

KRYSTYNA CZARNOWSKA,
WIESŁAWA SZYMANOWSKA-SIEŃCZEWSKA

ZAWARTOŚĆ ROZPUSZCZALNYCH FORM Mn, Zn, Cu, Pb i Cd W GLEBACH ALUWIALNYCH DOLINY WISŁY I ŻUŁAW

Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie

WSTĘP

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badań zawartości Zn, Cu, Pb, Cd rozpuszczalnych w 0,1 M HCl oraz manganu aktywnego w glebach aluwialnych doliny Wisły i Żuław (rys. 1). Praca stanowi kontynuację poprzednich badań Czarnowskiej i Bontruk [1995a], Czarnowskiej i in. [1995b], Czarnowskiej i Turemki [1997].

MATERIAŁ I METODYKA

Przeanalizowano 88 próbek glebowych z 22 profilów w dolinie Wisły i Żuław. W profilach określono wcześniej ogólną zawartość wybranych metali ciężkich.

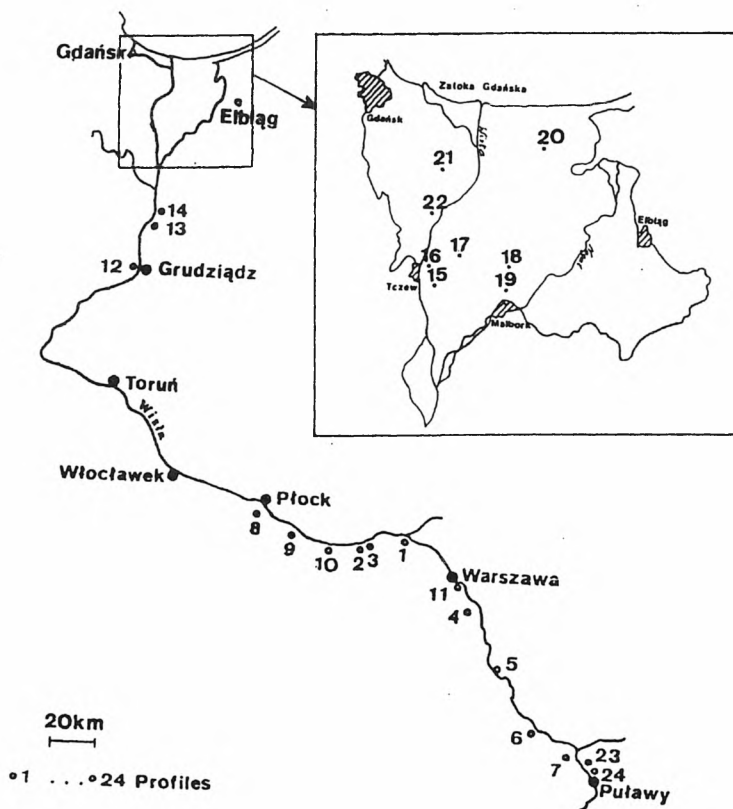
Rozpuszczalne formy Zn, Cu, Pb i Cd występujące w glebie z tych samych profilów przeprowadzono do roztworu za pomocą 0,1 M HCl (stosunek gleby do roztworu jak 1:10), natomiast Mn aktywny oznaczono metodą siarczynową według Schachtschabela (pH 8,0). W uzyskanych roztworach zawartość metali ciężkich oznaczano bezpośrednio techniką ASA.

Dane liczbowe dotyczące form rozpuszczalnych metali ciężkich w omawianych glebach opracowała statystycznie mgr Elżbieta Górczyńska*.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Gleby aluwialne doliny Wisły i Żuław wykazują różną zawartość metali ciężkich rozpuszczalnych w 0,1 M HCl. Wynika to ze zróżnicowanej ogólnej zawartości metali (tab. 1–3, rys. 2) w badanych glebach.

*Autorki serdecznie dziękują Pani mgr Elżbiecie Górczyńskiej z Katedry Statystyki Matematycznej i Doświadczalnictwa SGGW za przeprowadzenie obliczeń.



RYSUNEK 1. Rozmieszczenie analizowanych profili glebowych w dolinie Wisły i na terenie Żuław

FIGURE 1. Location of investigated soil profiles in Vistula Valley and Żuławy area

Zawartość manganu aktywnego w madach wahała się od 1 do 100 mg/kg (średnio 30 mg/kg). Najwięcej manganu aktywnego stwierdzono w poziomach akumulacyjnych, a jego ilość malała na ogół wraz z głębokością. Niektóre poziomy Bbr mad rzecznych brunatnych doliny Wisły i poziomy Cg i G mad Żuław zawierały duże ilości Mn aktywnego. Jak wynika z wcześniejszych badań [Czarnowska, Bontruk 1995a; Czarnowska i in. 1995b], w poziomach tych stwierdzono również dużo manganu ogółem.

