

ZAWARTOŚĆ CYNKU I MIEDZI W PIASZCZYSTYCH GLEBACH LEŚNYCH PO DŁUGOTRWAŁYM OKRESIE STAGNOWANIA WÓD POWODZIOWYCH

Antoni Sienkiewicz, Irena Cichocka, Mirosław Nowiński

Katedra Gleboznawstwa Leśnego i Nawożenia Lasu,
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Wstęp

Gleby nieustannie uczestniczą w złożonych procesach obiegu materii i przepływu energii w środowisku leśnym. W warunkach niezakłóconej, przez czynniki antropogeniczne, równowagi biogeochemicznej w obiegu pierwiastków, gleby są najważniejszym naturalnym buforem chroniącym przed ich nadmiernym przepływem do biotycznych elementów środowiska przyrodniczego. Podstawowym źródłem większości mikropierwiastków w glebie jest skała macierzysta, materia organiczna i opady atmosferyczne. Dostępność dla roślin oraz potencjalna fitotoksyczność mikroelementów uzależniona jest w dużym stopniu od aktywności glebowych układów adsorpcyjnych unieruchamiających pierwiastki śladowe [SPIAK 1996; KREBS 1997; ALLOWAY, AYRES 1999; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999].

Powódź typu opadowo-zalewowej z lipca 1997 roku spowodowała wielokierunkowe, destabilizujące zmiany w środowisku przyrodniczym. Zanieczyszczona woda w wyniku podtopienia lub zalania stała się przyczyną przeobrażeń na rozległych obszarach leśnych, między innymi na terenie nadleśnictw Góra Śląska i Wołów [CHODAK i in. 1998; GORZELAK, SIEROTA (red.) 1999; MAŃKA, RESZKO 1999; SIENKIEWICZ i in. 2003].

Zasadniczym celem niniejszej pracy jest określenie zawartości oraz profilowego rozmieszczenia cynku i miedzi w piaszczystych glebach leśnych oligotroficznych siedlisk, po długotrwałym okresie stagnowania wód powodziowych, w nadleśnictwach Góra Śląska i Wołów.

Materiały i metody

Prace terenowe wykonano w średniowiekowych drzewostanach sosnowych, III/IV klasy wieku, na obszarach objętych powodzią w nadleśnictwach Góra Śląska (Leśnictwo Lubów, oddział 387c) i Wołów (Leśnictwo Dębno, oddział 135 h). W rezultacie przeprowadzonych prac terenowo-gleboznawczych (1998 i 1999 rok) – po upływie jednego roku od powierzchniowego zaniku wód powodziowych – obejmujących osiemnaście odkrywek glebowych, do szczegółowej analizy wybrano

pięć profili glebowych (dwa z nadleśnictwa Góra Śląska i trzy z nadleśnictwa Wołów). Gleby badanych powierzchni należą do gleb rdzawych bielcowych (RDb) o następującej budowie profilu: Ol – Ofh – AEes – BvBhfe – Bv (lub Bvgg) – C1gg – C2gg [KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH POLSKI 2000].

Prace laboratoryjne, w pobranych próbkach glebowych, wykonano wykorzystując ogólnie znane w gleboznawstwie metody [OSTROWSKA i in. 2001].

Zawartość węgla organicznego w glebach oznaczono metodą Tiurina, a zawartość azotu ogółem – metodą Kjeldahla. Kationową pojemność sorpcyjną gleb określono metodą Kappena.

We wszystkich wyróżnionych poziomach genetycznych, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) oznaczono (w trzech powtórzeniach) następujące formy cynku i miedzi:

- zawartość całkowitą, po uprzedniej mineralizacji w temperaturze 300°C, rozpuszczeniu w stężonym kwasie fluorowodorowym, odparowaniu i ponownym rozpuszczeniu w kwasie azotowym o stężeniu 6 mol·dm⁻³;
- mobilną (rozpuszczalną), po uprzedniej ekstrakcji materiału glebowego w kwasie solnym o stężeniu 1 mol·dm⁻³.

