

WPLYW pH I STĘŻENIE WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W GLEBIE NA ICH ZAWARTOŚĆ W ROŚLINACH

Alicja Szatanik-Kloc

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: akloc@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. Z siedmiu wybranych siedlisk naturalnych (gleby użytkowane rolniczo i trwale użytki zielone), pobrano glebę i rośliny mniszka lekarskiego. W glebach oznaczono pH w KCl, oraz zawartość Ni, Cr, Cd, Pb. Stężenie tych metali określono również w poszczególnych częściach (korzenie, liście, kwiaty) roślin mniszka lekarskiego. Stwierdzono, że poza ołowiem badane metale kumulowały się głównie w korzeniach mniszka lekarskiego. Natomiast większe stężenie ołowiu odnotowano w liściach badanych roślin. Gleby nie wykazywały podwyższonej zawartości badanych metali. Kwaśny odczyn gleby tylko w przypadku kadmu zauważalnie wpłynął na większą jego zawartość w korzeniach badanych roślin.

Słowa kluczowe: nikiel, chrom, kadm, ołów, gleba, mniszek lekarski, pH

WSTĘP

Rośliny mają odrębne wymagania, co do postaci i ilości składników pokarmowych. Oprócz pierwiastków tzw. organogennych takich jak: tlen, wodór, węgiel (pobieranych w postaci dwutlenku węgla, wody i tlenu atmosferycznego) rośliny potrzebują także pierwiastków mineralnych. Pierwiastki te pobierane są z podłoża, głównie przez system korzeniowy i transportowane do części nadziemnych rośliny. Za niezbędne roślinie, przyjęto uważać te pierwiastki, bez których roślina nie może przejść całego cyklu rozwojowego tj. od momentu kiełkowania do wydania nasion. Z pośród makroelementów (potrzebnych roślinie w większych ilościach) potas, wapń, magnez, pobierane są w postaci kationów, fosfor, siarka w postaci anionów, natomiast azot rośliny pobierają zarówno w formie anionu NO_3^- jak i kationu NH_4^+ [8]. Do prawidłowego wzrostu i rozwoju niezbędne są także mikroelementy takie jak; Fe, Mn, Cu, Zn, Mo (metale ciężkie wykorzystywane jako składnik enzymów oksydoredukcyjnych, aktywujące te enzymy). Roślina pobiera również inne pierwiastki śladowe. Sam fakt jednak, ich

obecności w roślinie nie świadczy o tym, że pełnią one jakąkolwiek pozytywną funkcję. W pewnych przypadkach bowiem, pobierane są jedynie w następstwie występowania ich w glebie. Do takich metali zaliczamy m.in. Ni, Cr, Cd, Pb. Naturalnym źródłem tych metali w glebie jest skała macierzysta. Do gleb użytkowanych rolniczo pewne ilości metali dostają się wraz z nawozami zarówno organicznymi, jak i mineralnymi (głównie fosforowymi i wapniowymi). Ponadto źródłem metali są ścieki komunalne i przemysłowe, środki ochrony roślin. Duży wpływ na zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi mają różne gałęzie przemysłu: Nikiel – to przede wszystkim przemysł hutniczy, spalanie węgla i paliw płynnych. Chrom – przemysł metalurgiczny, farbiarski, garbarski. Kadm – huty metali (głównie cynku), ponadto wzdłuż dróg źródłem zanieczyszczenia mogą być smary używane w pojazdach mechanicznych. Ołów – przemysł metalurgiczny, farbiarski, szklarski. Głównym źródłem zanieczyszczenia ołowiem gleb, roślin, powietrza są dymy spalinowe pojazdów mechanicznych. Ołów bowiem dodawany jest do benzyny, w formie czteroetylku ołowiu, który uwalnia się podczas pracy silników mechanicznych [5]. Większość badanych w pracy metali łatwo sorbuje się w glebie, tworząc trudno rozpuszczalne połączenia organiczne i mineralne. W warunkach optymalnych są mało ruchliwe a więc trudno dostępne dla roślin. Istnieją jednak czynniki, ułatwiające ich dostępność. Do takich czynników zaliczamy przede wszystkim bardzo wysokie stężenie danego metalu w środowisku i kwaśny odczyn gleby [4,5,10]. Poszczególne gatunki roślin różnią się wrażliwością na metale ciężkie. Podobnie jak różne są mechanizmy obronne roślin. Jedne z nich polegają na ograniczeniu pobierania i utrzymaniu niskiego stężenia metalu w roślinie (zmiana selektywności błon cytoplazmatycznych, wydzielanie nadmiaru jonów z komórki, wydzielanie przez roślinę związków kompleksujących metale w środowisku glebowym). Inne – to pobieranie pasywne metali przez rośliny, wskutek czego jego zawartość w glebie i roślinie jest jednakowa (tzw. rośliny wskaźnikowe, charakteryzujące się szeregiem przystosowań morfologicznych, anatomicznych i biochemicznych pozwalających na unieruchomienie metalu w tkankach i jego detoksykację) i wreszcie aktywne gromadzenie i unieruchamianie metali w tkankach (głównie korzeni) roślin tzw. hiperkumulatorów [3]. Przedmiotem niniejszej pracy jest wpływ pH i zawartości niklu, chromu, kadmu i ołowiu w glebach na ich stężenie i rozmieszczenie w poszczególnych częściach rośliny mniszka lekarskiego.

