

## ZAWARTOŚĆ FORM CAŁKOWITYCH I DOSTĘPNYCH DLA ROŚLIN MIKROELEMENTÓW W WYBRANYCH PODTYPECH CZARNYCH ZIEM KUJAWSKICH

*Halina Dąbkowska-Naskręt, Hanna Jaworska, Mirosław Kobierski*

Katedra Gleboznawstwa,  
Akademia Techniczno-Rolnicza im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy

### Wstęp

Rosnące zainteresowanie makro- i mikroelementami w środowisku przyrodniczym związane jest głównie z troską o odpowiednią jakość gleby i surowców roślinnych, które w dużej mierze decydują o zdrowiu ludzi i zwierząt [PIOTROWSKA, TERELAK 1997]. Badania zawartości mikroelementów prowadzono w zróżnicowanych typologicznie czarnych ziemiach zlokalizowanych na obszarze Równiny Inowrocławskiej, ukształtowanych w wyniku zlodowacenia bałtyckiego, fazy poznańskiej. Gleby Równiny Inowrocławskiej należą do gleb intensywnie użytkowanych rolniczo, stąd zawartość w nich różnych makro- i mikroelementów budzi powszechne zainteresowanie.

Celem podjętych badań było określenie zawartości i rozmieszczenia mikroelementów w profilach czarnych ziem zróżnicowanych typologicznie.

### Material i metody

Do badań wytypowano 4 profile czarnych ziem, które zaliczono do następujących podtypów: czarna ziemia właściwa (profil I), zbrunatniała (profil II), glejowa (profil III), wylugowana (profil IV).

W próbkach pobranych z każdego poziomu genetycznego wybranych profili oznaczono podstawowe właściwości fizykochemiczne metodami ogólnie przyjętymi w gleboznawstwie. Całkowite zawartości mikroelementów (Fe, Mn, Cu, Zn) oznaczono w roztworach uzyskanych na drodze niskotemperaturowej ekstrakcji gleby w mieszaninie kwasu fluorowodorowego (HF) i  $\text{HClO}_4$  [CROCK, SEVERSON 1987] oraz formy dostępne dla roślin, po ekstrakcji roztworem kwasu dwuetylenotrójaminopięciooctowego -  $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{N}_3\text{O}_{10}$  (DTPA) [wg LINDSAY'A, NORVELL'A 1978]. Pomiary zawartości form całkowitych Fe, Mn, Cu, Zn i ekstrahowanych w DTPA wykonano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) za pomocą spektrometru PU 9100 X.

## Wyniki i dyskusja

Badane gleby odznaczały się uziarnieniem odpowiadającym glinie lekkiej lub glinie lekkiej pyłastej w skale macierzystej oraz glinie lekkiej bądź średniej w pozostałych poziomach genetycznych. Odczyn gleb kształtował się w zakresie od pH 6,97 do pH 7,91 i wzrastał wraz z głębokością, co związane było z obecnością węglanów we wszystkich podtypach badanych czarnych ziem. Zawartość  $\text{CaCO}_3$  w poszczególnych profilach wynosiła od 0,2 do 23,4% i zazwyczaj wzrastała wraz z głębokością. Poziomy próchniczne odznaczały się znaczną zawartością C org., które wynosiły od 1,02 do 1,52%, a stosunek C : N wahał się w poziomach powierzchniowych w zakresie odpowiednio 8,0–12,0.

Zawartości Cu całkowitej kształtowały się w zakresie od 9,2 do 18,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby i były dość wyrównane w obrębie profili (tab. 1). Zawartości te były jednak wyższe od tej jaką przyjęto za średnią zawartość miedzi w glebach Pomorza i Kujaw [PIOTROWSKA, TERELAK 1997], ale nie przekraczały poziomu tzw. tła geochemicznego. Zawartości te nie stanowią więc zagrożenia dla środowiska glebowego i rozwoju roślin. W nie zanieczyszczonych glebach świata zawartość Cu waha się od 1 do 140  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby, natomiast w Polsce w zależności od typu i rodzaju gleby, przeważają zawartości Cu wahające się w granicach od 6,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w glebach bielicoziemnych do 53  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w niektórych czarnoziemach [PIOTROWSKA, TERELAK 1997]. Koncentracja Cu w profilach badanych gleb była istotnie skorelowana z zawartością ilu koloidalnego ( $r = 0,81$  dla przedziału ufności  $p < 0,05$ ). Podobną współzależność stwierdzili również inni badacze: KABATA-PENDIAS [1981], GWOREK [1985a, b], SKŁODOWSKI, SAPEK [1997].