Udział Mn aktywnego w stosunku do manganu ogółem wynosił średnio: w madach właściwych 11,7%, w madach brunatnych 9,3%, w madach Żuław 4,8%, zaś średnio dla wszystkich badanych próbek glebowych 8,6%.

Z obliczeń statystycznych wynika, że zawartość Mn aktywnego była dodatnio i wysoko skorelowana tylko z formami rozpuszczalnymi Zn, Cd, Pb i Cu, zaś współczynnik korelacji z zawartością węgla organicznego był niski ($r = 0,368$). Zawartość tej formy manganu nie zależała ani od składu granulometrycznego i pH gleby, ani też od ilości Mn ogółem (tab. 4).

Zawartość cynku rozpuszczalnego w badanych madach wahała się od 0,6 do 29,5 mg/kg, średnio 7,6 mg/kg. W madach doliny Wisły w 41% próbek ilość Zn przyswajalnego wynosiła 2–5 mg/kg, a w 48% próbek zawartość tego pierwiastka

TABELA 1. Zawartość rozpuszczalnych form metali ciężkich w madach rzecznych właściwych doliny Wisły

TABLE 1. Extractable heavy metals content in proper river alluvial soils

Miejscowość, nr profilu Locality, No of profile	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	% frakcji – Percent of fraction [mm]		pH KCl	C [%]	Mn*	Zn	Cu	Pb	Cd
			0,1–0,02	<0,002							
Gołąb k. Puław 24 (za wałem)	A	25–45	38	22	6,0	0,30	69,9	4,4	2,7	1,4	0,18
	C	45–70	44	38	6,2	0,53	82,5	6,7	3,3	1,7	0,23
	C	70–100	32	33	6,0	0,50	88,1	6,2	3,1	2,0	0,23
	D	110–115	46	25	6,1	0,25	60,4	4,7	2,2	1,3	0,19
Wólka Tuszyńska 6	A	0–40	53	24	3,5	0,65	45,0	4,4	2,3	2,5	0,11
	C	40–72	65	17	5,9	0,25	8,7	4,9	3,2	1,7	0,23
	C	72–92	61	32	6,5	0,30	6,2	5,7	4,3	2,6	0,21
	C	140–160	54	39	6,5	0,54	3,7	6,5	4,8	1,9	0,37
Zawady 11 k. Wilanowa	Ad	0–30	43	49	4,6	1,81	100,0	10,8	4,8	2,7	0,47
	AC	30–58	45	43	6,6	0,90	7,5	7,6	4,2	2,7	0,36
	C	58–120	52	13	6,5	0,42	7,5	4,1	2,1	1,4	0,16
	D	120–150	0	3	6,5	0,12	1,0	1,4	0,4	0,8	0,01
Kazuń Nowy 1 k. Modlina	Ad	0–25	40	28	6,1	0,13	82,5	10,8	4,8	2,7	0,47
	A	25–50	43	20	6,3	0,65	36,0	7,6	2,2	2,7	0,36
	C	100–125	37	8	6,6	0,35	25,5	4,1	2,1	1,4	0,16
	D	135–150	28	10	6,3	0,14	2,5	1,0	0,4	0,8	0,01

*Mn aktywny wg Schachtschabela, Mn active (Schachtschabel's method)

TABELA 2. Zawartość rozpuszczalnych form metali ciężkich w madach rzecznych brunatnych doliny Wisły
 TABLE 2. Extractable heavy metals content in brown alluvial soils