MATERIAŁY I METODY

Wykorzystane do badań gleby i rośliny, pochodziły z trzech województw Polski. Z miejscowości Ostrowsko-1(woj. Małopolskie) pobrano glebę brunatną, kwaśną wytworzona z różnych skał litych. Z województwa Lubelskiego pobrano

gleby brunatne wytworzone z lessu i utworów lessowych. Pochodziły z okolic Dworzyska (2), Rudnika (3), Pszczeliej Woli (4). Z województwa Podkarpackiego, dwie gleby pobrano z miejscowości Przemyśl-Młyny (5 i 6) oraz jedną glebę z okolic Przemyśl-Medyka (7). Były to czarnoziemy zdegradowane, wytworzone z lessu [6,9]. Pięć siedlisk (nr. 2, 3, 4, 5 i 7) było użytkami rolniczymi na glebach o odczynie zbliżonym do obojętnego. Dwa siedliska (nr 1 i 6) były trwałymi użytkami zielonymi na glebie kwaśnej i słabo kwaśnej. W glebach określono pH (w KCl) oraz całkowitą zawartość niklu, chromu, kadmu i ołowiu. Z tych samych siedlisk pobrano rośliny mniszka lekarskiego, u którego w poszczególnych organach (w korzeniach, liściach i kwiatach), oznaczono zawartość badanych metali. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach mniszka lekarskiego oznaczono metodą ASA (po uprzedniej mineralizacji badanego materiału glebowego i roślinnego [7]).

