

ZAWARTOŚĆ MIEDZI, CYNKU, MANGANU I ŻELAZA W GLEBACH SADÓW JABŁONIOWYCH W 27. I 30. ROKU ICH UŻYTKOWANIA

Mirosław Kobierski

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

Streszczenie. Ocena wpływu wieloletniego użytkowania sadowniczego na całkowitą zawartość Cu, Zn, Mn i Fe w glebie oraz zawartość tych metali ekstrahowanych DTPA była celem niniejszych badań. Do badań wytypowano 3 sady jabłoniowe założone na glebach brunatnych wytworzonych z gliny zwałowej w regionie Doliny Brdy. Poziomy próchniczne badanych gleb charakteryzowały się znacznie wyższą całkowitą zawartością Cu i Zn w porównaniu do koncentracji tych metali w skale macierzystej. Udział miedzi ekstrahowanej roztworem DTPA w stosunku do jej całkowitej zawartości był wysoki i dochodził w poziomie próchnicznym do 24,6%. Stwierdzono istotną dodatnią korelację między całkowitą zawartością Cu i Zn oraz zawartością tych metali ekstrahowanych DTPA a zawartością węgla organicznego. Kwaśny odczyn w poziomach próchnicznych badanych gleb miał istotny wpływ na wzrost zawartości Cu, Mn i Fe ekstrahowanych DTPA, co potwierdziły dodatnie, statystycznie istotne współczynniki korelacji między tymi parametrami. Stwierdzone zawartości Cu, Zn, Mn oraz Fe nie przekroczyły dopuszczalnych norm przyjętych dla gleb nie zanieczyszczonych tymi metalami.

Słowa kluczowe: mikroelementy, gleby w sadach

WSTĘP

W wyniku niezbilansowanego nawożenia oraz wieloletniego stosowania środków ochrony roślin dochodzić może do akumulacji metali ciężkich w poziomach powierzchniowych gleb [Shumann i Hargrove 1985, Alloway 1995].

Zawartość metali rozpuszczalnych w różnych roztworach informuje o ich występowaniu w formach ruchliwych a zatem łatwo przyswajalnych dla roślin. Dla potrzeb rolnictwa stosowane są różne roztwory ekstrakcyjne, z których najbardziej przydatne okazały się roztwory kompleksujące, EDTA lub DTPA [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Dlatego też korzystnym kryterium oceny ewentualnego zanieczyszczenia gleb

Adres do korespondencji – Corresponding author: Mirosław Kobierski, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz, tel. (52) 374 95 51

metalami ciężkimi jest określenie zawartości ich form rozpuszczalnych lub przyswajalnych dla roślin [Cieśla i in. 1994, Górlach i Gambuś 2000]. Nowsze badania wskazują, że kryteria oceny stopnia toksyczności powinny opierać się na wzajemnych zależnościach między glebą a rośliną, co pozwala zaobserwować biologiczny i chemiczny efekt ich szkodliwości [Spiak i in. 2000].

Znajomość naturalnej zawartości mikroelementów w skałach macierzystych gleb, przyjętej jako tło geochemiczne, konieczna jest do oceny stopnia zanieczyszczenia nimi wierzchnich poziomów gleb [Czarnowska i Gworek 1987, Czarnowska 1996].

W Polsce około 270 tys. ha to grunty użytkowane sadowniczo, co stanowi 0,9% powierzchni kraju i 1,4% ogólnej powierzchni użytków rolnych. W województwie kujawsko-pomorskim sady zajmują 11,1 tys. ha [Rocznik statystyczny rolnictwa 2001].

Celem niniejszej pracy była ocena wieloletniego użytkowania sadowniczego na zawartość Cu, Zn, Mn i Fe w glebie oraz określenie ich profilowej dystrybucji. Do badań wybrano sady jabłoniowe założone na glebach brunatnych powstałych z gliny bazalnej zlodowacenia bałtyckiego w mezoregionie Doliny Brdy.

MATERIAŁ I METODY

Próbki gleb do badań pobrano wiosną 2003 r. z odkrywek wykonanych w pasach herbicydowych trzech sadów jabłoniowych.

Sady zlokalizowane są na terenie województwa kujawsko-pomorskiego na trasie Bydgoszcz-Koronowo: profil I w okolicy miejscowości Wtelnio (sad 30-letni); profil II w okolicy miejscowości Tryszczyn (sad 27-letni); profil III w Gościeradzu (sad 30-letni).