Miejscowość, nr profilu Locality, No of profile	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	% frakcji – Percent of fraction [mm]		pH KCl	C [%]	Mn*	Zn	Cu	Pb	Cd
			0,1–0,02	<0,002							
Borek 7	A	0–20	30	13	4,3	0,78	26,2	5,0	1,4	2,4	0,21
	Bbr	60–110	42	35	5,9	0,22	7,5	–	–	–	–
	C	110–150	59	18	6,0	0,06	7,5	–	–	–	–
	CG	150–170	22	71	5,6	0,58	7,5	8,7	3,7	3,4	0,38
Przewóz 5 (na wysokości Warki)	A	0–33	49	29	4,5	0,70	52,5	9,6	3,3	3,4	0,40
	A/Bbr	33–70	50	30	6,6	1,32	10,0	4,6	3,2	2,4	0,27
	Bbr	70–90	32	14	6,8	0,20	7,5	3,7	2,2	1,5	0,16
	C ₁	90–120	28	13	6,8	0,24	8,7	2,9	1,7	1,3	0,13
	C ₂	120–150	32	20	6,3	0,77	10,0	4,5	2,5	2,0	0,20
CG	150–170	48	19	6,1	0,45	5,0	7,9	4,5	2,6	0,29	
Borzumin 4	A ₁	0–20	53	25	3,1	1,15	21,0	6,0	4,6	2,5	0,10
	Bbr	20–75	56	20	5,6	0,48	70,0	5,1	2,9	2,5	0,33
	C	95–120	43	22	6,6	0,16	4,0	5,7	3,4	2,6	0,27
	D	120–165	31	13	6,6	0,02	4,0	3,1	2,4	4,3	0,20
Przeławice 3	A	0–25	47	18	3,3	1,03	80,0	9,3	1,6	2,8	0,14
	A	25–50	48	32	5,4	0,60	40,0	4,6	3,1	2,3	0,10
	Bbr	50–75	33	26	6,0	0,36	60,0	2,8	1,9	1,6	0,11
	Bbr	75–110	26	25	6,0	0,30	33,0	2,6	1,4	2,0	0,11
	C ₂	135–150	5	10	6,5	0,06	4,0	0,9	0,6	0,8	0,05
D	150–175	7	6	6,4	0,06	2,5	0,6	0,4	0,6	0,09	
Płock-Radziwie 8	A	0–20	43	25	6,4	1,11	31,0	12,5	3,5	4,7	0,05
	Bbr	20–60	40	31	6,4	0,69	17,5	7,0	4,0	3,6	0,04
	Bbr	60–110	19	34	6,1	0,58	25,0	4,0	2,1	2,3	0,15
	CG	110–150	14	35	6,0	0,19	26,0	5,0	1,1	1,9	0,15
	Dg	150–170	1	1	6,1	0,11	2,5	0,8	0,4	4,9	0,01
Nowy Troszyn 9	A	0–25	62	28	6,4	0,94	26,0	9,8	1,8	3,7	0,05
	Bbr	25–55	59	25	6,7	0,53	6,5	4,7	1,7	2,9	0,05
	C ₁ G	55–90	56	34	6,6	0,41	2,5	4,3	2,8	2,8	0,05
	C ₂ G	90–130	54	42	6,4	0,43	5,5	4,7	4,3	3,0	0,05
	C ₃ G	130–150	57	30	6,7	0,27	4,0	4,4	3,5	2,4	0,31

TABELA 2 cd. TABLE 2 continued

Miejscowość i nr profilu Locality, No of profile	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	% frakcji – Percent of fraction [mm]		pH KCl	C [%]	Mn*	Zn	Cu	Pb	Cd
			0,1–0,02	<0,002							
Łady Szosy 10	A	0–45	8	20	5,1	0,54	77,5	4,6	1,9	2,6	0,02
	Bbr	45–75	8	20	5,8	0,34	52,5	–	–	–	–
	D	75–90	0	3	5,8	0,10	4,0	–	–	–	–
Dragacz 12 k. Grudziądz	A	0–30	15	17	6,7	0,83	16,0	10,2	2,5	3,8	0,10
	Bbr	30–45	8	11	6,2	0,27	4,0	2,1	1,4	1,5	0,03
	C	45–85	19	20	6,4	0,39	8,5	4,3	2,6	1,8	0,05
Nebrowo Wielkie 13	A	0–35	23	24	6,0	1,33	25,5	29,5	3,6	4,5	0,25
	Bbr	35–75	40	31	5,7	0,84	30,5	6,3	2,9	2,2	0,22
	C ₁	75–135	45	20	5,9	0,37	17,5	5,0	2,4	1,9	0,15
	C ₂ G	135–150	42	42	6,3	0,68	10,0	8,8	4,6	2,8	0,26
Lipianki 14	A	0–30	28	58	5,4	1,44	60,0	13,6	4,9	3,1	0,34
	Bbr	30–65	27	65	5,6	0,83	55,0	10,8	4,6	2,7	0,32
	C ₁	65–80	44	48	6,2	0,65	33,0	9,1	4,2	1,6	0,30
	C ₂ G	80–140	47	42	6,2	0,57	32,0	7,9	5,5	1,9	0,30

