; as 100% the content of cooper in 0–20 soil layer was assumed

Tabela 5; Table 5

Rozmieszczenie ołowiu w warstwach profilu glebowego
po zakończeniu doświadczenia (%)*

Distribution of lead in the layers
of soil profile after the experiment (%)*

Warstwa gleby Layer of soil profile (cm)	Osad świeży; Fresh deposit		Osad sezonowany; Seasoned deposit	
	dawka; dose (t·ha ⁻¹)			
	40	80	40	80
20–25	23,37	20,39	26,19	23,76
25–30	19,83	12,96	25,75	19,57
30–40	22,38	17,89	46,72	36,79
40–60	43,06	39,47	30,75	29,13

* za 100% przyjęto zawartość ołowiu w warstwie 0–20 cm; as 100% the content of lead in 0–20 soil layer was assumed

Tabela 6; Table 6

Rozmieszczenie chromu w warstwach profilu glebowego
po zakończeniu doświadczenia (%)*

Distribution of chromium in the layers
of soil profile after the experiment (%)*

Warstwa gleby Layer of soil profile (cm)	Osad świeży; Fresh deposit		Osad sezonowany; Seasoned deposit	
	dawka dose (t·ha ⁻¹)			
	40	80	40	80
20–25	22,77	22,70	23,85	30,46
25–30	21,80	24,62	20,85	32,80
30–40	69,64	59,72	48,21	58,70
40–60	135,71	106,14	95,92	116,62

* za 100% przyjęto zawartość chromu w warstwie 0–20 cm; as 100% the content of chromium in 0–20 soil layer was assumed

Rozmieszczenie ołowiu w badanym podłożu zbliżone było charakterem do rozmieszczenia cynku. Pięciocentymetrowa warstwa gleby na głębokości 25–30 cm zawierała tego metalu najmniej w porównaniu z warstwą wierzchnią, do której został wprowadzony. Najwięcej zaś ołowiu, w stosunku do pozostałych warstw, skumulowało się na głębokości 40–60 cm, średnio 36% (tab. 5). Podobnie też jak w przypadku cynku większa jego ilość została wymyta z lizymetrów nawiezionych osadem sezonowanymi aniżeli świeżym (tab. 7).

Tabela 7; Table 7

Dynamika przemieszczania metali ciężkich do wód gruntowych
Dynamics of heavy metals shift into the ground waters

Rodzaj osadu Kind of deposit	Dawka Dose	Metal Metal	Wprowadzono jednorazowo do gleby Single application to the soil (mg/lizymetr)	Przejdzie do wód gruntowych Shift into the ground water (%)
Świeży; Fresh	40	Zn	7000	0,12
		Cu	720	0,08
		Pb	600	0,24
		Cr	600	1,28
	80	Zn	14000	0,04
		Cu	1440	0,03
		Pb	1200	0,13
		Cr	1200	0,57
Sezonowany Seasoned	40	Zn	6700	0,20
		Cu	650	0,09
		Pb	540	1,03
		Cr	570	1,15
	80	Zn	13400	0,24
		Cu	1300	0,06
		Pb	1080	0,68
		Cr	1140	0,61

Drugim co do ilości i szybkości wymywania metalem był chrom. W porównaniu z zawartością cynku i ołowiu ilość chromu w warstwie 30–40 cm była większa i wynosiła średnio 59%. W porównaniu z analogicznymi obiektami jeszcze więcej tego metalu stwierdzono też w warstwie 40–60 cm (średnio 113,6%), (tab. 6). W większym też stopniu był wymywany chrom z podłoża nawożonego osadem świeżym niż sezonowanym (tab. 7).

W przeciwieństwie do badań CIEŚLI i in. [1993], a podobnie jak GORLACHA [1993, 1995], RUSZKOWSKIEJ i in. [1996] oraz GORLACHA i GAMBUSIA [1999] wyższa dawka osadu (80 t·ha⁻¹), niezależnie od jego rodzaju, nie spowodowała zwiększonego przemieszczania pierwiastków (z wyjątkiem chromu) w profilu glebowym. W przypadku przesączy, nieco podwyższoną zawartość cynku stwierdzono w wyniku zwiększonego nawożenia jedynie na obiektach nawożonych osadem sezonowanym (tab. 7).

Wnioski

1. Metale ciężkie wprowadzone do gleby z osadem ściekowym kumulowały się przeważnie w jej wierzchniej warstwie, z wyjątkiem Cu i Cr z lizymetrów nawożonych osadem świeżym.
2. Nawożenie osadem świeżym i sezonowanym nie wpłynęło znacząco na zawartość Zn i Pb w glebie, spowodowało natomiast zwiększenie zawartości Cu i Cr w głębszych warstwach badanego profilu.
3. Przemieszczanie się badanych metali ciężkich do przesączy lizymetrycznej było na ogół niskie i nie zależało od wielkości dawek osadu.
4. Metale ciężkie zawarte w osadzie sezonowanym, w porównaniu z osadem świeżym, były bardziej podatne na wymywanie z gleby.
5. Nawożenie osadem ściekowym gleby wytworzonej z piasku gliniastego mocnego nie stwarzało większego zagrożenia dla wód strefy saturacji, ale przyczyniło się do większego skażenia gleby zawartymi w nich metalami ciężkimi.