Ocenę zawartości całkowitej cynku i miedzi w glebach przeprowadzono na podstawie analizy występowania mikroelementów w powierzchniowej warstwie gleb użytkowanych rolniczo [KABATA-PENDIAS i in. 1995]. Dla gleb leśnych nadal nie ma odrębnych wartości granicznych, czyli umownych przedziałów liczbowych, umożliwiających klasyfikowanie i ocenę zasobności gleb w mikroskładniki odżywcze roślin w oparciu o wyniki chemicznej analizy próbek glebowych.

Wyniki badań i dyskusja

Gleby rdzawe bielcowe w nadleśnictwach Góra Śląska i Wołów, występujące w zasięgu oddziaływania wód powodziowych z 1997 roku, wykazywały cechy oglejenia zalewowego, pojawiającego się na głębokości 70 cm, ze zmiennym stagnowaniem wody glebowo-gruntowej. Po upływie jednego roku od ich powierzchniowego zalewu, trwającego przez 5–7 tygodni, cechy anareobowe nie zanikły, pomimo obniżenia się lustra wód gruntowych (w latach 1998–1999) do głębokości 168–235 cm w poszczególnych profilach glebowych. Uwzględniając aktualną budowę morfologiczną badanych gleb należałoby je określać jako gleby rdzawe bielcowe, z cechami gleb okresowo zalewowoglejowych.

Podstawowe wyniki analiz laboratoryjnych gleb, związane z zakresem niniejszej pracy, zamieszczono w tabelach 1 i 2.

Objęte badaniami gleby są utworami lekkimi, o składzie granulometrycznym piasków słabogliniastych, zalegających płytko na piaskach luźnych. Zawartość frakcji ilastej (< 0,002 mm), malejąca w głąb profilu glebowego, jest niewielka i wynosi maksymalnie do 2,5% (tab. 1). Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu powodzi na uziarnienie gleb, ponieważ nie dostrzeżono między innymi wyraźnego zamulenia.

Naturalną cechą gleb rdzawych bielcowych jest profilowe zakwaszenie, pozostające w ścisłym związku z uziarnieniem, słabymi właściwościami buforowymi, ługującym (bielicującym) oddziaływaniem wód opadowych i borowej pokrywy roślinnej.

Tabela 1; Table 1

Niektóre fizykochemiczne właściwości gleb rdzawych bielcowych w nadleśnictwach Góra Śląska i Wołów (wyniki uśrednione dla $n = 5$ profili glebowych)

Some physico-chemical properties of podzolized rusty soils in the Góra Śląska and Wołów Forestry Districts (mean results for $n = 5$ soil profiles)

Poziom genetyczny (miąższość w cm) Genetic horizon (depth in cm)	Frakcje Fraction < 0,002 mm (%)	C org. Organic C (%)	C : N	pH (1 mol KCl-dm ⁻³)	T CEC (cmol(+)-kg ⁻¹)	V BS (%)
OI (1,5)	n.o	39,16–53,48*	29,5–37,6	3,05–3,74	76,15–89,75	21,3–45,0
		44,38**	33,4		82,66	30,9
		4,95***	2,6		4,90	9,2
		11,15****	7,8		5,93	29,8
Ofh (6)	n.o	34,79–41,66	28,2–31,8	2,72–3,22	82,35–95,85	14,3–33,5
		38,49	29,8		89,81	22,7
		2,67	1,5		4,88	6,9
		6,94	5,0		5,43	30,4
AEes (17)	1,50–2,50	0,76–1,68	18,0–19,4	3,32–3,55	5,70–6,75	19,8–35,4
	2,00	1,10	18,6		6,17	27,7
	0,35	0,35	0,6		0,43	6,0
	17,50	31,82	3,2		6,97	21,7
BvBhfe (22)	1,00–2,00	0,26–0,48	14,4–17,1	3,75–4,05	3,65–4,25	31,8–55,5
	1,40	0,37	15,3		4,01	42,0
	0,42	0,09	1,0		0,30	9,8
	30,00	24,32	6,5		7,48	23,3
Bv/Bvgg (38)	0,50–1,00	0,18–0,32	10,9–13,6	3,86–4,32	2,48–3,58	35,2–62,3
	0,80	0,23	12,2		3,13	48,0
	0,27	0,05	1,0		0,48	11,0
	33,75	21,74	8,2		15,33	22,9
C1gg (42)	0,25–0,50	0,09–0,17	9,3–11,8	4,15–4,58	1,66–2,85	52,8–71,6
	0,40	0,13	10,1		2,24	59,8
	0,14	0,03	1,0		0,54	8,4
	35,00	23,08	9,9		24,11	14,0
C2gg (26)	0,25–0,25	0,06–0,10	8,7–9,3	4,35–4,75	1,45–2,80	48,8–73,2
	0,25	0,08	9,0		1,93	60,9
	0	0,01	0,2		0,52	11,1
	0	12,50	2,2		26,94	18,2

