

Anna CHRZAN¹ i Grzegorz FORMICKI²

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W GLEBACH W RÓŻNYCH PORACH ROKU

CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS IN DIFFERENT SEASONS

Abstrakt: Badano zawartość Cd, Pb, Zn, Cu i Ni w glebach łąkowych w powiecie bocheńskim w sezonie jesiennym i zimowym 2010/2011. Łąki usytuowane były w różnej odległości od drogi: 2, 100 i 200 m. Gleby na badanych stanowiskach wykazywały odczyn od średnio kwaśnego do prawie obojętnego i wilgotność jesienią 17,17÷29,53%, natomiast w zimie 24,68÷37,59%. Wykazano statystycznie istotne różnice w zawartości Zn, Cu, Ni, Pb na poszczególnych stanowiskach w badanych sezonach. W stosunku do kadmu nie wykazano takich zależności. Pierwiastek ten w podobnym stężeniu (0,6÷0,88 ppm) występował na wszystkich stanowiskach bez względu na porę roku. Analizowano również liczebność i różnorodność pedofauny, która była większa w sezonie zimowym w glebach badanych łąk. Stwierdzono jednak, że znaczne różnice w zawartości metali nie miały wpływu na liczebność fauny glebowej na poszczególnych stanowiskach w badanych porach roku.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, gleby łąkowe, pedofauna, zagęszczenie, różnorodność

Problem zanieczyszczenia gleb jest bardzo istotny ze względu na możliwość pośredniego lub bezpośredniego negatywnego oddziaływania na zdrowie człowieka. Szczególnie poważne jest skażenie gleby metalami ciężkimi na skutek występowania zjawiska ich migracji i kumulacji, również w roślinach trwałych użytków rolnych położonych wzdłuż ciągów komunikacyjnych, które nasila się w miarę wzrostu ilości pojazdów spalinowych [1]. Zanieczyszczenia z gleb mogą przenikać do organizmu człowieka pośrednio przez spożywanie roślin, które pobierały szkodliwe składniki z zanieczyszczonych gleb lub zostały zanieczyszczone poprzez depozycję z atmosfery cząstek wyemitowanych przez zakłady przemysłowe, lub uległy erozji wietrznej bądź ablacji deszczowej. Właściwości fizykochemiczne gleb wpływają na pobieranie przez rośliny pierwiastków i ich włączanie w system łańcucha pokarmowego. Spośród nich odczyn gleb ma największe znaczenie dla akumulacji metali ciężkich w roślinach. W środowisku kwaśnym rośliny mogą pobierać duże ilości tych pierwiastków, zwłaszcza Cd, Zn i Ni, nawet z gleb mało zanieczyszczonych [2, 3].

Celem podjętych badań było określenie zawartości metali ciężkich Pb, Cd, Ni, Zn i Cu w glebie trzech stanowisk łąkowych, usytuowanych w odległości od 2 do 200 m od głównego traktu komunikacyjnego w sezonie jesiennym i zimowym, a także określenie wpływu badanych metali na zagęszczenie występującej w niej fauny glebowej.

Materiał i metodyka

Badano zawartość kadmu, ołowiu, cynku, miedzi i niklu w glebach łąkowych w powiecie bocheńskim w sezonie jesiennym i zimowym 2010/2011. Łąki usytuowane były w różnej odległości od ruchliwej drogi powiatowej nr 1444k - 2 m, 100 m i 200 m.

¹Zakład Ekologii, Badań Łowieckich i Ekoturystyki, Instytut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny, ul. Podbrzezie 3, 31-054 Kraków, tel. 12 662 66 96, email: annachrn871@gmail.com, chrzan@ap.krakow.pl

²Zakład Fizjologii Zwierząt i Toksykologii, Instytut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny, ul. Podbrzezie 3, 31-054 Kraków, email: gformi@gmail.com

Zawartość wybranych metali ciężkich w glebie oznaczono metodą FAAS (po uprzedniej mineralizacji badanego materiału glebowego). Próbki glebowe pobierano z badanych stanowisk za pomocą ramy glebowej o wymiarach 25 cm x 25 cm z powierzchni 1 m² i wyplaszano z nich mezofaunę metodą dynamiczną w zmodyfikowanym aparacie Tullgrena. Przeanalizowano również wpływ zawartości metali ciężkich na liczebność pedofauny. Określono wilgotność oraz pH badanych gleb.

Wyniki były przeanalizowane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA. Analiza post hoc została wykonana przy użyciu testu HSD Tukeya. Dodatkowo obliczono współczynnik korelacji Pearsona oraz współczynnik r^2 pomiędzy stężeniem metali ciężkich a liczebnością badanej fauny. Różnice uznano za istotne pod względem statystycznym dla $p < 0,05$.