*Mn aktywny wg Schachtschabela, Mn active (Schachtschabel's method)

TABELA 3. Zawartość rozpuszczalnych form metali ciężkich w madach Żuław
 TABLE 3. Extractable heavy metals content in alluvial soils of Żuławy

Miejscowość i nr profilu Locality, No of profile	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	% frakcji – Percent of fraction [mm]		pH KCl	C [%]	Mn*	Zn	Cu	Pb	Cd
			0,1–0,02	<0,002							
Mady brunatne – Alluvial brown soils											
Lisewo	A	0–40	32	31	6,7	1,18	14,5	11,4	4,5	3,9	0,48
Malborskie 16	Bbr	40–90	21	65	6,5	1,24	7,0	11,1	5,8	2,5	0,49
	C ₁ G	90–130	40	41	6,7	0,24	7,0	7,3	4,2	1,9	0,37
	C ₂ G	130–160	25	65	6,4	0,49	20,5	12,4	5,9	1,5	0,39
Kamionka 19 k. Malborka	A	0–45	35	42	5,7	0,98	50,0	10,2	6,8	2,4	0,41
	Bbr	45–80	30	50	6,2	0,68	22,5	11,8	5,7	2,1	0,36
	CG	80–120	28	42	6,4	0,44	11,5	11,5	6,1	1,9	0,26
	CG	120–170	36	39	6,2	0,52	19,0	11,5	6,9	2,5	0,30
Mady próchniczne – Alluvial humous soils											
Lichnowy 17	A	0–40	30	44	6,0	1,30	36,0	10,6	4,3	3,5	0,47
	AC	40–80	35	32	6,4	0,44	7,0	5,6	4,1	2,3	0,22
	C ₁ G	80–110	45	22	6,7	0,21	5,5	5,3	3,5	1,4	0,19
	C ₂ G	110–150	15	74	5,6	1,39	14,5	7,4	8,0	3,0	0,44
Stara Wisła 15	A	0–40	9	78	6,3	2,62	16,0	13,8	5,4	3,3	0,88
	ACG	40–75	3	88	6,2	2,64	10,0	10,5	8,1	4,1	0,59
	CG	75–120	5	85	6,0	2,00	22,5	6,3	6,8	3,4	0,63
Cedry Wielkie 21	A	0–40	31	51	5,1	1,58	56,5	11,0	6,0	3,0	0,47
	AC	40–65	27	60	5,3	1,09	22,5	9,5	7,5	2,8	0,41
	C ₁ G	65–90	29	63	5,6	0,69	38,0	5,4	7,7	2,4	0,41
	G	90–140	27	59	5,3	1,67	89,5	12,8	8,0	2,9	0,52

TABELA 3. cd. – TABLE 3 continued

Miejscowość i nr profilu Locality, No of profile	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	% frakcji – Percent of fraction [mm]		pH KCl	C [%]	Mn*	Zn	Cu	Pb	Cd
			0,1–0,02	<0,002							
Mady glejowe – Alluvial gleyed soils											
Martag 18	A	0–30	38	52	6,4	1,60	60,0	14,1	9,8	3,8	0,73
	C ₁ G	30–60	38	58	6,7	1,04	25,5	12,3	6,6	3,2	0,47
	C ₂ G	60–90	36	59	6,6	0,98	30,5	10,9	6,5	2,8	0,56
	G	90–110	15	45	6,7	0,44	80,0	9,7	4,1	1,8	0,38
	G	110–130	28	13	7,2	0,19	13,0	4,8	3,2	1,6	0,22
Rybina 20	A	0–30	38	52	6,4	1,39	36,0	12,2	5,6	3,9	0,52
	C ₁ G	30–60	38	58	6,7	0,81	10,0	9,3	5,1	3,0	0,53
	C ₂ G	60–90	36	59	6,6	1,30	9,5	8,2	4,3	2,9	0,65
	G	90–110	15	45	6,7	0,63	16,0	7,7	3,1	2,5	0,34
Steblewo 22	A	0–30	33	41	6,0	1,50	25,5	10,8	3,6	3,4	0,49
	AC	30–55	34	51	6,7	0,89	23,0	11,0	4,4	2,5	0,33
	CG	55–90	22	73	6,7	0,66	19,5	10,5	5,2	2,1	0,34
	G	90–110	18	81	6,0	0,83	41,0	10,4	5,9	2,2	0,35

*Mn aktywny wg Schachtschabela, Mn active (Schachtschabel's method)

była większa niż 5 mg/kg, zaś wszystkie próbki mad z Żuław zawierały ponad 5 mg/kg (rys. 2).