WYNIKI I DYSKUSJA

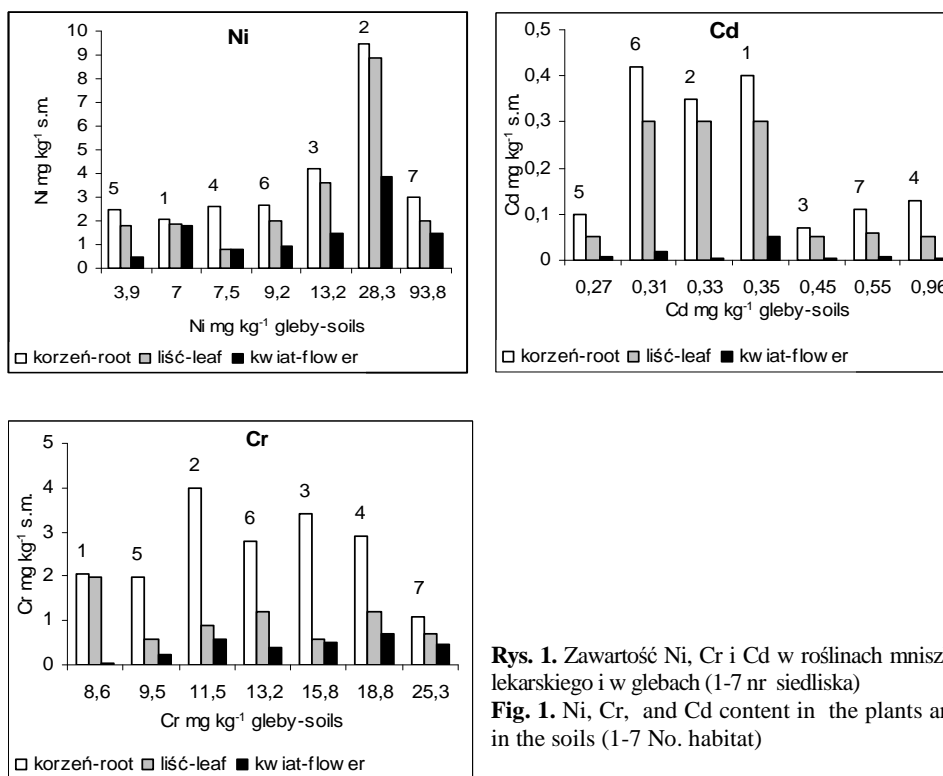
Całkowita zawartość (w warunkach normalnych) wybranych metali ciężkich waha się w granicach: Ni-0,2-200 mg·kg⁻¹, Cr-20-100 mg·kg⁻¹, Cd-1-2 mg·kg⁻¹, Pb-2-200 mg·kg⁻¹ [4]. Istotnym czynnikiem wzrostu toksyczności metali ciężkich w glebach jest pH. Przykładowo w glebach kwaśnych, 5-10 mg·kg⁻¹ niklu może wpłynąć na rośliny ujemnie, podczas gdy przy pH = 7,5 nawet wysokie stężenia nie wpłynęły na rośliny ujemnie. Podobne reakcje zachodzą w przypadku pozostałych badanych metali (na glebach o odczynie poniżej pięciu wzrasta ich fitotoksyczność) [5]. Stężenie poszczególnych metali i pH badanych gleb (pochodzących z siedlisk: 1 – Ostrowsko, 2 – Dworzyska, 3 – Rudnik, 4 – Pszczela Wola, 5 i 6 – Przemyśl-Młyny, 7 – Przemyśl-Medyka) przedstawiono w tabeli 1. W żadnej z badanych gleb nie stwierdzono wysokiej zawartości wybranych metali ciężkich [4]. Ponieważ zaś, całkowite stężenie tych metali w glebie mieści się w granicach dopuszczalności nie zaobserwowano istotnych zależności pomiędzy stężeniem Ni, Cr, Cd, w glebie i roślinie (rys. 1). Nikiel w większości wypadków gromadzi się w korzeniach roślin. Zawartość niklu w roślinach najczęściej waha się od 0,1-5 mg·kg⁻¹ suchej masy [10]. W badanych roślinach mniszka lekarskiego większe stężenie tego metalu ciężkiego zaobserwowano w korzeniach. Tylko w jednym z obiektów stwierdzono zawartość niklu w granicach 9 mg·kg⁻¹ suchej masy, przy czym pH w tym obiekcie (2) wynosiło 6,2 (rys. 2). W korzeniach zaobserwowano również większe niż w częściach nadziemnych, stężenie chromu i kadmu. Chrom w warunkach naturalnych łatwo ulega uwstecznieniu (przechodzi w formy trudno dostępne dla roślin) dzięki czemu ograniczony jest jego toksyczny wpływ na rośliny.