Wyniki i ich omówienie

Gleby charakteryzował słabo kwaśny odczyn do prawie obojętnego (5,3÷6,8) oraz wilgotność mieszcząca się w przedziale od 16,48 do 30,5% jesienią i wyższa w zimie 21,46÷42,37% (tab. 1).

Tabela 1

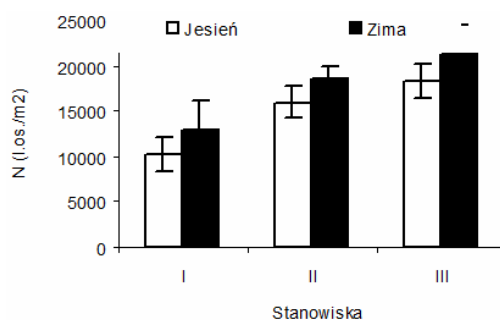
Charakterystyka gleby na badanych stanowiskach

Table 1

Characteristics of soil in the studied localities

Parametry	Stanowisko I jesień	Stanowisko II jesień	Stanowisko III jesień	Stanowisko I zima	Stanowisko II zima	Stanowisko III zima
pH gleby	5,49 5,34±5,71	6,04 5,87±6,27	5,37 5,16±5,65	6,66 6,49±6,8	5,94 5,93±5,95	5,3 5,16±5,44
Wilgotność gleby [%]	17,17 16,48±18,11	25,56 24,17±27,32	29,53 28,85±30,55	24,68 21,46±27,19	29,7 28,96±30,42	37,59 32,8±42,37

Stanowisko I łąka oddalona o 200 m od ulicy
 Stanowisko II łąka oddalona o 2 m od ulicy
 Stanowisko III łąka oddalona o 100 m od ulicy



Rys. 1. Zagęszczenie fauny glebowej na badanych stanowiskach

Fig. 1. Density of the soil fauna in the studied localities

Zagęszczenie pedofauny na badanych stanowiskach było zróżnicowane w badanych okresach, wyraźnie wyższe w okresie zimowym. Najwyższe, wynoszące 21 216 os./m²

odnotowano na stanowisku III odległym od drogi około 100 m w zimie. Najniższe zagęszczenie stwierdzono na łące oddalonej o 200 m od drogi 10 176 os./m² jesienią, gdzie wilgotność gleby była najniższa (tab. 1, rys. 1).

Ocenę poziomu zanieczyszczenia Cu, Cd, Zn, Ni i Pb w badanych glebach łąkowych przeprowadzono, korzystając z granicznych zawartości metali ciężkich zamieszczonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU 2002, Nr 165, poz. 1359 z dn. 4.10.2002). Nie stwierdzono przekroczeń zawartości granicznych miedzi, ołowiu, kadmu, cynku i niklu dla gruntów zaliczanych do grupy B (obejmującej grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych). W badanych glebach pierwiastki te występowały w ilościach określonych jako dopuszczalne dla tej grupy gleb [4].

Kadm jest stosunkowo łatwo pobierany przez rośliny, na ogół proporcjonalnie do stężenia w środowisku. Stężenie kadmu na badanych stanowiskach wahało się od 0,36 do 0,93 mg/kg s.m. i mieściło się w zakresie odpowiadającym glebie w stanie naturalnym (stopień 0) wg Kabaty-Pendias [5]. Nie wykazano statystycznie istotnej zależności pomiędzy porą roku a zawartością kadmu w glebie ($F = 1,32$; $p = 0,29$). Stwierdzono natomiast istotne statystycznie różnice pomiędzy zawartością pozostałych metali w glebie w porze jesiennej i zimowej na badanych stanowiskach (tab. 2).

Tabela 2
Porównanie zawartości metali w glebie w jesieni i w zimie - wyniki testu ANOVA

Table 2
Comparison of metal content in soil in autumn and winter - ANOVA test results

	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni
<i>F</i>	14,39	11,42	71,47	1,32	6,96
<i>p</i>	0,0002	0,0006	0,0000	0,29	0,006