Podstawowe właściwości gleb oznaczone zostały według następujących metod:

- uziarnienie metodą Casagrande'a w modyfikacji Pruszyńskiego;
- odczyn (w H₂O i KCl) metodą potencjometryczną;
- zawartość C-org. metodą Tiurina;
- zawartość węgla wapnia metodą Scheiblera.

Próbki glebowe w trzech jednorodnych powtórzeniach poddano mineralizacji w kwasach HClO₄ + HF, w celu określenia całkowitej zawartości metali, według metody Crocka i Seversona [1987]. Wykonano także mineralizację materiału certyfikowanego Till-3, w celu sprawdzenia poprawności analizy i dokładności pomiaru.

Zawartość metali przyswajalnych dla roślin oznaczono zgodnie z metodą Lindsaya i Norvella [1978] po ekstrakcji roztworem kwasu dwuetylenotrójamino-pieciooctowego C₁₄H₂₂N₃O₁₀ (DTPA).

Pomiary zawartości pierwiastków przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektroskopii atomowej (ASA), spektrometrem PHILIPS PU 9100X.

Ze stosunku zawartości pierwiastków w poziomach genetycznych w obrębie solum do ich średniej zawartości w skale macierzystej obliczono wskaźniki rozmieszczenia metali w profilu.

Do prawidłowej interpretacji wyników wykorzystano wskaźniki typologiczne obliczone ze stosunku zawartości żelaza koloidalnego i żelaza całkowitego w poziomach brunatnienia do ich zawartości w poziomach próchnicznych.

Do analizy statystycznej wyników wykorzystano program Statistica.

WYNIKI

Na podstawie morfologii i podstawowych właściwości fizykochemicznych zaliczono badane gleby do gleb brunatnych wylugowanych. Gleby charakteryzowały się uziarnieniem gliny lekkiej, gliny oraz gliny średniej (tab. 1)

Tabela 1. Skład granulometryczny i wybrane właściwości gleb
Table 1. Granulometric and selected properties of analyzed soils

Profil Profile Nr	Poziom Horizon	Głębokość Depth cm	Procentowa zawartość frakcji, mm Percentage of fraction, mm PN-R-04033			pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CaCO ₃ %	C-org. g·kg ⁻¹
			2,0-0,05	0,05-0,002	<0,002				
I	A	0-25	59	24	17	5,66	5,12	0,0	13,90
	B1br(t,fe)	25-43	58	23	19	5,94	4,89	0,0	3,55
	B2br(t,fe)	43-90	53	25	22	6,18	5,13	0,0	1,86
	C1ca	90-130	52	28	20	8,13	7,42	8,9	-
	C2ca	130-150	53	29	18	8,25	7,62	7,2	-
II	A	0-27	58	24	18	6,02	5,43	0,0	16,96
	B1br(t,fe)	27-45	55	25	20	6,33	5,18	0,0	2,26
	B2br(t,fe)	45-80	52	26	22	7,04	5,88	0,0	1,62
	C1ca	80-120	55	26	19	8,02	7,24	6,8	-
	C2ca	120-150	54	29	17	8,25	7,35	8,1	-
III	A	0-25	59	24	17	4,87	4,16	0,0	14,32
	B1br(t,fe)	25-42	55	26	19	6,01	4,77	0,0	2,32
	B2br(t,fe)	42-85	53	24	23	6,17	4,77	0,0	1,78
	C1	85-117	54	26	20	6,32	5,51	1,0	0,95
	C2	117-150	53	30	17	7,07	6,13	0,9	-

Na podstawie analizy składu granulometrycznego stwierdzono większy udział frakcji piasku w poziomach powierzchniowych oraz niewielkie wzbogacenie w il koloidalny poziomów brunatnienia, co potwierdza wartość wskaźnika typologicznego – większego od 1,0 (tab. 2).

Tabela 2. Wskaźniki typologiczne dla badanych gleb
Table 2. Typological factors of analyzed soils

Profil Profile Nr	Il koloidalny Clay fraction	Fe całkowite Fe total
Gleby brunatne Bbr(t,fe) Cambisols A		
I	1,20	1,59
II	1,17	1,29
II	1,23	1,40

Odczyn gleb był zróżnicowany od kwaśnego w poziomach próchnicznych do zasadowego w poziomach skały macierzystej, zasobnej w CaCO₃ w profilach I i II.