Tabela 1. Zawartość śladowych metali ciężkich w glebach ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Table 1. Heavy metals concentration in soils ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Nr Siedliska No. Habitat	1	2	3	4	5	6	7
Metale – Metals							
pH, KCl	5,50	6,20	6,82	6,58	6,43	4,8	6,60
Ni, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	7,00	28,30	13,80	7,51	3,90	9,20	93,80
Cr, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	8,60	11,50	15,80	18,80	9,50	13,20	25,30
Pb, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	12,02	34,70	35,40	31,40	24,50	32,50	47,80
Cd, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0,35	0,33	0,45	0,96	0,27	0,31	0,55

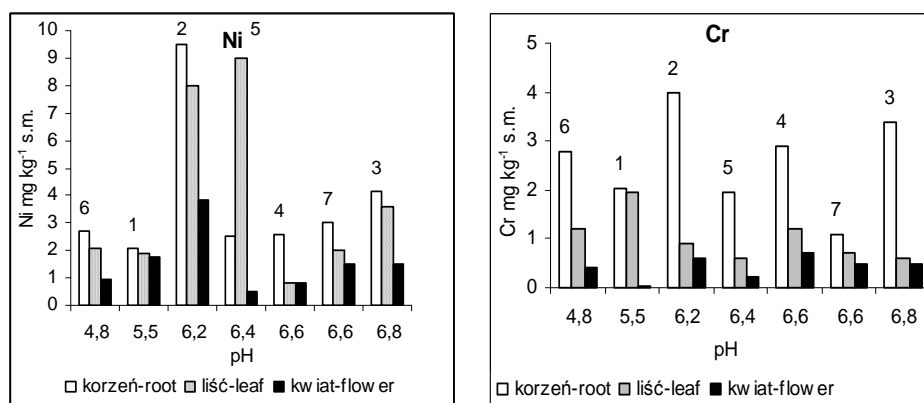
Siedliska – 2, 3, 4, 5, 7 gleby użytkowane rolniczo; siedliska-1,6 gleby stałych użytków zielonych.
 Habitat – 2, 3, 4, 5, 7 agricultural soils; habitat-1,6 permanent meadows.

Zarówno mała ilość form rozpuszczalnych w glebie, jak i niska intensywność pobierania i przyswajania przez rośliny powoduje, że jego zawartość najczęściej nie przekracza $1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. [4 5]

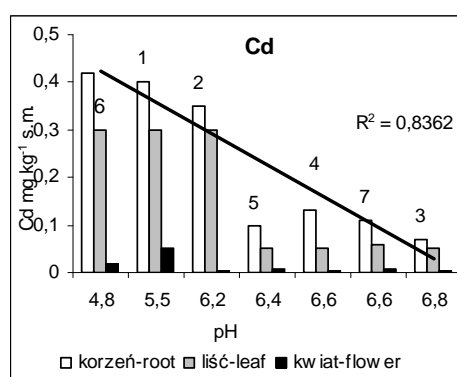


Rys. 1. Zawartość Ni, Cr i Cd w roślinach mniszka lekarskiego i w glebach (1-7 nr siedliska)
Fig. 1. Ni, Cr, and Cd content in the plants and in the soils (1-7 No. habitat)

Rośliny, podobnie jak w przypadku niklu, wykazują różną odporność na toksyczne stężenia chromu. Stosunkowo duże ilości tego metalu zawierają rośliny motylkowe (groch, fasola) i rośliny rdestowe [5]. Na ogół przyjmuje się, że dla roślin bardzo wrażliwych toksyczność chromu występuje już $>2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy a dla roślin średnio odpornych $< 20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. [4 10]. Badany mniszek lekarski zawierał od 1,1 do $3,98 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ chromu (w korzeniach), natomiast w częściach nadziemnych w liściach i kwiatach) zawartość chromu nie przekraczała $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (rys. 2). Nie odnotowano również w badanych obiektach istotnych zależności, pomiędzy zawartością niklu i chromu w roślinach mniszka lekarskiego a pH gleb.