Tabela 3
Zawartość metali ciężkich w glebie badanych stanowisk

Table 3
Content of heavy metals in soil of analyzed areas

Metal [mg/kg]	Stanowisko I jesień	Stanowisko II jesień	Stanowisko III jesień	Stanowisko I zima	Stanowisko II zima	Stanowisko III zima
Cu	9,88 9,54±10,2	6,53 6,39±6,59	11,43 10,3±12,28	10,43 9,24±11,81	11,3 9,92±12,31	10,27 8,58±13,25
Pb	18,81 18,2±19,79	18,41 16,35±20,02	40,13 38,35±41,74	16,43 13,72±18,35	18,62 18,08±22,02	45,62 44,12±47,41
Zn	27,97 24,39±30,47	29,43 27,66±30,96	30,45 27,32±33,62	33,58 31,45±37,87	33,51 33,61±36,52	42,91 41,73±44,58
Cd	0,69 0,55±0,79	0,62 0,36±0,8	0,69 0,63±0,82	0,8 0,63±0,93	0,6 0,52±0,73	0,88 0,79±0,89
Ni	13,72 12,86±14,38	10,02 9,59±10,18	8,04 8,88±10,86	14,52 11,91±18,36	15,29 12,33±16,61	9,58 8,32±15,29

Stężenie cynku w glebach wzrasta w rejonach o zwiększonym opadzie pyłów przemysłowych, w rejonach intensywnej produkcji rolniczej oraz podczas ścierania się opon samochodowych. Prowadzone badania wykazały zawartość cynku na jesieni na poziomie 27,97 do 30,45 mg/kg s.m. Większe stężenia tego pierwiastka występowały w zimie na wszystkich badanych stanowiskach (tab. 3).

Znacznie niższe zawartości Zn w pobliżu badanych stanowisk (Bochnia i jej okolice) określił Zychowski średnio na 7,2 mg/kg [6]. Z badań wynika, że nie zawsze największa koncentracja cynku w glebie występuje tuż przy jezdni. Niektórzy autorzy uważają, że podwyższona jego zawartość występuje nawet 100 m od krawędzi jezdni. Zależy ona od kierunków wiatrów oraz od natężenia ruchu [7]. Potwierdzają to wyniki niniejszej pracy, najwyższą koncentrację Zn 42,91 mg/kg odnotowano w odległości 100 m od drogi w okresie zimowym (stanowisko III).

Zawartość Cu w badanych glebach kształtowała się w przedziale od 6,53 do 11,43 mg/kg s.m. (tab. 3). Źródłem zanieczyszczeń gleby miedzią są przede wszystkim środki ochrony roślin, nawozy mineralne, stosowanie odpadów organicznych w celach nawozowych. Analiza statystyczna wykazała, że pora roku ma wpływ na zawartość tego pierwiastka w glebie (tab. 2). Wykazano istotne różnice w zawartości Cu na stanowisku II w zimie i na jesieni ($p = 0,0003$), jak również pomiędzy zawartością Cu na stanowisku II jesienią, gdzie jego stężenie było najniższe, a zawartością tego metalu na pozostałych stanowiskach zarówno jesienią (I/II $p = 0,007$, II/III $p = 0,0002$), jak i w zimie ($p = 0,002$).

Ołów i wszystkie jego związki są silnymi trucznymi szkodliwymi dla człowieka. Źródłami zanieczyszczenia gleb ołowiem jest motoryzacja, przemysł metali nieżelaznych oraz osady ściekowe stosowane do nawożenia gleb. Zawartość ołowiu na badanych stanowiskach łąkowych wahała się w przedziale 18,41÷45,62 mg/kg, przy czym na stanowisku III była ponad 2-krotnie większa niż na pozostałych zarówno jesienią, jak i w zimie (tab. 3).

Tabela 4
Poziom istotności różnic obliczony w teście HSD Tukeya pomiędzy poszczególnymi stanowiskami

Table 4
Level of significance of differences calculated in the Tukey HSD test between studied localities

Stanowisko	Stanowisko I jesień	Stanowisko II jesień	Stanowisko III jesień	Stanowisko I zima	Stanowisko II zima	Stanowisko III zima
Stanowisko I jesień		0,999317	0,000157	0,362651	0,997005	0,000157
Stanowisko II jesień	0,999317		0,000157	0,552970	0,963602	0,000157
Stanowisko III jesień	0,000157	0,000157		0,000157	0,000157	0,002210
Stanowisko I zima	0,362651	0,552970	0,000157		0,177510	0,000157
Stanowisko II zima	0,997005	0,963602	0,000157	0,177510		0,000157
Stanowisko III zima	0,000157	0,000157	0,002210	0,000157	0,000157	

Może to mieć związek z położeniem tej łąki poniżej drogi i pól uprawnych, z których spływały osady. Wykazano istotne różnice pomiędzy stężeniem Pb na badanych

stanowiskach w analizowanych porach roku. Największe różnice w zawartości tego metalu występowały pomiędzy stanowiskiem III a pozostałymi łakami zarówno w jesieni, jak i w zimie (tab. 4).