Zawartość węgla organicznego w poziomach próchnicznych była zbliżona i mieściła się w przedziale od 13,9 g·kg⁻¹ w profilu I do 16,96 g·kg⁻¹ w profilu II.

Całkowita zawartość Cu, Zn, Mn i Fe była do siebie zbliżona we wszystkich glebach. Najwyższą całkowitą zawartość miedzi stwierdzono w poziomach próchnicznych

wszystkich gleb (tab. 3). W przypadku cynku całkowitego najwyższą jego zawartość w profilach I i II stwierdzono w poziomach powierzchniowych. W profilu III najwyższą koncentrację tego metalu stwierdzono w poziomie B2br(t,fe).

Tabela 3. Zawartość całkowita metali w badanych glebach

Table 3. Total content of metals in analyzed soils

Profil Profile	Poziom Horizon	Cu		Zn		Mn		Fe	
		A*	B**	A	B	A	B	A	B
		mg·kg ⁻¹						%	
I	A	16,6	2,27	46,6	1,58	264,4	1,21	1,53	0,86
	B1br(t,fe)	10,5	1,44	38,5	1,31	214,7	0,98	2,52	1,42
	B2br(t,fe)	10,4	1,42	38,3	1,30	303,3	1,39	2,34	1,32
	C1ca	8,6		33,2		249,2		1,91	
	C2ca	6,0		25,7		186,7		1,64	
II	A	16,8	2,15	40,8	1,26	229,6	0,91	1,96	1,07
	B1br(t,fe)	11,7	1,50	37,8	1,16	277,1	1,10	2,43	1,33
	B2br(t,fe)	9,8	1,26	39,0	1,20	257,7	1,02	2,30	1,26
	C1ca	8,1		32,3		247,5		2,02	
	C2ca	7,5		32,6		256,5		1,64	
III	A	14,6	1,44	34,2	1,05	187,1	0,88	1,63	0,79
	B1br(t,fe)	10,3	1,01	32,7	1,00	294,5	1,39	2,11	1,03
	B2br(t,fe)	11,6	1,14	36,8	1,13	156,8	0,74	2,45	1,20
	C1	11,3		34,7		164,0		2,15	
	C2	9,0		30,2		259,7		1,93	

A* – całkowita zawartość pierwiastka, total content of metals

B** – wskaźnik rozmieszczenia obliczony ze stosunku zawartości pierwiastka w danym poziomie do jego średniej zawartości w skale macierzystej; index of distribution calculated from the content of metals in analyzed horizon to the average content of metals in parent material

Tabela 4. Zawartość metali ekstrahowanych DTPA w badanych glebach

Table 4. Content of DTPA extractable metals in analyzed soils

Profil Profile Nr	Poziom Horizon	Cu	Zn	Mn	Fe	CuDTPA	ZnDTPA	MnDTPA	FeDTPA
		DTPA	DTPA	DTPA	DTPA	Cu*	Zn*	Mn*	Fe*
		mg·kg ⁻¹				%			
I	A	3,4	5,4	15,1	50,1	20,48	11,59	5,71	0,33
	B1br(t,fe)	1,3	0,7	3,3	36,4	12,38	1,82	1,54	0,14
	B2br(t,fe)	0,9	0,5	10,7	16,0	8,65	1,30	3,53	0,07
	C1ca	0,5	0,6	2,9	7,7	5,81	1,81	1,16	0,04
	C2ca	0,5	0,6	1,3	5,7	8,33	2,33	0,69	0,03
II	A	3,5	2,6	9,7	31,0	20,83	6,37	4,22	0,16
	B1br(t,fe)	0,8	0,3	9,0	14,9	6,84	0,79	3,25	0,06
	B2br(t,fe)	0,6	0,4	5,8	14,7	6,12	1,02	2,25	0,06
	C1ca	0,4	0,2	2,6	7,5	4,94	0,62	1,05	0,04
	C2ca	0,4	0,4	1,7	6,7	5,33	1,23	0,66	0,04
III	A	3,6	2,4	29	46,5	24,65	7,02	15,4	0,28
	B1br(t,fe)	0,6	1,1	4,2	13,1	5,82	3,36	1,43	0,06
	B2br(t,fe)	0,6	0,3	1,0	12,8	5,17	0,81	0,64	0,05
	C1	0,7	0,4	3,3	11,0	6,19	1,15	2,01	0,05
	C2	0,7	0,4	6,0	9,6	7,77	1,32	2,31	0,05

*całkowita zawartość metali, total content of metals

Całkowita zawartość manganu i żelaza najwyższa była w poziomach brunatnienia. Zawartość Cu, Zn, Mn i Fe ekstrahowanych DTPA była zbliżona w poszczególnych glebach (tab. 4). Najwyższą ich koncentrację stwierdzono w poziomach próchnicznych.

Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono istotną dodatnią korelację między całkowitą zawartością Cu i Zn a ilością C-org. (odpowiednio $r = 0,907$, $r = 0,596$ przy $p < 0,05$). Zawartość miedzi, cynku, manganu i żelaza ekstrahowanych DTPA była również istotnie dodatnio skorelowana z zawartością C-org. (odpowiednio: $r = 0,987$, $r = 842$, $r = 745$, $r = 862$ przy $p < 0,05$).

Istotny wpływ na zawartość miedzi, manganu i żelaza ekstrahowanych DTPA miał odczyn badanych gleb. Potwierdzają to dodatnie, statystycznie istotne współczynniki korelacji między tymi parametrami (tab. 5).

Tabela 5. Współczynniki korelacji istotne przy $p < 0,05$ Table 5. Correlation coefficients significant at $p < 0.05$

Zmienna Variable	Cu	Zn	Fe	Cu DTPA	Zn DTPA	Mn DTPA	Fe DTPA	C-org	pH	Ił koloidalny Clay fraction
Cu	-	0,781		0,884				0,907		
Zn		-			0,626			0,596		
Fe			-							0,777
Cu DTPA				-				0,987	0,548	
Zn DTPA					-			0,842		
Mn DTPA						-		0,745	0,794	
Fe DTPA							-	0,862	0,592	
C-org.								-		
pH									-	
Ił koloidalny Clay fraction										-

Tabela 6. Zawartości metali w materiale certyfikowanym Till-3

Table 6. Content of metals in certified material Till-3

Metal Metal	Mineralizacja w HClO ₄ + HF Extraction in HClO ₄ + HF	Standaryzowana ekstrakcja w HNO ₃ + HCl Standardized extraction in HNO ₃ + HCl	Odzysk Recovery %
Cu, mg·kg ⁻¹	21,5	23,0	93,5
Zn, mg·kg ⁻¹	45,5	43,0	105,8
Mn, mg·kg ⁻¹	332,9	310,0	107,4
Fe, %	2,15	2,00	107,5

Stwierdzono istotną dodatnią korelację między całkowitą zawartością Fe a ilością iłu koloidalnego ($r = 0,777$ przy $p < 0,05$). Obliczone współczynniki korelacji opisują także istotną dodatnią korelację między koncentracją Cu i Zn ekstrahowanych DTPA a ich całkowitą zawartością (tab. 5). Nie stwierdzono takiej zależności dla Mn i Fe.

Na poziomie istotności $p < 0,05$ zaobserwowano istotną dodatnią korelację między całkowitą zawartością miedzi a cynku.

Wykonano mineralizację materiału certyfikowanego Till-3, o znanej całkowitej zawartości Cu, Zn, Mn i Fe (tab. 6). Błąd wynikający z porównania wyników analizy nie przekroczył 8%.

DYSKUSJA

Wieloletnie użytkowanie sadownicze powoduje szereg zmian we właściwościach fizycznych, ale przede wszystkim chemicznych gleb.

Ugór herbicydowy i niezbilansowane nawożenie NPK oraz wieloletnie stosowanie środków ochrony może powodować wzrost całkowitej zawartości metali ciężkich w poziomach próchnicznych gleb w sadach, przy jednoczesnym spadku zawartości próchnicy glebowej i wzroście zakwaszenia [Bielińska i in. 1995, Domżał i in. 1995].

Całkowita zawartość Cu, Zn, Mn i Fe w skale macierzystej badanych gleb zbliżona była do tej, jaką przyjęto dla tła geochemicznego gleb, powstałych z glin zwałowych północnej i środkowej Polski [Czarnowska 1996, Terelak i in. 1998].