Rozmieszczenie Zn w badanych profilach wykazywało pewne zróżnicowanie w poszczególnych podtypach, gdyż w czarnej ziemi właściwej było w granicach 57,4–73,4  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i tu jego zawartości były najwyższe oraz od 33,8 do 40,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w czarnej ziemi wylugowanej, gdzie osiągało wartości najniższe (tab. 1). Stwierdzone zawartości Zn w badanych czarnych ziemiach, wskazywały na podwyższoną koncentrację Zn ponad wartość tła geochemicznego w glinach zwałowych. Jednakże nie były to stężenia kwalifikujące je do kategorii gleb zanieczyszczonych [PIOTROWSKA, TERELAK 1997].

O pewnej koncentracji tego metalu w poziomach wierzchnich gleb świadczyły wskaźniki rozmieszczenia Zn. Przyjmowały one wartości  $>1$  dla wszystkich analizowanych profili w warstwach powierzchniowych oraz skale macierzystej (tab. 1).

Zatem przyjmując podział zaproponowany przez KABATĘ-PENDIAS [1993] w glebach Równiny Inowrocławskiej występuje zarówno Zn litogeniczny jak też antropogeniczny.

Zawartość manganu całkowitego nie wykazuje większego zróżnicowania zarówno w obrębie każdego profilu, jak i nie stwierdza się różnic pomiędzy badanymi profilami. Zawartość Mn waha się w zakresie od 209,8  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  do 387,6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i nie przekracza poziomu tła geochemicznego (tab. 1). Wyższe zawartości Mn całkowitego w poziomach skały macierzystej czarnych ziem związane były z procesem redukcji związków manganu oraz powstaniem wytrąceń żelazisto-manganowych [LINDSAY 1991]. Badane gleby w obrębie solum charakteryzują się wyrównaną zawartością Mn, nie wykazując większych różnic w zależności od typu gleby.

W badanych podtypach czarnych ziem nie zaobserwowano większych różnic w rozmieszczeniu żelaza całkowitego, a jego zawartość wahała się w granicach od 11,8 do 21,8 g·kg<sup>-1</sup>. W odniesieniu do Mn i Fe obliczone wskaźniki koncentracji tych metali przyjmują wartości < 1.

Zawartości Cu dostępnej dla roślin były w zakresie od 0,9 do 2,2 mg·kg<sup>-1</sup> i nie wykazywały dużego zróżnicowania w obrębie profili. Natomiast zawartości Zn ekstrahowane DTPA były bardziej zróżnicowane w obrębie podtypów czarnych ziem i kształtowały się w zakresie od 0,4 do 3,0 mg·kg<sup>-1</sup>, przyjmując najwyższe wartości w poziomach próchnicznych we wszystkich badanych profilach i znacznie niższe w poziomach skały macierzystej.

Tabela 1; Table 1

Całkowita zawartość pierwiastków śladowych i żelaza w glebach  
Total content of trace elements and total iron in soils

Profil Profile No.	Poziom Horizon	Głębokość Depth (cm)	Fe		Mn		Cu		Zn	
			A*	B**	A*	B**	A*	B**	A*	B**
			(g·kg <sup>-1</sup> )		(mg·kg <sup>-1</sup> )					
I	Ap	0-32	12,5	0,78	335,4	1,11	12,6	1,05	67,4	1,03
	Aa	32-56	13,9	0,86	304,2	1,01	12,4	1,04	57,4	0,88
	C1ca	56-81	15,1		260,4		11,6		65,3	
	C2cagg	81-115	16,3		316,9		12,5		56,7	
	C3cagg	115-150	16,8		325,0		11,6		73,4	
II	Ap	0-28	12,6	0,76	290,5	0,95	10,8	0,93	72,7	1,67
	A2	28-40	12,9	0,78	302,5	0,98	10,1	0,87	52,2	1,20
	AB	42-55	16,5	0,99	303,4	0,99	10,7	0,92	54,3	1,24
	Bbr(t,fe)	55-75	19,9	1,19	298,2	0,97	12,0	1,03	58,7	1,35
	C1ca	75-85	14,9		228,8		9,7		63,7	
	C2ca	85-125	18,7		352,9		13,0		38,6	
C3cagg	125-150	16,2		339,1		12,1		38,2		
III	Ap	0-28	11,8	0,69	252,2	0,76	14,2	1,25	45,4	1,16
	Aa	28-49	11,8	0,70	252,5	0,76	13,8	1,22	44,2	1,13
	C1cagg	49-78	12,8		225,0		9,2		32,5	
	C2cagg	78-88	21,2		387,6		12,1		47,2	
	G1ca	88-110	17,6		370,3		11,8		38,0	
	G2ca	110-150	16,0		350,7		12,0		38,7	
IV	Ap	0-26	13,4	0,78	308,0	1,06	12,3	0,77	40,0	1,05
	A2	26-42	12,3	0,72	307,9	1,06	10,7	0,67	33,8	0,89
	Bbr(t,fe)	42-60	21,8	1,27	340,6	1,17	10,2	0,64	39,5	1,04
	C1gg	60-105	17,6		209,8		13,8		36,6	
	C2cagg	105-145	16,7		371,3		18,0		37,9	