* – zakres; range

** – średnia; average

*** – odchylenie standardowe; standard deviation

**** – współczynnik zmienności (%); variation coefficient (%)

T; CEC – pojemność wymienna kationów; cation exchangeable capacity

V; BS – wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi; base cation saturation

n.o. – nie oznaczono; not determined

Tabela 2; Table 2

Zawartości cynku i miedzi w glebach rdzawych bielcowych w nadleśnictwach Góra Śląska i Wołów (wyniki uśrednione dla $n = 5$ profili glebowych)

Zinc and copper contents in podzolized rusty soils in the Góra Śląska and Wołów Forestry Districts (mean results for $n = 5$ soil profiles)

Poziom genetyczny (miąższość w cm) Genetic horizon (depth in cm)	Zn (mg·kg ⁻¹)		Cu (mg·kg ⁻¹)	
	ogółem total	rozpuszczalny soluble	ogółem total	rozpuszczalna soluble
Ol (1,6)	44,2–64,5*	37,2–58,9	55,7–82,5	39,8–63,5
	53,1**	45,8	66,8	48,8
	7,6***	8,5	9,9	7,9
	14,3****	18,6	14,8	16,2
Ofh (6,0)	42,0–56,8	24,8–32,6	78,9–151,7	67,2–122,9
	49,2	28,9	109,8	92,8
	6,1	2,9	29,4	23,7
	12,4	10,0	26,8	25,5
AEes (17)	11,95–14,95	9,15–10,95	2,85–3,65	1,75–2,90
	13,35	10,05	3,35	2,45
	1,10	0,77	0,33	0,55
	8,24	7,66	9,85	22,45
BvBfe (22)	10,5–12,5	6,15–9,45	2,65–3,75	1,25–1,75
	11,6	8,05	3,25	1,55
	0,7	1,40	0,43	0,23
	6,0	17,39	13,23	14,84
Bv/Bv _{gg} (38)	8,25–11,05	7,15–8,15	2,15–2,95	1,15–1,55
	9,35	7,75	2,55	1,35
	1,15	0,39	0,33	0,16
	12,30	5,03	12,94	11,85
C1 _{gg} (42)	7,45–10,45	6,25–8,85	1,85–2,65	0,85–1,35
	9,25	7,35	2,20	1,10
	1,35	1,17	0,32	0,23
	14,59	15,92	14,54	20,91
C2 _{gg} (26)	6,55–8,95	4,35–6,95	1,65–2,45	0,75–1,15
	8,00	5,75	2,00	0,95
	1,06	1,15	0,34	0,15
	13,25	20,00	17,00	15,79

* – zakres; range

** – średnia; average

*** – odchylenie standardowe; standard deviation

**** – współczynnik zmienności (%); variation coefficient (%)

Przeprowadzone badania miały wykazać, czy występujące w bardzo wolno przemieszczającej się wodzie (zalewającej drzewostany sosnowe) różnorodne zanieczyszczenia chemiczne były znaczące dla trwałego oddziaływania na fizykochemiczne i chemiczne właściwości gleb leśnych? Uzyskane wyniki odczynu glebowego nie potwierdziły wstępnego założenia „wzbogacenia”, szczególnie ektopróchnicy w składniki zasadowe. W przekroju profilowym odczyn glebowy jest bardzo silnie kwaśny i silnie kwaśny, nawet w poziomach skały macierzystej wartości pH w 1 mol KCl-dm^{-3} nie przekroczyły 5,0. W ektopróchnicy pH waha się od 3,05 w Ol do 2,72 w Ofh, a w poziomach mineralnych od 3,32 w AEes do 4,75 w oglejonej skale macierzystej (tab. 1).