Literatura

- CIBŁOPECKA A., DUDKA S. 1991. *Wpływ osadów ściekowych na zawartość metali śladowych w roślinach oraz w wymywaniu tych pierwiastków z gleby*. Zesz. Nauk. AGH Kraków 1367, Sozologia i sozotechnika 31: 79–86.
- CIEŚLA W., ZALEWSKI W., KUCHARSKI J., DĄBROWSKA-NASKRĘT H., JAWORSKA H. 1993. *Zawartość metali ciężkich w glebie i kupkówce pospolitej w trzecim roku po zastosowaniu osadów ściekowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409: 43–50.
- GORLACI E. 1993. *Poziom zawartości metali ciężkich w glebie jako wskaźnik możliwości użycia odpadów w produkcji roślinnej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409: 13–20.
- GORLACI E. 1995. *Metale ciężkie jako czynnik zagrażający żyzności gleby*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421a: 113–122.
- GORLACI E., GAMBUŚ F. 1999. *Wpływ osadów ściekowych na zawartość metali ciężkich w glebie i roślinach oraz ich przemieszczanie się w profilu glebowym*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467: 505–511.
- OLEK J., FILIPEK T. 1996. *Ocena zawartości metali ciężkich w glebach organicznych nawadnianych ściekami miejskimi Lublina*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 299–303.
- RUSZKOWSKA M., KUSIO M., SYKUT S. 1996. *Wymywanie pierwiastków śladowych z gleby w zależności od jej rodzaju i nawożenia (badania lizymetryczne)*. Roczn. Glebozn. XXXXVII(1/2): 11–22.
- ŻURAWSKI H., TRYBAŁA M., HRYŃCZUK B. 1997. *Wpływ nawożenia osadem z oczyszczalni ścieków komunalnych na środowisko glebowe i wodne*. Roczn. AR w Poznaniu, CCXCIV, Melior. Inż. Środ. 19: 309–317.

Słowa kluczowe: osad świeży, osad sezonowany, metale ciężkie, lizymetry, gleba, odcieki

Streszczenie

Osady ściekowe przeznaczone do przyrodniczego użytkowania powinny spełniać normatywne wymagania jakościowe, uwzględniające różne możliwości oddziaływania ich na podstawowe elementy biosfery. W stosunkowo dużej ilości danych dotyczących zagrożeń dla środowiska glebowego i roślinnego, wynikających ze stosowania osadów ściekowych, bardzo często brak jest analizy migracji szkodliwych pierwiastków w glebie i wodach gruntowych.

Celem przeprowadzonego eksperymentu było więc prześledzenie przemieszczania się Zn, Cu, Pb i Cr w profilu glebowym i ocena stopnia przemieszczania się tych metali do odcieków.

Uzyskane wyniki wykazały, że na skutek zróżnicowanego tempa przemieszczania się badanych metali w glebie, w poszczególnych jej warstwach stwierdzono duże zróżnicowanie ich zawartości w stosunku do warstwy wierzchniej. Zróżnicowanie to zależało od rodzaju i dawki osadu, a także od głębokości pobrania próbki glebowej oraz rodzaju oznaczanego pierwiastka. Dynamika przemieszczania metali w poszczególnych warstwach gleby wahała się w zakresie od 11,8–45,9% dla cynku, 74,2–196,6% dla miedzi, 13,0–46,7% dla ołowiu i 20,9–135,7% dla chromu. Wynicie poszczególnych metali do przesączy (w %) w porównaniu do ich całkowitej zawartości w lizymetrach (mg/lizymetr) zależało od rodzaju pierwiastka oraz wielkości dawki osadu. Wielkość ta dla cynku wynosiła od 0,04–12,8%, miedzi 0,03–9,33%, ołowiu 0,13–7,83% i chromu 0,57–30,8%. W świetle uzyskanych wyników stwierdzono, że nawożenie osadem ściekowym gleby wytworzonej z piasku gliniastego mocnego nie stwarzało znaczącego zagrożenia dla wód gruntowych, lecz przyczyniło się do większego skażenia gleby omawianymi metalami.

DYNAMICS OF HEAVY METALS SHIFTING FROM SEWAGE DEPOSITS IN THE SOIL

Bernadeta Kucharska, Lech Nowak, Elżbieta Chylińska
Department of Agricultural Basis for Environment Planning,
Agricultural University, Wrocław

Key words: fresh deposits, seasoned deposits, heavy metals, lizymeter, soil, run-offs

Summary

Sewage deposits aimed for biological utilization should conform to some quality standards that take into account the diverse possibilities of their effect on biosphere. Despite large volume of data on the hazards for soil and plant environment that result from sewage utilization, there is often a lack of data on shifting of harmful elements in soil and ground water.

The aim of the experiment performed was to track the shift of Zn, Cu, Pb and Cr in the soil profile and to estimate the degree of the metal infiltration to run-offs.

The results obtained showed that, because of differences in the rate of

metals movement in soil, a large differentiation was found in their content in the respective layers as compared to the surface layer. That differentiation depended on the type and dose of the deposit, and also on the depth of soil sampling and element assayed. The dynamics of metals movement in the individual soil layers varied within the range 11.8–45.5% for zinc, 74.2–196.6% for copper, 13.00–46.7% for lead and 20.9–135.7% for chromium. The wash-outs of the respective metals to the filtrate (in %) compared with their total content in the lysimeters (mg/lyzimeter) depended on the kind of element and deposit dose, and amounted to 0.04–12.8% for zinc, 0.03–9.33% for copper, 0.13–7.83% for lead and 0.57–30.8% for chromium. In the view of the results obtained it can be stated that fertilization of soil by sewage deposits (strong loamy sand), presented no substantial threat to ground water but contributed to the soil contamination with metals.

Prof. dr hab. Lech Nowak

Katedra Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska

Akademia Rolnicza

pl. Grunwaldzki 24

05-363 WROCLAW

tel. (071) 32-05-564

e-mail: hd@ozi.ar.wroc.pl