

BIOAKUMULACJA MIEDZI I OŁOWIU W MOZDZE TRZCINOWATEJ (*Phalaris arundinacea* L.) UPRAWIANEJ W REJONIE ZANIECZYSZCZONYM PRZEZ HUTNICTWO MIEDZI

*Stanisław Strączyński*¹, *Stanisława Strączyńska*²

¹ Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia w Jelczu-Laskowicach,
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

² Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wstęp

Zanieczyszczenia przemysłowe w dużym stopniu przyczyniają się do postępującej chemicznej degradacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Przejawia się to w pogarszaniu właściwości gleb, zanieczyszczeń wód gruntowych, ograniczaniu użytkowania znacznych obszarów gruntów rolnych, a w skrajnych przypadkach może dochodzić nawet do wyłączenia tych terenów z produkcji rolniczej [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999; ROSZYK i in. 1994; SZERSZEŃ i in. 1996].

Jak wynika z dotychczas przeprowadzonych eksperymentów agrotechnicznych, zlokalizowanych na glebach o różnym stopniu chemicznej degradacji, istnieje na tych obszarach możliwość prowadzenia ograniczonej gatunkowo uprawy roślin. Ma ona na celu zmniejszenie ryzyka włączenia do łańcucha żywieniowego pierwiastków śladowych, które mogą być czynnikiem silnie obniżającym walory jakościowe roślin [STRĄCZYŃSKI 1997; GRZEBISZ i in. 1998]. Wskazuje się ponadto na celowość zmiany istniejącej na terenach skażonych struktury zasiewów i zastąpienie uprawianych tam roślin, głównie konsumpcyjnych roślinami przemysłowymi, które dają możliwość osiągnięcia plonów o pożądanych parametrach jakościowych, nadających się do dalszej przeróbki przemysłowej [STRĄCZYŃSKI, ANDRUSZCZAK 1996; GRZEBISZ i in. 1998]. Jedną z takich roślin, może być móżdga trzciniowata, użytkowana jako plantacja nasienna i stanowiąca źródło wzbogacania gleby w substancję organiczną.

Celem pracy była ocena możliwości uprawy móżdgi trzciniowatej na glebach zanieczyszczonych miedzią z uwzględnieniem stanu jej zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi, a także określenie wartości użytkowej tej rośliny w kryteriach przydatności paszowej i przemysłowej.

Materiały i metodyka

Prezentowana praca była fragmentem szerszych badań dotyczących zagospodarowania terenów skażonych przez przemysł metalurgiczny i wykorzystania

ich do uprawy roślin niekonsumpcyjnych, przeznaczonych dla potrzeb przemysłu celulozowego, chemicznego i włókienniczego.

Badania przeprowadzono w oparciu o doświadczenia połowe zlokalizowane na glebach o różnym stopniu zanieczyszczenia miedzią w rejonie oddziaływania Huty Miedzi „Głogów” (odległość od źródła zanieczyszczeń od 2700 do 5500 m) w latach 1994–1998. W zestawie roślin testowych uwzględniono między innymi mrogę trzcinową (*Phalaris arundinacea* L.) odmiana Motycka.

Stopnie zanieczyszczenia gleby pierwiastkami śladowymi wydzielono zgodnie z kryteriami IUNG [KABATA-PENDIAS i in. 1993]. Oceny stanu zanieczyszczenia roślin metalami dokonano pod kątem określenia ich przydatności użytkowej również według IUNG [KABATA-PENDIAS i in. 1993].

Próbki materiału roślinnego do badań laboratoryjnych pobrano w fazie kwitnienia mrogi. Oznaczono w nich całkowitą zawartość m.in. miedzi i ołowiu metodą płomieniowej atomowej spektrometrii absorpcyjnej (FAAS) w roztworze uzyskanym po uprzedniej mineralizacji na drodze suchej. Przy pomiarze zawartości ołowiu zagęszczano kompleks metalu pirolidynodwutiokarbaminianem amonowym (APDC) do fazy organicznej ketonu metyloizobutylowego (MIBK).

Określenie grupy granulometrycznej oraz pH gleby dokonano metodami obowiązującymi i powszechnie stosowanymi w analizie chemiczno-rolniczej gleb. Całkowitą zawartość pierwiastków w glebie oznaczono techniką FAAS, po mineralizacji próbek w stężonym HClO_4 .

W tabelach przedstawiono średnie zawartości miedzi i ołowiu oznaczone w glebach i roślinach na poszczególnych obiektach badań.