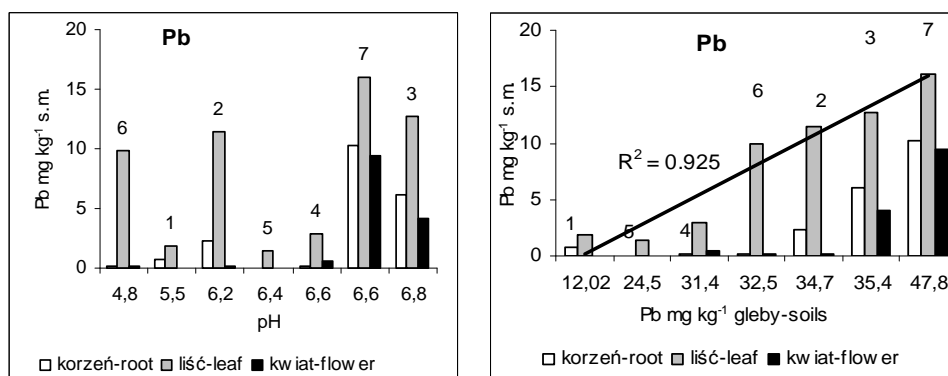
Rys. 2. Zawartość Ni, Cr, w poszczególnych częściach roślin w zależności od pH gleby (1-7 nr siedliska)
Fig. 2. Ni, Cr content of the plants vs. pH of the soil (1-7 No. habitat)



Rys. 3. Zawartość Cd w poszczególnych częściach roślin w zależności od pH gleby (1-7 nr siedliska).
Fig. 3. Cd content of the plants vs. pH of the soil (1-7 No. habitat)

Natomiast zauważono wpływ pH gleby na zawartość kadmu w poszczególnych organach mniszka lekarskiego. W miarę wzrostu pH podłoża malało stężenie tego metalu zarówno w korzeniach jak i liściach badanych roślin (rys. 3). Ponieważ jednak zawartość kadmu w glebach z poszczególnych siedlisk nie była wysoka również w roślinach jego zawartość nie przekraczała (podawanej w literaturze) średniej wartości $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy rośliny [1,2,4].

W skrajnych przypadkach toksyczne ilości niklu, chromu czy kadmu prowadzą do zahamowania wzrostu elongacyjnego korzenia, jego niedorozwoju. W części wegetatywnej można zaobserwować chlorozę, nekrozę i wczesne opadanie liści [2,4,10]. Kolejnym badanym w niniejszym pracy metalem był ołów. W glebie jest on pierwiastkiem mało ruchliwym. Łatwo ulega sorpcji oraz tworzy trudno rozpuszczalne połączenia organiczne i mineralne, zwłaszcza przy wysokim pH gleby. W warunkach optymalnych dla wzrostu i rozwoju roślin, bądź to nie występuje w ogóle, bądź w śladowych ilościach. Pobieranie ołowiu przez system korzeniowy jest procesem biernym i proporcjonalnym do występowania form rozpuszczalnych w podłożu. Czynnikiem wyraźnie zwiększającymi jego fitoprzyswajalność jest kwaśny odczyn gleby i wysoka temperatura otoczenia. Ważnym źródłem zanieczyszczenia roślin (szczególnie części nadziemnych) i gleb jest ołów atmosferyczny. Szacuje się, że ok. 73-95% całkowitej zawartości ołowiu w roślinach pochodzi właśnie z tego źródła [4]. Odczyn badanych gleb (w tych przypadkach) nie wpłynął w istotny sposób na jego zawartość w badanych roślinach (rysunek 4). Natomiast więcej ołowiu zaobserwowano w liściach. Zawartość ta korelowała ($r^2 = 0,9255$) z zawartością ołowiu w glebie (poziom 0-20cm). Przy czym rośliny pochodzące z obiektów znajdujących się w pobliżu drogi wykazywały większą zawartość tego pierwiastka (siedlisko 3 – Rudnik i 7- Przemysł- Medyka). Dla samych roślin nawet podwyższone stężenie ołowiu, jest w zasadzie mało toksyczne (tylko w skrajnych przypadkach znaczny jego nadmiar w tkankach roślinnych, może obniżyć intensywność fotosyntezy, absorpcję wody, zakłócić przemianę tłuszczów) niemniej jednak biomasa zawierająca ołów jest wysoce szkodliwa, zarówno dla zwierząt jak i dla ludzi. Powoduje zaburzenia metabolizmu żelaza (anemia) wpływa na mózg i system nerwowy (zwłaszcza u dzieci), może być czynnikiem aktywującym wzrost zachorowań na nowotwory [2,4,5,10].