Rozmieszczenie rozpuszczalnej formy cynku w profilu mad było nierównomierne, jednak w większości gleb w poziomach akumulacyjnych było więcej tego pierwiastka niż w poziomach głębszych. Tylko w trzech profilach (nr 9, 19, 22 – tab. 2 i 3, rys. 1) o wyrównanym składzie granulometrycznym cynk rozpuszczalny jest równomiernie rozmieszczony na całej głębokości profilu. Jeżeli się weźmie pod uwagę zawartość rozpuszczalnego Zn w poziomach wierzchnich, badane mady można zaliczyć do zasobnych w ten pierwiastek.

Udział cynku rozpuszczalnego w ogólnej zawartości tego pierwiastka wynosi średnio 16,3%, przy znacznych wahaniami od 1,6 do 51,8%.

Zawartość Zn rozpuszczalnego jest wysoce skorelowana z zawartością Zn ogółem oraz z formami rozpuszczalnymi Cu, Pb i Cd, natomiast bardzo słabo skorelowana z ilością C-organicznego (tab. 4).

W badanych madach miedź rozpuszczalna mieściła się w przedziale 0,4–9,8 mg/kg. Średnie jej stężenie w madach Żuław wynosiło 5,7 mg/kg, w madach doliny Wisły: w madach właściwych – 3,1 mg/kg, a w madach brunatnych – 2,8 mg/kg. Badane mady, zaliczone do gleb średnich i ciężkich, są zasobne lub bardzo zasobne w miedź przyswajalną dla roślin (tab. 1–3, rys. 2).

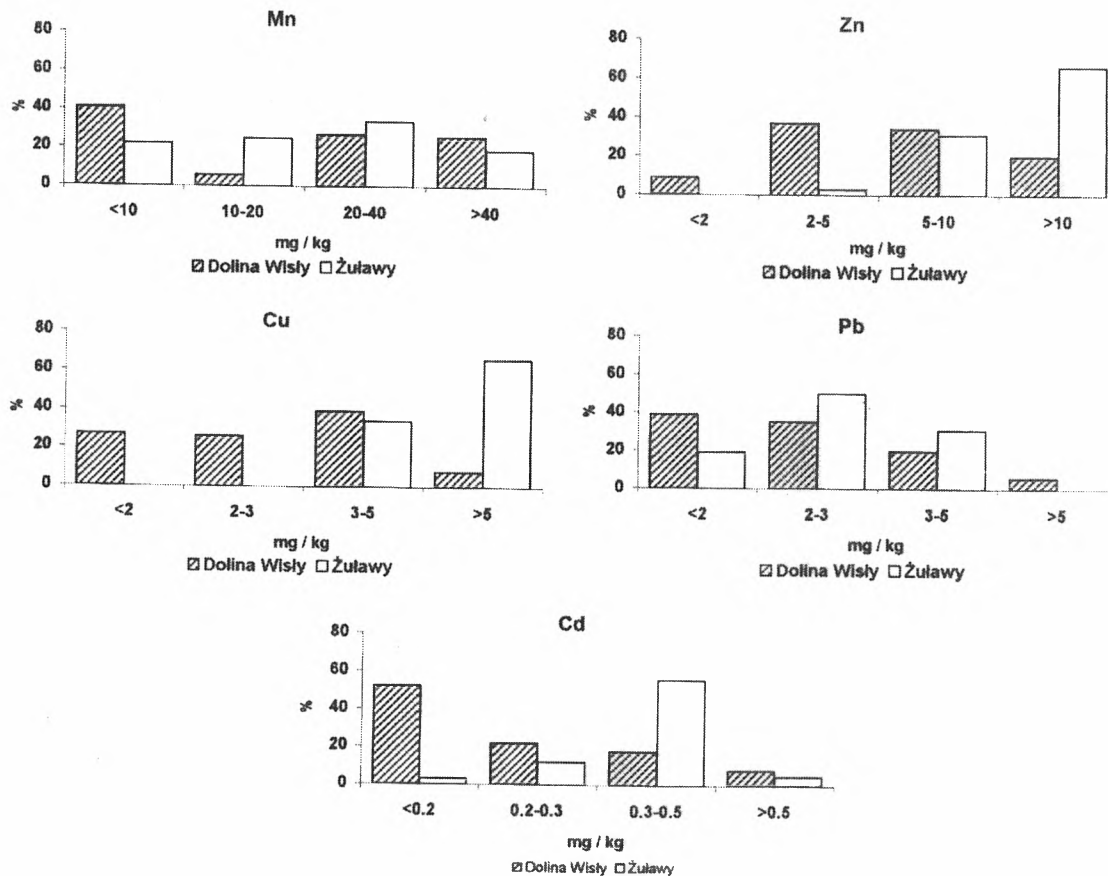
Średni udział miedzi rozpuszczalnej w zawartości miedzi ogółem wynosił 35,7% (przy znacznych wahaniami od 5,8 do 91,3%) i był dużo większy niż manganu (8,6%) i cynku (16,3%). Ogólnie poziomy wierzchnie badanych mad charakteryzują się większą mobilnością miedzi niż poziomy głębsze [Rejman i in. 1975].