Wyniki badań i dyskusja

W rejonie badań występowały gleby brunatnoziemne [HUCZYŃSKI 1983] wytworzone z utworów pyłowych zwykłych i ilastych oraz piasków gliniastych mocnych pylastych. Charakteryzowały się one w większości odczynem obojętnym bądź zasadowym (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Niektóre właściwości agrochemiczne gleb
Soil agrochemical properties

Obiekt; Object	Stopień zanieczyszczenia Soil pollution grade		Uziarnienie Soil texture	pH _{KCl}	Cu	Pb
	Cu	Pb			mg·kg ⁻¹	
Kozie Doły 5500 m, NE	0 ^o	0 ^o	pgmp	6,8	36,4	23,6
Kłoda 4000 m, SW	I ^o	0 ^o	pfi	7,3	55,4	43,7
Kamiona 3000 m, SE	II ^o	0 ^o	plz	6,8	65,1	49,0
Zabiele 4500 m, NE	III ^o	I ^o	plz	6,0	98,4	69,7
Biechów 2700 m, E	IV ^o	I ^o	pgm	7,1	160,0	79,3

pgm piasek gliniasty mocny; strong loamy sand

pgmp piasek gliniasty mocny pylasty; strong loamy silt sand

pfi pył ilasty; clay silt

plz pył zwykły; very fine sandy soil

Zawartość miedzi i ołowiu w powierzchniowej warstwie gleb (0–20 cm) była zróżnicowana. Stężenia tych pierwiastków kwalifikowały badane gleby jako zanieczyszczone tymi metalami [KABATA-PENDIAS i in. 1993].

Stopień zanieczyszczenia gleb miedzią znacząco różnicował zawartość tego pierwiastka w badanej roślinie (tab. 2). W porównaniu z rejonem nie zanieczyszczonym, najwyższą koncentracją miedzi charakteryzowały się rośliny uprawiane na obiektach o silnym (IV°) stopniu zanieczyszczenia. W miarę polepszania się jakości gleby, zawartość tego pierwiastka w roślinach zmniejszała się. Różnicowanie zawartości ołowiu było wyraźnie mniejsze, aczkolwiek i tutaj można również zauważyć wpływ oddziaływania stopnia zanieczyszczenia gleby tym pierwiastkiem na wzrost ilości metalu w roślinie. Zwracali na to uwagę w swoich pracach GORLACH i GAMBUŚ [1992], GORLACH [1994], ROSZYK i in. [1994], STRĄCZYŃSKI i ANDRUSZCZAK [1996], SZERSZEŃ i in. [1996], STRĄCZYŃSKI [1997] oraz KABATA-PENDIAS, PENDIAS [1999].

Przedstawione w tabeli 2 wyniki wskazują na wyraźny związek ilości nagromadzenia się pierwiastków śladowych w mozdze w zależności od stopnia zanieczyszczenia gleby.

Tabela 2; Table 2

Zawartość miedzi i ołowiu w mozdze trzcinowatej (mg·kg⁻¹ s.m.)
Content of copper and lead in canary grass (mg·kg⁻¹ DM)

Pierwiastek Element	Stopień zanieczyszczenia gleb miedzią i ołowiem Degree of soil pollution with copper and lead				
	0°	I°	II°	III°	IV°
Cu	6,30	7,70	9,10	13,30	19,85
Pb	1,50	1,57	1,61	1,94	2,10

Do oceny relacji gleba/roślina wykorzystano wskaźnik bioakumulacji (BC), wyrażający stosunek stężenia metalu w roślinie do jego koncentracji w glebie. Wartość BC odzwierciedla zdolność roślin do pobierania składników zawartych w glebie.

Tabela 3; Table 3

Wskaźnik bioakumulacji (BC) miedzi i ołowiu
Bioaccumulation index (BC) of copper and lead

Pierwiastek Element	Stopień zanieczyszczenia gleb miedzią i ołowiem Degree of soil pollution with copper and lead				
	0°	I°	II°	III°	IV°
Cu	0,17	0,14	0,14	0,13	0,12
Pb	0,063	0,035	0,032	0,028	0,026