W poziomach próchnicznych badanych gleb stwierdzono nieco wyższą całkowitą zawartość miedzi w porównaniu z zawartością tego metalu, przyjętą za naturalną w glebach Pomorza i Kujaw [Piotrowska i Terelak 1997].

Stwierdzono akumulację miedzi i cynku w poziomach próchnicznych badanych gleb, co potwierdzają wyższe od 1 wartości wskaźnika rozmieszczenia tych metali w profilu. Potwierdza to tezę o antropogenicznym charakterze ich nagromadzenia [Kabata-Pendias 1993]. Tendencję do antropogenicznej akumulacji cynku w poziomach powierzchniowych stwierdzono także w uprawnych glebach brunatnych badanego regionu [Cieśla i in. 1994].

Wieloletnie stosowanie pestycydów, a zwłaszcza preparatów grzybobójczych, wpływa jednoznacznie na zwiększenie zawartości Cu i Zn w poziomach próchnicznych [Domżał i in. 1995].

Mobilność i bioprzyswajalność mikroelementów w glebie zależy nie tylko od formy ich występowania, ale także od odczynu gleby, substancji organicznej, potencjału oksydoredukcyjnego, zawartości wodorotlenków żelaza i manganu oraz interakcji z innymi pierwiastkami [Sims 1986, Livens 1991, Kabata-Pendias i Pendias 1999].

Wysoką zawartość miedzi ekstrahowanej DTPA oraz jej znaczący udział w całkowitej zawartości tego metalu w poziomach próchnicznych badanych gleb tłumaczyć należy wpływem kwaśnego odczynu i obecnością substancji organicznej. Potwierdzają to współczynniki korelacji między tymi parametrami.

Wiązanie miedzi i cynku przez próchnicę glebową zachodzi głównie przez adsorpcję oraz tworzenie chelatowych i kompleksowych połączeń o złożonych właściwościach [Gonet i in. 1986].

Skala macierzysta w profilu III, zawierała nieco wyższe zawartości miedzi przyswajalnej dla roślin w porównaniu do zawartości tego metalu w poziomie C w profilach I i II. Obecność CaCO_3 w tych poziomach powodowała wytrącanie miedzi w postaci form trudnodostępnych dla roślin [Gworek 1986, Kabata-Pendias i Pendias 1999].

Stwierdzona całkowita zawartość cynku w poziomach skały macierzystej oraz poziomach genetycznych w obrębie solum badanych gleb nie kwalifikuje ich do kategorii gleb zanieczyszczonych tym metalem [Kabata-Pendias i in. 1993].

Stosunek Zn ekstrahowanego DTPA do jego całkowitej zawartości w badanych glebach jest wyraźnie wyższy od tego, jaki stwierdzono w uprawnych glebach brunatnych Równiny Inowrocławskiej [Kobierski i Jaworska 2002].

Na podstawie analizy statystycznej nie stwierdzono w badanych glebach istotnej dodatniej zależności między całkowitą koncentracją miedzi i cynku oraz ich zawartości ekstrahowanych DTPA a zawartością iłu koloidalnego. Jedynie zawartość żelaza całkowitego była istotnie dodatnio skorelowana z jego zawartością.

Na całkowitą zawartość żelaza w glebach wpływa zasobność w ten pierwiastek skały macierzystej i rodzaj minerałów ilastych, a także przebieg procesu glebotwórczego, który decyduje o jego profilowej dystrybucji [Konecka-Betley 1968].

Profilowe rozmieszczenie żelaza całkowitego w badanych glebach tłumaczyć należy wpływem procesu glebotwórczego. Wskaźniki rozmieszczenia żelaza całkowitego w profilach badanych gleb najwyższe były w poziomach brunatnienia [Kabata-Pendias 1993].

Nagromadzenie żelaza całkowitego w poziomach Bbr(t,fe) było zapewne wynikiem wietrzenia glinokrzemianów i nagromadzenia tlenków żelaza *in situ*. Możliwe było także iluwalne nagromadzenie części żelaza w tych poziomach w wyniku wystąpienia inicjalnego procesu *lesivage*.