Długotrwały stan uwilgotnienia gleb spowodowany powierzchniowym zalaniem drzewostanów sosnowych, w warunkach silnego profilowego zakwaszenia, przyczynił się do zakłócenia (spowolnienia) procesów mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej. Wskaźnikami charakteryzującymi zasoby glebowej materii organicznej są zawartość węgla organicznego oraz stosunek C : N, odzwierciedlający wzajemne zależności pomiędzy węglem organicznym i azotem ogółem. Prawdopodobnie, w niewielkim stopniu materia organiczna została naniesiona przez wody powodziowe i zdeponowana w postaci osadów. Spotyka się liczne ślady morfologiczne namulów w odziomkowej części drzew, sięgające do wysokości 40–55 cm. W poziomach ektopróchnicy obserwuje się wysoką zawartość materii organicznej, która bardzo powoli ulega przeobrażeniom mikrobiologicznym. Świadczy o tym zarówno zawartość węgla organicznego, jak i kształtowanie się stosunku C : N. Występujące wahania wynoszą od 44,38 ($\pm 4,95$)% C org., przy stosunku C : N 33,4 ($\pm 2,6$) w Ol do 38,49 ($\pm 2,67$)% C org., przy stosunku C : N 29,8 ($\pm 1,5$) w podpoziomie Ofh. W poziomach próchniczno-eluwialnych (AEes), w porównaniu z poziomami ektopróchnicy glebowej, obserwuje się wyraźny spadek zawartości węgla organicznego oraz zawężenie stosunku C : N. Tendencja malejąca kumulacji C org. i zawężenie stosunku C : N utrzymuje się w poziomach wzbogacania i w oglejonej skale macierzystej. Uzyskane wartości wahają się bowiem od 1,10 ($\pm 0,35$)% C org., przy stosunku C : N 18,6 ($\pm 0,6$) w AEes do 0,08 ($\pm 0,01$)% C org., przy stosunku C : N 9,0 ($\pm 0,2$) w skale macierzystej (tab. 1).

Wyniki pojemności sorpcyjnej oraz stopnia wysycenia gleb kationami zasadowymi wskazują na występujące zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych gleb w przekroju profilowym (tab. 1).

Pojemność sorpcyjna gleb (T) jest wysoka jedynie w poziomach ektopróchnicy, w których stwierdzone wahania wynoszą od 82,66 ($\pm 4,90$) w podpoziomie Ol do 89,81 ($\pm 4,88$) $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ w Ofh. W mineralnych poziomach genetycznych jest ona bardzo niska i maleje w głąb profilu glebowego. Stwierdzone zróżnicowania kształtują się od 6,17 ($\pm 0,43$) w AEes do 1,93 ($\pm 0,52$) $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby w skale macierzystej.

Analiza stanu wysycenia gleb kationami zasadowymi potwierdza przewagę kationów kwasowych nad zasadowymi w całym profilu glebowym. Uzyskane wyniki są najniższe w ektopróchnicy glebowej i powierzchniowych poziomach mineralnych. Wahają się one od 22,7 ($\pm 6,9$) w Ofh do 30,9 ($\pm 9,2$)% w podpoziomie Ol. W poziomach skały macierzystej nie przekraczają jednak wartości 60,9 ($\pm 11,1$)%, (tab. 1).