Z obliczeń statystycznych zaleźności wynika, że zawartość Cu rozpuszczalnej była istotnie skorelowana z ilością części spławialnych ($\varnothing < 0,02$ mm), C-organicznego, Cu ogółem oraz z zawartością form rozpuszczalnych Pb i Cd (tab. 4).

Przeciętna zawartość rozpuszczalnego ołowiu w badanych madach wynosiła 2,4 mg/kg, przy wahaniami od 0,6 do 4,9 mg/kg. Ilość ołowiu rozpuszczalnego w większości analizowanych próbek mad z doliny Wisły wynosiła od poniżej 2 do 3 mg/kg, a w madach Żuław od 2 do 5 mg/kg (rys. 2). W poziomach akumulacyjnych stwierdzono więcej Pb rozpuszczalnego, podobnie jak Pb ogółem [Czarnowska i Bontruk 1995a; Czarnowska i in. 1995b] niż w poziomach głębszych (tab. 1–3).

Ilość ołowiu rozpuszczalnego wyrażona w procentach całkowitej jego zawartości wynosiła średnio 17,1%, z tym że w madach doliny Wisły dochodziła do 20%, a w madach z Żuław tylko do 11,1%. Ołów w madach ciężkich Żuław jest przy odczynie zbliżonym do obojętnego silnie związany z fazą stałą gleby i w niewielkim stopniu przechodzi do słabego kwasu solnego. Uzyskano istotną korelację między Pb rozpuszczalnym a ilością C-organicznego i kadmu rozpuszczalnego (tab. 4).

Zawartość formy rozpuszczalnej kadmu w badanych madach mieściła się w granicach 0,01–0,88 mg/kg. W madach doliny Wisły najczęściej te ilości wynosiły poniżej 0,2 mg/kg, a w madach Żuław wahały się od 0,3 do 0,5 mg/kg (tab. 1–3, rys. 2). Średnia ilość rozpuszczalnego Cd w madach brunatnych wynosiła 0,18 mg/kg, w madach właściwych 0,25 mg/kg, a w madach Żuław 0,44 mg/kg. Rozmieszczenie tej formy kadmu w profilu mad doliny Wisły było nierównomierne, zaś w poziomach wierzchnich mad Żuław stwierdzono więcej rozpuszczalnego Cd niż w poziomach głębszych.



RYSUNEK 2. Częstość występowania rozpuszczalnych form Mn, Zn, Cu, Pb i Cd w glebach aluwialnych doliny Wisły i Żuław
 FIGURE 2. Frequency of soluble forms occurrence of Mn, Zn, Cu, Pb and Cd in alluvial soils in Vistula valley and Żuław area

TABELA 4. Współczynniki korelacji (r) między ilością rozpuszczalnych metali ciężkich a wybranymi właściwościami mad
 TABLE 4. Coefficients of correlation (r) between content of soluble heavy metals and chosen properties of alluvial soils

Zmienne Variable	Formy rozpuszczalne – soluble forms				
	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd
Ø<0,02 mm	0,084	0,104	0,664**	0,185	0,184
pH _{KCl}	-0,112	0,097	0,007	-0,005	0,096
C-org.	0,368**	0,397**	0,616**	0,491**	0,442**
Ogółem – total					
Zn	–	0,744**	–	–	–
Cu	–	–	0,590**	–	–
Pb	–	–	–	0,242**	–
Cd	–	–	–	–	0,884**

Udział formy rozpuszczalnej kadmu w formie ogółem tego pierwiastka wynosił średnio 26,8% i był znacznie większy niż ołowiu i cynku. Ilość Cd rozpuszczalnego koreluje dodatnio z ilością Cd ogółem i C-organicznym (tab. 4).