Oceniając wielkość tego parametru, należy podkreślić jego zróżnicowanie w zależności od rodzaju pierwiastka oraz stanu jakości gleby (tab. 3). Niezależnie od stopnia zanieczyszczenia gleby (0°–IV°) rośliny pobierały więcej miedzi (BC = 0,14) niż ołowiu (BC = 0,037). Uwagę zwracają jednak niższe wskaźniki bioakumulacji miedzi na obiektach o średnim i silnym stopniu zanieczyszczenia tym pierwiastkiem, świadczące o mniejszej zdolności pobierania miedzi, w odniesieniu do jej zasobów glebowych, przez mózg uprawianą na glebach bardziej zanieczy-

szczonych. Podobny kierunek zmian zaobserwowano w stosunku do ołowiu. Można zatem przyjąć, że stopień zanieczyszczenia gleb w niewielkim stopniu różnicował wielkość wskaźnika bioakumulacji badanych pierwiastków.

O zależności wskaźnika bioakumulacji od stopnia zanieczyszczenia gleby, rodzaju i części rośliny donosił w swojej pracy GRZEBISZ i in. [1998], a wyniki badań własnych potwierdziły tego typu zależności.

Parametrem służącym do oceny wielkości bioakumulacji metali w samych tylko roślinach jest indeks koncentracji (C_1), wyrażany stosunkiem koncentracji pierwiastka w roślinie „skażonej”, do koncentracji tego składnika w roślinie „kontrolnej”. Wzrastające jego wartości świadczą o znacznej akumulacji metalu w roślinie.

Indeks koncentracji obliczony dla mozgi trzcinowatej był także wyraźnie zróżnicowany. Uzyskane dane wskazują na zależność tego parametru od stanu zanieczyszczenia gleby i analizowanego pierwiastka (tab. 4). Wzrost stopnia zanieczyszczenia gleby miedzią jednoznacznie skutkowało wzrostem koncentracji tego pierwiastka w badanej roślinie. Indeks koncentracji tego metalu był wyraźnie wyższy aniżeli ołowiu. Maksymalne średnie wielkości dla IV° zanieczyszczenia wynosiły odpowiednio: $C_1 = 3,15$ i $1,40$. Z przedstawionego układu wynika, że wielkość bioakumulacji miedzi przez mózgę była zawsze wyższa aniżeli ołowiu.

Tabela 4; Table 4

Indeks koncentracji (C_1) miedzi i ołowiu
Concentration index (C_1) of copper and lead

Pierwiastek Element	Stopień zanieczyszczenia gleb miedzią i ołowiem Degree of soil pollution with copper and lead				
	I°	II°	III°	IV°	I-IV°
Cu	1,22	1,44	2,11	3,15	1,98
Pb	1,07	1,07	1,29	1,40	1,20

Największą średnią wielkością indeksu koncentracji odznaczała się Cu ($C_1 = 1,98$), a wielkość tego parametru dla ołowiu była wyraźnie niższa i mniej zróżnicowana ($C_1 = 1,20$).

Ocenę wartości użytkowej mozgi trzcinowatej odniesiono do kryteriów opracowanych przez IUNG. Wycena badanych roślin według tych norm (biorąc pod uwagę stwierdzony poziom zawartości miedzi i ołowiu), kwalifikuje uprawę tej rośliny na paszowy bądź przemysłowy (nasienny) kierunek użytkowania.

Wnioski

1. Stopień zanieczyszczenia gleb bardziej różnicował zawartość miedzi niż ołowiu w mozdze trzcinowatej. W miarę polepszania się stanu jakości gleby, koncentracja tych pierwiastków w roślinach zmniejszała się.
2. Największą zdolnością akumulacji określanej przez wskaźnik bioakumulacji i indeks koncentracji odznaczała się miedź, wyraźnie niższą ołów.
3. Stopień zanieczyszczenia gleb wpływając na wartość użytkową mozgi trzcinowatej decydował o wyborze kierunku użytkowania (paszowy, nasienny) tej rośliny w rejonie oddziaływania hutnictwa miedzi.