Wody powodziowe, które zatopiły część drzewostanów sosnowych w nadleśnictwach Góra Śląska i Wołów, wcześniej zalały i uszkodziły między innymi

oczyszczalnie ścieków, składowiska odpadów komunalnych i przemysłowych. Do obiegu przedostały się prawdopodobnie znaczne ilości ścieków o nierozpoznanym składzie chemicznym. W ten sposób wody powodziowe mogły stać się potencjalnym źródłem różnych pierwiastków i związków organicznych.

We wszystkich omawianych profilach gleb rdzawych bielcowych zaobserwowano, że zawartość obu form cynku i miedzi w poziomach próchnicy nadkładowej (Ol i Ofh) jest, podobnie jak w glebach o niezakłóconym obiegu materii, znacznie wyższa niż w poziomach mineralnych, w których maleje wraz z głębokością (tab. 2).

Niekorzystne stosunki powietrzno-wodne oraz wysokie zakwaszenie gleb piaszczystych mają również istotne znaczenie dla rozmieszczenia cynku i miedzi. Pierwiastki te występują przede wszystkim w strukturach organicznych, a także w zaadsorbowanych połączeniach kompleksowych i chelatowych [ALLOWAY, AYRES 1999]. Ze względu na zniekształcone warunki mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej analizowane mikroelementy są trudno uwalniane i w niewielkim stopniu przemieszczane do głębiej zalegających poziomów mineralnych. Z uzyskanych danych zawartych w tabeli 2 wynika, że znacznie trwalej ze strukturami organicznymi, między innymi przez koloidalne układy adsorpcyjne, związana jest miedź, natomiast mobilność cynku jest wyraźnie wyższa. W poziomach mineralnych kumulacja cynku całkowitego i form rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm⁻³ jest znacznie wyższa niż odpowiednich form miedzi, natomiast w ektopróchnicy (szczególnie w Ofh) zależności te są wyraźnie odwrotne. Kształtują się one w podpoziomie detrytusowym (Ofh) odpowiednio:

- dla cynku całkowitego: 49,2 ($\pm 6,1$) i cynku rozpuszczalnego: 28,9 ($\pm 2,9$) mg·kg⁻¹ gleby;
- dla miedzi całkowitej: 109,8 ($\pm 29,4$) i miedzi rozpuszczalnej: 92,8 ($\pm 23,7$) mg·kg⁻¹ gleby.

W mineralnych poziomach genetycznych gleb bezpośrednio porównanie kumulacji cynku i miedzi, szczególnie form rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm⁻³, wskazuje na wyższą zawartość cynku w stosunku do miedzi. Stwierdzone wahania wynoszą odpowiednio:

- dla cynku całkowitego od 13,35 ($\pm 1,10$) w AEes do 8,00 ($\pm 1,06$) mg·kg⁻¹ gleby w C2 gg i cynku rozpuszczalnego od 10,05 ($\pm 0,77$) w AEes do 5,75 ($\pm 1,15$) mg·kg⁻¹ gleby w C2 gg;
- dla miedzi całkowitej od 3,35 ($\pm 0,33$) w AEes do 2,00 ($\pm 0,34$) mg·kg⁻¹ gleby w C2 gg i miedzi rozpuszczalnej od 2,45 ($\pm 0,55$) w AEes do 0,95 ($\pm 0,15$) mg·kg⁻¹ gleby w C2 gg (tab. 2).

Zawartość całkowita cynku i miedzi w badanych glebach rdzawych bielcowych (zalewowoglejowych) w mineralnych poziomach powierzchniowych (AEes) odpowiada glebom niezanieczyszczonym [KABATA-PENDIAS i in. 1995], jak również glebom piaszczystym występującym w naturalnych warunkach środowiska leśnego [MUCHA 1989; SIENKIEWICZ 1996]. W żadnym z analizowanych profili glebowych uzyskane wartości nie przekroczyły bowiem 50 mg Zn·kg⁻¹ oraz 10 mg Cu·kg⁻¹.