DYSKUSJA

Gleby aluwialne doliny Wisły i Żuław, w porównaniu z różnymi typami gleb wytworzonych z gliny zwałowej, zawierały duże ilości form rozpuszczalnych cynku i miedzi, natomiast ilość Mn aktywnego była zbliżona do ilości tego pierwiastka w glebach powstałych z glin zwałowych [Gworek 1986]. W badanych madach stwierdzono znaczną naturalną zawartość rozpuszczalnej formy ołowiu i kadmu. Wahania zawartości rozpuszczalnych form metali ciężkich w omawianych madach wynosiły odpowiednio w mg/kg: Mn – 1,0–100; Zn – 0,6–29,5; Cu – 0,4–8,8; Pb – 0,6–4,9; Cd – 0,01–0,88.

Na podstawie procentowego udziału rozpuszczalnych form w ogólnej zawartości rozpatrywanych pierwiastków badane metale można uszeregować następująco: Cu>Cd>Pb>Zn>Mn. Średni udział rozpuszczalnych form wynosi odpowiednio: 35,7; 26,8; 17,1; 16,3 i 8,6%. Stopień rozpuszczalności manganu aktywnego w madach jest niewielki ze względu na odczyn tych gleb od lekko kwaśnego do obojętnego, a tylko w kilku profilach poziomy akumulacyjne wykazują odczyn kwaśny. Adamus i in. [1966] przeprowadzili obszerne badania dotyczące zawartości Mn aktywnego w próbkach gleb ornych o zróżnicowanym odczynie (pH 3,8–7,6). Uzyskane przez nich wyniki dowodzą, że ze wzrostem pH gleb obniża się bardzo wyraźnie zawartość manganu aktywnego (średnio z 72 do 27 mg/kg).

W przedstawianych badaniach nie stwierdzono zależności między zawartością Mn aktywnego, podobnie jak zależności między ilością rozpuszczalnych form Zn, Cu, Pb i Cd a wartością pH. Natomiast Adamus i in. [1966], Czuba, Zaniuk [1968] i Gworek [1986] wykazali ujemną niską korelację między zawartością manganu aktywnego a pH gleby.

Ocena uwarunkowań występowania form rozpuszczalnych metali ciężkich w badanych madach wskazuje, że na ogół ilość tych form koreluje z zawartością C-organicznego, przy czym największa korelacja zachodzi w przypadku miedzi

($r = 0,616$), a dla pozostałych metali współczynnik korelacji jest niski i waha się od 0,368 dla manganu aktywnego do 0,491 dla ołowiu rozpuszczalnego (tab. 4). Podobne współczynniki korelacji ($r = 0,55$) między ilością węgla organicznego a ilością rozpuszczalnej miedzi w madach uzyskali Czuba i Zaniuk [1968], zaś w różnych glebach uprawnych [Faber, Niezgodna 1986] w przypadku cynku r wynosi 0,656, a kadmu $r = 0,670$. Gworek [1986] dla manganu aktywnego stwierdziła, że $r = 0,557$. Ponadto w badanych madach zawartość rozpuszczalnych form cynku, miedzi i kadmu zależy od ilości ogółem tych pierwiastków (tab. 4).

Zdaniem Kabaty-Pendias [1968] zawartość rozpuszczalnych pierwiastków śladowych uwarunkowana jest przede wszystkim ogólną ich ilością w materiale glebowym; w poziomach powierzchniowych było tych metali na ogół więcej niż w poziomach głębszych. W przedstawianych badaniach stwierdzono również w poziomach akumulacyjnych mad doliny Wisły i Żuław więcej manganu aktywnego oraz form rozpuszczalnych cynku, miedzi i ołowiu. Większą ilość kadmu w tych poziomach odnotowano tylko w madach Żuław.