Całkowita zawartość żelaza i manganu w badanych glebach kształtowała się na poziomie przyjętym dla gleb nie zanieczyszczonych tymi metalami i zbliżona była do zawartości przyjętych dla tła geochemicznego gleb uprawnych, powstałych z glin zwałowych północnej i środkowej Polski [Czarnowska 1996, Terelak i in. 1998]. Całkowita zawartość manganu w poziomach genetycznych badanych gleb była zróżnicowana, ponieważ najwyższe zawartości tego metalu stwierdzono w poziomach brunatnienia. Na podstawie wskaźnika rozmieszczenia manganu w profilach można wnioskować o tendencji do jego pedogenicznej akumulacji [Kabata-Pendias 1993].

Występujące w poziomach próchnicznych żelazo i mangan mogą tworzyć kompleksowe połączenia z materią organiczną i w tej formie pozostawać dostępne dla roślin [Livens 1991]. Najwięcej żelaza i manganu ekstrahowanych DTPA stwierdzono w poziomach próchnicznych badanych gleb, co potwierdza chelatującą rolę materii organicznej względem tych metali.

Żelazo i mangan silnie reagują na zmianę odczynu, występują w glebie w formach o zmiennej rozpuszczalności i bioprzyswajalności [Schwertmann i Taylor 1977, Lindsay 1991]. Dlatego też w poziomach próchnicznych badanych gleb, charakteryzujących się kwaśnym odczynem, stwierdzono najwyższą zawartość przyswajalnego dla roślin żelaza i manganu. Podobne profilowe rozmieszczenie manganu stwierdziła Gworek [1986] w glebach brunatnych wytworzonych z glin zwałowych zlodowacenia bałtyckiego.

Znaczący udział miedzi, cynku, manganu i żelaza ekstrahowanych roztworem DTPA w całkowitej zawartości tych metali wskazuje, że w badanych glebach nie stwierdzono deficytu tych metali przyswajalnych dla roślin [Lindsay i Norvell 1987]. Stwierdzono

niewielkie nagromadzenie miedzi ekstrahowanej DTPA w poziomach powierzchniowych, jednakże nie była to ilość stanowiąca zagrożenie dla środowiska glebowego.

Porównując wyniki niniejszych badań z danymi przedstawionymi przez Kabatę-Pendias i in. [1993], stwierdzono że całkowita zawartość Cu, Zn, Mn oraz Fe w badanych glebach użytkowanych sadowniczo nie przekroczyła zawartości przyjętej za naturalną dla gleb niezanieczyszczonych tymi metalami [Dziennik Ustaw nr 165, poz. 1359].

Brak w regionie zakładów przemysłowych emitujących metale ciężkie, nie przyczynił się do wzrostu ich zawartości w glebie.

WNIOSKI

1. W poziomach próchnicznych badanych gleb stwierdzono wzrost całkowitej zawartości miedzi i cynku w porównaniu do ich zawartości w skale macierzystej.

2. Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono istotną dodatnią korelację między całkowitą zawartością Cu i Zn oraz zawartością Cu, Zn, Mn, i Fe ekstrahowanych DTPA a zawartością węgla organicznego. Decydujący wpływ na wzrost zawartości miedzi, manganu i żelaza dostępnych dla roślin miał odczyn gleb.

3. Na rozmieszczenie miedzi i cynku w profilach badanych gleb decydujący wpływ miały czynniki antropogeniczne, natomiast na profilową dystrybucję manganu i żelaza wpływ miał proces glebotwórczy.

4. Użytkowanie sadownicze badanych gleb przez okres około 30 lat nie przyczyniło się do ich zanieczyszczenia Cu, Zn, Mn i Fe. Zawartość metali przyswajalnych dla roślin nie stanowiła zagrożenia dla środowiska glebowego. Badane gleby mogą być przeznaczone pod wszystkie uprawy ogrodnicze i rolnicze zgodnie z zasadami racjonalnego ich użytkowania.

PIŚMIENNICTWO

- Alloway B. J., 1995. The origin of heavy metals in soils. (in) Alloway B. J. (ed.) Heavy metals in soils. Chapman & Hall, London, 38–57.
- Bielińska J., Lipecki J., Magierski J., 1998. Zawartość niektórych pierwiastków śladowych w glebie w sadzie jabłoniowym GD Felin koło Lublina. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 333, Serje naukowe 57, 179–182.
- Cieśla W., Dąbkowska-Naskręt H., Borowska K., Malczyk P., Długosz J., Jaworska H., Kędzia W., 1994. Pierwiastki śladowe w glebach wybranych obszarów Pomorza i Kujaw. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 414, 63–70.
- Crock J. G., Severson R., 1987. Four reference soil and rock samples for measuring element availability in the western energy regions. Geochemical Survey circular 841.
- Czarnowska K., 1996. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. Roczn. Glebozn. T. 47, Supl., 43–50.
- Czarnowska K., Gworek B., 1987. Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. Roczn. Glebozn. 38, 3, 41–57.