Uzyskane dane dotyczące występowania całkowitych form cynku i miedzi w ektopróchnicy są natomiast wyższe, szczególnie w przypadku miedzi, niż oszacowany zakres naturalnej zawartości (NZ) i wartości granicznej (WG) dla gleb organicznych [KABATA-PENDIAS i in. 1995].

Zamieszczone w tabeli 2 wyniki potwierdzają na ogół dużą mobilność większości pierwiastków śladowych w glebach silnie zakwaszonych i przy niekorzystnych warunkach powietrzno-wodnych [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. W badanych glebach stwierdzono bardzo wysoki udział form mobilnych cynku i miedzi (rozpuszczalnych w 1 mol $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$) w porównaniu do całkowitej ich zawartości w przekroju profilowym. W przypadku omawianych mikroelementów najniższy udział form rozpuszczalnych w stosunku do form całkowitych obu pierwiastków stwierdzono dla miedzi w poziomie oglejonej skały macierzystej – C2gg (47,5%), a najwyższy dla cynku w poziomie organicznym – podpoziomie O1 (86,2%). Na podkreślenie zasługuje zdecydowanie wyższa, w porównaniu z miedzią, mobilność cynku we wszystkich poziomach glebowych.

Wnioski

Przeprowadzone badania nad zawartością cynku i miedzi w glebach rdzawych bielcowych (zalewowoglejowych) w nadleśnictwach Góra Śląska i Wołów, po upływie jednego roku od powierzchniowego zaniku wód powodziowych, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Niekorzystne warunki powietrzno-wodne gleb w okresie powodzi zakłóciły, zwłaszcza w porównaniu z glebami o zrównoważonym obiegu składników mineralnych, procesy mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej, odzwierciedlające się w kształtowaniu się bardzo szerokiego stosunku C : N.
2. Nie potwierdzono wstępnego założenia „wzbogacenia”, szczególnie poziomów ektopróchnicy glebowej, w składniki zasadowe. W całym przekroju profilowym odczyn glebowy jest silnie kwaśny.
3. Stwierdzona zawartość całkowitych form cynku i miedzi w badanych glebach rdzawych bielcowych w mineralnych poziomach powierzchniowych, a także w poziomach podpowierzchniowych i w skale macierzystej, odpowiada piaszczystem glebom niezanieczyszczonym, występującym w naturalnych warunkach środowiska leśnego.
4. Kumulacja cynku i miedzi w ektopróchnicy jest wyższa, szczególnie w przypadku miedzi, niż oszacowany zakres naturalnej zawartości (NZ) i wartości granicznej (WG) dla gleb organicznych.
5. Silnie kwaśne piaszczyste gleby rdzawe, występujące w środowisku leśnym podtopionym wodami powodziowymi, charakteryzują się bardzo wysokim udziałem form mobilnych cynku i miedzi.

Literatura

- ALLOWAY B.J., AYRES D.C. 1999. *Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 424 ss.
- CHODAK T., BOGACZ A., KASZUBKIEWICZ J. 1998. *Właściwości gleb wybranych obszarów w Nadleśnictwie Miękinia zalanych wodami powodziowymi*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 339(1): 79–95.