Również występowały różnice w zawartości niklu na stanowiskach w obydwu porach roku. Stężenie Ni w badanych próbkach glebowych kształtowało się w granicach od 8,04 do 15,29 mg/kg. W sezonie zimowym było nieznacznie wyższe niż w jesieni, najwyższe na stanowisku II położonym najbliżej jezdni (tab. 3). O występowaniu niklu w glebach decyduje jego obecność w skałach macierzystych, jak również zanieczyszczenia zwłaszcza osadami pościekowymi. Stwierdzono istotne różnice w zawartości niklu na stanowiskach I i III na jesieni ($p = 0,009$) i w zimie ($p = 0,002$), II i III w zimie ($p = 0,0006$), jak również pomiędzy porami roku na stanowiskach: I zima/ II jesień $p = 0,006$, I zima/ III jesień $p = 0,002$, II jesień/ II zima $p = 0,0013$, III jesień/ II zima $p = 0,0005$.

Jednak pomimo wykazanych różnic w zawartości Pb, Ni, Zn i Cu w glebach łak w porze jesiennej i zimowej nie stwierdzono ich wpływu na liczebność zamieszkującej ją fauny glebowej ($p \leq 0,1$).

Wnioski

1. Całkowite stężenia Cd, Pb, Ni, Cu i Zn nie przekraczały zawartości granicznych tych pierwiastków dla gruntów zaliczanych do grupy B (obejmującej grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych) zamieszczonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU 02.165.1359 z dn. 4.10.2002 r.).
2. Stwierdzono istotne statystycznie zależności pomiędzy zawartością Pb, Ni, Cu i Zn w glebie w porze jesiennej i zimowej na poszczególnych stanowiskach. Wyższe ich stężenia występowały w zimie.
3. Takiej zależności nie wykazano w stosunku do kadmu, którego zawartość w glebie była podobna bez względu na porę roku.
4. Mimo różnic w zawartości badanych metali w glebach łakowych w porze jesiennej i zimowej nie wykazano ich wpływu na liczebność zamieszkującej ją fauny glebowej.
5. Wyższe zagęszczenie fauny glebowej odnotowano w sezonie zimowym, gdy wilgotność gleby była wyższa.

Literatura

- [1] Węglarzy K. Metale ciężkie - źródła zanieczyszczeń i wpływ na środowisko. Wiad Zootechn. 2007;45(3):31-38.
- [2] Jaradat QM, Massadeh AM, Momani KA, Al Saleem MA. The spatial distribution of Pb, Cd, Zn, and Cu in agricultural roadside soils. Soil Sediment Contam. 2009;19(1):58-71. DOI: 10.1080/15320380903390554.
- [3] Dziadek K, Waclawek W. Metale w środowisku. Cz. I. Metale ciężkie (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym. Chem Dydakt Ekol Metrol. 2005;10(1-2):33-44.
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU 02.165.1359 z dnia 4 października 2002 r.
- [5] Kabata-Pendias A, Pendias H. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1999.

- [6] Żychowski J. Delimitation of zinc and copper concentration in Bochnia soil. *Ecol Chem Eng.* 2007;14(1):91-97.
- [7] Carlosena A, Andrade JM, Prada D. Searching for heavy metals grouping roadside soils as a function of motorized traffic influence. *Talanta.* 1998;47(3):753-767. DOI: 10.1016/S0039-9140(98)00117-9.

CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS IN DIFFERENT SEASONS

Institute of Biology, Pedagogical University in Krakow

Abstract: The content of heavy metals like cadmium (Cd), lead (Pb), zinc (Zn), copper (Cu) and nickel (Ni) was investigated in the meadow soils in the district of Bochnia in autumn and winter season 2010/2011. The meadows were located at different distances from the road 2 m, 100 m and 200 m. The soils tested showed an average pH of acidic to nearly neutral and humidity in autumn 17.17÷29.53% and in winter season within 24.68÷37.59%. Statistically significant showed differences in the content of Zn, Cu, Ni, Pb between stations in the autumn and winter seasons. In relation to cadmium did not show such dependence. The content of this element (0.6÷0.88 ppm) is similar occurred at all stations, regardless of the season. The number and diversity of pedofauna were also analyzed, which was higher in the winter season in the studied meadow soils. It has been found, however, that significant differences in metal content did not affect the abundance of soil fauna at different stations in the studied seasons.

Keywords: heavy metal, meadow soils, pedofauna, density, diversity