Rys. 4. Zawartość Pb w roślinach mniszka lekarskiego w zależności od pH gleby i zawartości Pb w glebie (1-7 nr siedliska)

Fig. 4. Pb content in the dandelion plants vs. pH of the soil and Pb content in the soil 91-7 No. habitat)

WNIOSKI

1. Najwyższe stężenie niklu, chromu i kadmu odnotowano w korzeniach, natomiast ołowiu w liściach badanych roślin.

2. Kwaśny odczyn gleby tylko w przypadku kadmu wyraźnie wpłynął na zwiększenie jego zawartości w badanych roślinach. W przypadku pozostałych badanych metali wpływ ten był nieznaczny.

3. Nie odnotowano wyraźnej zależności pomiędzy całkowitym stężeniem badanych metali w glebie a ich zawartością w roślinach (jedynie zawartość w liściach Pb korelowała istotnie z jego zawartością w wierzchniej warstwie gleby).

PIŚMIENNICTWO

1. **Alcantara E., Ginhas A. M., Ojeda M. A., Benitez M. J., Benlloch M.:** Metal accumulation by different plant species grown in contaminated media. In: Horst W. J et al. (Eds.), Plant nutrition – food security and sustainability of agro-ecosystems, 460-461, 2001.
2. **Baker A. J. M. and Walker P. L.:** In heavy metal tolerance in plants. Evolutionary Aspects. Ed. A.J. Shaw, 150-177, 1990.
3. **Kochian L. V.:** Aluminium and heavy metal toxicity and resistance- Lessons to be learnt from similarities and differences. In: Horst W. J et al. (Eds.). Plant nutrition- Food security and sustainability of agro-ecosystems. 442-443, 2001.
4. **Kabata-Pendias A., Pendias H. :** Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa, 1999 ISBN-83-01-12823-2.
5. **Lityński T. Jurkiewicz H. :** Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN, Warszawa, 1982
6. **Szatanik-Kloc A.:** Wpływ pH na zawartość manganu w roślinach pochodzących z siedlisk naturalnych i uprawianych w kulturach wodnych. Acta Agrophysica, 57, 139-146, 2001.
7. **Szatanik-Kloc A.:** Zawartość Cu i Zn w roślinach *Taraxacum officinale L.*, pochodzących z siedlisk naturalnych. Acta Agrophysica 84, 159-166, 2003.
8. **Szwejkowska A.:** Fizjologia. Roślin. Wyd. Nauk. UAM Poznań 2000, ISBN-83-232-0815-8.
9. **Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., Hetman J.:** Zarys gleboznawstwa. Wyd. AR Lublin, 1999.
10. Developments in plant and soil Systems. Toxic metals in soil-plant systems. vol. 92. XIV International Plant Nutrition Colloquium. Kluwer Acad. Publ. Boston. ISBN 0-7923-7105-4.

EFFECT OF pH AND SELECTED HEAVY METALS IN SOIL
ON THEIR CONTENT IN PLANTS

Alicja Szatanik-Kloc

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: akloc@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. Soils and plants (*Taraxacum officinale L.*) samples from different ecosystems of Poland were investigated. Ni, Cr, Cd and Pb content were determined in the soils and particular parts of the plants. The Pb content were higher in upper parts of the plants, however Ni, Cr and Cd content were higher in roots. No particular dependence of the studied metals in plants and in the soil was found. The soil pH influenced only on the Cd content in plants.

Key words: Ni, Cr, Cd, Pb, soil, dandelion, pH