Literatura

- GORLACH E. 1994. *Phytoavailability of heavy metals as affected by liming and plant species*. Pol. J. Soil. Sci. XXVII(1): 59–67.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 1992. *A comparison of sensitivity to the toxic action of heavy metals by various plant species*. Pol. J. Soil. Sci. XXV(2): 207–213.
- GRZEBISZ W., DIATTA B.J., BARŁÓG P. 1998. *Ekstrakcja metali ciężkich przez rośliny włókniste z gleb zanieczyszczonych emisjami hut miedzi*. Cz. I. *Konopie siewne*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 460: 685–695.
- HUCZYŃSKI B. 1983. *Warunki przyrodnicze produkcji rolnej woj. Legnickie*. Wyd. UNG Puławy: 46 ss.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK H., PIOTROWSKA M., TERELAK M., WITEK T. 1993. *Ocena stanu zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką*. Wyd. IUNG Puławy, R 53: 1–20.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN Warszawa: 398 ss.
- STRĄCZYŃSKI S. 1997. *Zawartość kadmu i niklu w wybranych gatunkach roślin uprawianych na glebach zanieczyszczonych miedzią i ołowiem*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 448b: 295–302.
- STRĄCZYŃSKI S., ANDRUSZCZAK E. 1996. *Wpływ stopni zanieczyszczenia gleb miedzią i ołowiem na zawartość pierwiastków śladowych w wybranych gatunkach roślin uprawnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 901–908.
- ROSZYK E., SZERSZEŃ L., KULCZYCKI G. 1994. *Skład chemiczny roślin uprawnych na terenach oddziaływania hut miedzi*. Cz. II. *Miedź i ołów*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Ser. Rolnictwo 254: 93–101.
- SZERSZEŃ L., CHODAK T., KABAŁA C., KARCZEWSKA A., BARTOSZEWSKA K. 1996. *Pierwiastki śladowe w glebach i roślinach w rejonie zbiornika odpadów popłotacyjnych „Żelazny Most”*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 889–894.

Słowa kluczowe: huty miedzi, miedź, ołów, mozga trzciniowata, bioakumulacja

Streszczenie

W latach 1994–1998 podjęto badania, których celem była modyfikacja produkcji rolniczej na terenach już zanieczyszczonych lub zagrożonych emisjami metali ciężkich przez huty miedzi zlokalizowane w Głogowie. Założono, że racjonalny system uprawy roślin na tym terenie powinien minimalizować ryzyko wchodzenia metali ciężkich do łańcucha pokarmowego. Wymagania te mogłaby spełniać uprawa roślin niekonsumpcyjnych, a wśród nich mozga trzciniowata. Podstawowym wskaźnikiem stanu zanieczyszczenia i przeznaczenia użytkowego uprawianych roślin była zawartość w nich miedzi i ołowiu. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że spośród analizowanych pierwiastków z reguły tylko miedź gromadziła się w nich w znaczących ilościach. Najwyższe zawartości miedzi i ołowiu stwierdzano w roślinach uprawianych na glebach średnio i silnie zanieczyszczonych. Stężenie pierwiastków w roślinach było zróżnicowane i zależało od stopnia

zanieczyszczenia gleby. Najwyższy wskaźnik bioakumulacji i indeks koncentracji obliczono dla miedzi. Uprawa mozgi trzcinowatej w rejonach zanieczyszczonych może przyczynić się do optymalizacji regionalnej struktury zasiewów.

BIOACCUMULATION OF COPPER AND LEAD
IN CANARY GRASS (*Phalaris arundinacea* L.)
CULTIVATED ON SOIL CONTAMINATED
BY COPPER METALLURGY

*Stanisław Strączyński*¹, *Stanisława Strączyńska*²

¹ Department of Soil Cultivation and Fertilization Techniques, Jelcz-Laskowice,
Institute of Soil Science and Plant Cultivation, Puławy

² Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection,
University of Environmental and Life Sciences, Wrocław

Key words: copper smelters, copper, lead, canary grass, bioaccumulation

Summary

In the years 1994–1998 comprehensive studies were undertaken with the aim to change the profile of agricultural production on areas already contaminated or threatened by heavy metal contamination emitted from the copper smelters located near Głogów. It was assumed that the rational system of crop cultivation should ensure that the risk of heavy metal entering into food chain must be reduced to minimum. This requirement could be realized by cultivation of nonconsumable crops such as canary grass. Copper and lead content in the test plants was the basic indicator of the crops contamination state and thereby their usable appropriateness. The experiments showed that from among the elements under investigation, as a rule only copper accumulated in plants in considerable amounts. The highest content of copper and lead was found in plants cultivated on medium and heavy polluted soils. Concentration of elements in plants was differentiated according to pollution grade. The highest bioaccumulation index was and concentration index calculated for copper. Cultivation of canary grass on areas contaminated by copper may contribute to the optimization of the region cropping pattern.

Dr inż. Stanisław **Strączyński**
Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa
ul. Łąkowa 2
55-230 JELCZ-LASKOWICE
e-mail: pia@mikrozet.wroc.pl