- Domżał H., Wójcikowska-Kapusta A., Pranagal J., 1995. Zawartość miedzi, cynku, ołowiu, i manganu w glebach w zależności od sposobu wieloletniego rolniczego użytkowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 414, 99–104.
- Dziennik Ustaw nr 165, (pozycja 1359), 2002. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.
- Gonet S. S., Szymura I., Wiśniewski W., 1986. Wpływ składu frakcyjnego próchnicy na sorpcję jonów miedzi i cynku. *Rocz. Glebozn.* 37, (1), 101–108.
- Gorlach E., Gambuś F., 2000. Potencjalne toksyczne pierwiastki śladowe w glebach (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 472, 275–296.
- Gworek B., 1986. Zawartość rozpuszczalnych pierwiastków śladowych w glebach wytworzonych z glin zwałowych. *Rocz. Glebozn.* 37, (1), 79–90.
- Kabata-Pendias A. 1993. Behavioural properties of trace metals in soil. *Appl. Geochem., Suppl.* 2, 3–9.
- Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa, IUNG Puławy, 7–10.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN Warszawa, s. 398.
- Kobierski M., Jaworska H., 2002. Cynk w uprawnych glebach brunatnych wykształconych z glin zwałowych na Równinie Inowrocławskiej. *Zesz. Nauk. PAN* 33, 109–116.
- Konecka-Betley K., 1968. Zagadnienia żelaza w procesie glebotwórczym. *Rocz. Glebozn.* 19, (1), 51–97.
- Lindsay W. L. 1991. Inorganic Equilibria Affecting Micronutrients in Soil [In:] Mortvedt (ed.) *Micronutrients in Agriculture*. SSSA Spec. Publ. Madison, WI.
- Lindsay W. L., Norvell W. A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 421–428.
- Livens F., 1991. Chemical Reactions of Metals with Humic Material. *Environmental Pollution* 70, 183–208.
- Piotrowska M., Terelak H., 1997. Metale ciężkie w glebach Pomorza i Kujaw na tle ich występowania w kraju. *Mat. Konf. Monitorowanie i ochrona gleb Pomorza i Kujaw. Przysiek/Toruń*, 6–19.
- Rocznik statystyczny rolnictwa 2001. GUS, Warszawa.
- Schwertmann U., Taylor R., 1977. Iron oxides [in:] Dixon J. B., Weed S. B., *Development in sedimentology*. Madison. Wisconsin, 145–180.
- Shumann L. M., Hargrove W. L., 1985. Effect of tillage on the distribution of manganese, copper, iron, and zinc in soil fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 1117–1121.
- Sims J. 1986. Soil pH effects on the distribution and plant availability of Mn, Cu, Zn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 367–373.
- Spiak Z., Romanowska M., Rodała J., 2000. Współzależność zawartości cynku w glebach i roślinach w warunkach polowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471, 145–152.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., 1998. Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Wielkopolski na tle ich występowania w glebach Kraju. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 460, 23–39.

COPPER, ZINC, MANGANESE AND IRON CONCENTRATIONS IN SOILS OF 27 AND 30-YEAR-OLD APPLE TREE ORCHARDS

Abstract: The aim of this study was to estimate the long-term effect of orcharding utilization on the total content of Cu, Zn, Mn, Fe and their available forms in soils. For the investigation three apples tree orchards planted on the Cambisols from the Brda Valley Region were selected. The content of Cu and Zn in the humus horizon was much higher than in parent material due to the anthropogenic pollution. In the analyzed soils it was observed that, total Cu and Zn content and DTPA-extractable Cu, Zn, Mn, Fe was statistically positively correlated with the content of organic carbon. The content of DTPA-extractable Cu to the total content of Cu was high and reached up to 24.6% at the humus horizon. It was stated, that available forms of copper, manganese and iron was statistically positively correlated with the acid reaction. The total content of Cu, Zn, Mn and Fe did not exceed acceptable concentrations for uncontaminated soils.

Key words: microelements, orchard soils

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 15.10.2004