WNIOSKI

1. W glebach aluwialnych doliny Wisły i Żuław średnia zawartość metali ciężkich tworzy następujący szereg: $Mn > Zn > Cu > Pb > Cd$ i wynosi odpowiednio w mg/kg: 30,0; 7,6; 3,9; 2,4; 0,29.
2. Pod względem średniego udziału formy rozpuszczalne rozpatrywanych metali ciężkich w ich ogólnej ilości można uszeregować następująco: $Cu > Cd > Pb > Zn > Mn$, a zawartość tych form wynosi odpowiednio: 35,7; 26,8; 17,1; 16,3 i 8,6%.
3. Stwierdzono dodatnią korelację między ogólną zawartością Zn, Cu i Cd a ich formami rozpuszczalnymi w 0,1 M HCl.
4. Mady Żuław zawierają więcej rozpuszczalnych form ołowiu i kadmu niż mady doliny Wisły.
5. W glebach aluwialnych doliny Wisły i Żuław znajduje się dużo rozpuszczalnych form cynku i miedzi (trzecia klasa zasobności). Ze względu na ilość Mn aktywnego w wierzchniej warstwie badanych mad można je zaszeregować do pierwszej klasy zasobności (poniżej 40 mg/kg) lub do trzeciej klasy zasobności (powyżej 51 mg/kg).

LITERATURA

- ADAMUS M., BORATYŃSKI K., KARDASZ T., 1966: Przydatność metody siarczynowej i hydrochinonowej oznaczania manganu aktywnego w glebie do oceny zasobności gleb w mangan. *Rocz. Glebozn.* 16, 1: 85–92.
- CZARNOWSKA K., BONTRUK H., 1995a: Zawartość metali ciężkich w glebach aluwialnych Żuław. *Rocz. Glebozn.* 46, 1/2: 65–77.
- CZARNOWSKA K., BRODA D., CHOJNICKI J., TUREMKA E., 1995b: Metale ciężkie w glebach aluwialnych doliny Wisły. *Rocz. Glebozn.* 46, 3/4: 5–18.
- CZARNOWSKA K., TUREMKA E. 1997: Zawartość kadmu w glebach aluwialnych doliny Wisły i Żuław. *Rocz. Glebozn.* 48, 1/2: 31–38.
- CZUBA R., ZANIUK A., 1968: Badania nad rozmieszczeniem przyswajalnych składników w profilach. *Rocz. Glebozn.* 19, 2: 249–266.
- FABER A., NIEZGODA J., 1982: Zanieczyszczenie gleb uprawnych w pobliżu huty cynku i ołowiu. Cz. I. Gleby. *Rocz. Glebozn.* 33, 1/2: 93–107.

- GWOREK B. 1986: Zawartość rozpuszczalnych pierwiastków śladowych w glebach wytworzonych z glin zwałowych. *Rocz. Glebozn.* 37, 1: 79–90.
- KABATA-PENDIAS A., 1968: Pierwiastki śladowe w niektórych glebach wytworzonych z piasków Płaskowyżu Kolbuszewskiego. *Pam. Puł.* 34: 167–183.
- REJMAN B., KOCIAŁKOWSKI Z., MICHAŁEK K., 1975: Available and exchangeable microelements in Żuławy alluvial soils. *Pol. J. Sci.* 8: 27–35.

K. Czarnowska, W. Szymanowska-Sieńczewska

THE SOLUBLE FORMS OF Mn, Zn, Cu, Pb AND Cd CONTENT IN ALLUVIAL SOILS OF VISTULA VALLEY AND ŻUŁAWY AREA

Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University

SUMMARY

In this paper the results of determination soluble forms in 0,1 M HCl of Zn, Cu, Pb, Cd and active Mn according to Schachtschabel method in 88 soil samples from 22 profiles are presented. The total content of the elements was determined earlierly [Czarnowska, Bontruk 1995a, Czarnowska et al. 1995b, Czarnowska, Turemka 1997]. The soils of Vistula valley and Żuławy indicated differentiate content of heavy metals soluble in 0,1 M HCl. It results mainly from the total content of them because the positive correlation between total content of Zn, Cu, Cd and their soluble forms content (Tables 1–4, fig. 2) was stated. The range of fluctuations of the soluble forms of heavy metals content was as follows in mg/kg: Mn – 1–100, Zn – 0.6–29.5, Cu – 0.4–8.8, Pb – 0.6–4.9, Cd – 0.01–0.88. Investigated soils contain the high amount of soluble forms of Zn, Cu (third class of abundance). The content of active Mn in the surface horizons of investigated soils allows to classify them to the first class (< 40 mg/kg) or to the third class of the abundance (> 51 mg/kg). Alluvial soils of Żuławy contain more soluble forms of Pb and Cd than alluvial soils of Vistula valley.

Praca wpłynęła do redakcji w listopadzie 1998 r.

Prof. dr hab. Krystyna Czarnowska
Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie
02-528 Warszawa, Rakowiecka 26/30