- GORZELAK A., SIEROTA Z. (red.) 1999. *Stan środowiska leśnego w dolinie środkowej Odry po powodzi w 1997 r.* Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa: 74 ss.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydanie drugie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 398 ss.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C. 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 41 ss.
- KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH POLSKI. 2000. Praca zbiorowa (Biały K., Brożek S., Chojnicki J., Czępińska-Kamińska D., Januszek K., Kowalkowski A., Krzyżanowski A., Okołowicz M., Sienkiewicz A., Skiba S., Wójcik J., Zielony R.). Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa: 124 ss.
- KREBS Ch.J. 1997. *Ekologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN: 735 ss.
- MAŃKA M., RESZKO K. 1999. *Wstępne uwagi o zdrowotności drzewostanów zalanych podczas powodzi w 1997 roku w Nadleśnictwie Wołów*. Przegl. Leśn. 3: 11–12.
- MUCHA W. 1989. *Zmiany ważniejszych mikroelementów (B, Zn, Mn, Cu, Mo) w bielicoziemnych glebach leśnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 325: 267–273.
- OSTROWSKA A., PORĘBSKA G., BORZYSZKOWSKI J., KRÓL H., GAWLIŃSKI S. 2001. *Właściwości gleb leśnych i metody ich oznaczania*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa: 108 ss.
- SIENKIEWICZ A. 1996. *Problemy zasobności piaszczystych gleb leśnych w mikroelementy dostępne dla roślin w warunkach boru świeżego Puszczy Noteckiej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434(1): 511–517.
- SIENKIEWICZ A., NOWIŃSKI M., ZIENTARSKI J., CICHOCKA I., GAŁĄZKA S., SZYMAŃSKA M. 2003. *Zagrożenia oraz możliwości rekultywacji gleb i siedlisk leśnych na obszarach objętych powodzią*. Sprawozdanie z badań wykonanych w latach 1998–2003. AR w Poznaniu, maszynopis: 162 ss.
- SPIAK Z. 1996. *Aktualny stan badań nad zagadnieniem nadmiaru metali ciężkich w glebach i roślinach*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434(2): 769–776.

Słowa kluczowe: powódź, gleby, las, cynk, miedź, ektopróchnica, gleby rdzawe, sosna, mikroelementy, woda, piasek, środowisko

Streszczenie

W pracy określono zawartość oraz profilowe rozmieszczenie cynku i miedzi w piaszczystych glebach leśnych oligotroficznych siedlisk po długotrwałym okresie stagnowania wód powodziowych.

Badania przeprowadzono bezpośrednio po ustąpieniu wód zalewowych (1998 i 1999 rok) w nadleśnictwach Góra Śląska i Wołów. Prace terenowo-gleboznawcze wykonano w średniowiekowych (60–70 lat) drzewostanach sosnowych występujących na glebach rdzawych bielicowych, z cechami gleb zalewowoglebowych.

Uzyskane wyniki badań wykazały, że zawartość, a także rozmieszczenie profilowe form całkowitych cynku i miedzi oraz form rozpuszczalnych w HCl (o stę-

zeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) w glebach charakteryzuje się wyraźną współzależnością z odczynem, zasobnością w próchnicę i kationową pojemnością sorpcyjną środowiska glebowego. W poszczególnych powierzchniowych poziomach genetycznych gleb, poza ektopróchnicą, kumulacja cynku i miedzi nie przekraczała dopuszczalnych wartości granicznych dla tych pierwiastków według kategorii zanieczyszczenia gleb (strefa 0).

CONCENTRATION OF ZINC AND COPPER IN SANDY FOREST SOILS FOLLOWING TO LONG PERIOD STAGNATION OF FLOOD WATERS

Antoni Sienkiewicz, Irena Cichocka, Mirosław Nowiński
Department of Forest Soil Science and Forest Fertilization,
Agricultural University, Poznań

Key words: flood, soils, forest, zinc, copper, ectohumus, rusty soils, pine, microelements, water, sand, environment

Summary

The study determined the concentration and profile distribution of zinc and copper in sandy oligotrophic soils of forest sites after periodical stagnation of floodwaters.

Investigations were carried out directly after the flood waters subsided (1998 and 1999) in the Góra Śląska and Wołów Forestry Districts. Soils science field works were carried out in medium-aged (60–70 years old) pine stands growing on rusty-podzolic soils with flood-gley features.

Obtained research results showed that both, the concentration and the profile distribution of total zinc and copper as well as their forms soluble in HCl ($1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) in soils were characterized by distinct interrelationship with the reaction, humus content and cation sorption capacity of the soil environment. With the exception of ectohumus, the accumulation of zinc and copper in particular surface genetic soil horizons did not exceed acceptable limiting values for these elements in accordance with soil contamination categories (zone 0).

Dr inż. Antoni Sienkiewicz

Katedra Gleboznawstwa Leśnego i Nawożenia Lasu

Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego

ul. Górska 3

60-623 POZNAŃ

e-mail: nowinski@au.poznan.pl