A\* – całkowita zawartość pierwiastków; total content of elements

B\*\* – wskaźnik koncentracji obliczony ze stosunku zawartości pierwiastka w danym poziomie do jego zawartości średniej w skałe macierzystej; distribution index calculated on the basis of ratio of the element in content given horizon to its medium content in parent rock

Cynk należy do najbardziej ruchliwych i bioprzyswajalnych metali w środowisku zasobnym w tlen [ADRIANO 1986]. W badanych glebach zawartość ekstrahowanego Zn w DTPA nie stanowi jednak zagrożenia dla środowiska glebowego i roślin. Obojętny i zasadowy odczyn badanych gleb wpływa na obniżenie ilości Zn przyswajalnego dla roślin [SIMS 1986]. Stosunek form Zn ekstrahowanych w DTPA do form całkowitych Zn w czarnych ziemiach waha się w granicach

1,0–6,8%, co wskazuje na niską mobilność, a tym samym bioprzyswajalność tego pierwiastka. Zawartość Mn ekstrahowanego w DTPA była zróżnicowana. Najniższymi zawartościami Mn przyswajalnego charakteryzowała się czarna ziemia wylugowana (2,5–8,1 mg·kg<sup>-1</sup>), natomiast najwyższe jego zawartości stwierdzono w czarnej ziemi zbrunatniałej (2,1–13,2 mg·kg<sup>-1</sup>) i glejowej (1,5–12,0 mg·kg<sup>-1</sup>). W warunkach nadmiernej uwilgotnienia i większej zawartości substancji organicznej, z którą Mn jest silnie skompleksowany, zachodzi redukcja związków manganu i wzrasta zawartość Mn<sup>2+</sup>. Jest to najważniejsza forma manganu w żywieniu roślin, jak i migracji w profilu glebowym, która przy wzroście potencjału oksydo-redukcyjnego ulega wytrąceniu w postaci konkrecji manganowych lub żelazisto-manganowych. We wszystkich profilach zaobserwowano wzbogacenie poziomów powierzchniowych w mangan przyswajalny.

Tabela 2; Table 2

Zawartość form pierwiastków śladowych i żelaza ekstrahowanych w DTPA w glebach (mg·kg<sup>-1</sup>, % całości)

The content of DTPA extractable trace elements and iron in soils (mg·kg<sup>-1</sup>, % total)

Profil Profile No.	Poziom Horizon	Głębokość Depth (cm)	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe*	Mn*	Cu*	Zn*
			(mg·kg <sup>-1</sup> )				(%)			
I	Ap	0–32	44,34	5,9	1,4	2,1	0,35	1,77	10,83	3,11
	Aa	32–56	19,9	5,9	1,9	1,5	0,14	1,95	15,26	2,61
	C1ca	56–81	20,0	3,0	1,2	1,0	0,13	1,14	10,34	1,53
	C2cagg	81–115	13,1	3,8	1,2	0,6	0,08	0,94	9,6	1,06
	C3cagg	115–150	18,8	4,0	1,1	0,7	0,11	1,22	9,48	0,95
II	Ap	0–28	20,9	10,7	1,4	1,4	0,17	3,66	12,96	1,92
	A2	28–40	22,5	13,2	1,1	1,6	0,17	4,38	10,89	3,06
	AB	42–55	14,9	4,0	0,8	0,7	0,09	1,32	7,75	1,29
	Bbr(t,fe)	55–75	15,56	5,4	1,4	0,9	0,08	1,81	11,67	1,53
	C1ca	75–85	10,5	2,1	0,9	0,8	0,07	0,91	9,28	1,25
	C2ca	85–125	10,0	2,2	1,2	0,7	0,05	0,62	9,23	1,81
	C3cagg	125–150	8,2	2,3	0,9	0,6	0,05	0,69	7,85	1,57
III	Ap	0–28	35,1	12,0	1,9	2,8	0,30	4,75	13,38	6,17
	Aa	28–49	31,9	10,8	1,5	3,0	0,26	4,26	10,87	6,78
	C1cagg	49–78	10,9	1,5	1,1	0,6	0,09	0,68	11,96	1,84
	C2cagg	78–88	10,9	2,1	1,4	0,5	0,05	0,55	11,57	1,05
	G1ca	88–110	9,9	3,3	1,2	0,4	0,06	0,89	10,17	1,05
	G2ca	110–150	12,4	3,4	1,1	0,7	0,08	0,98	9,17	1,81
IV	Ap	0–26	18,0	8,1	2,0	2,5	0,13	2,65	16,26	6,25
	A2	26–42	16,4	2,9	1,3	0,9	0,13	0,96	12,15	2,67
	Bbr(t,fe)	42–60	24,0	2,45	1,5	0,6	0,11	0,73	14,70	1,52
	C1gg	60–105	18,0	2,9	1,4	1,1	0,10	1,37	10,14	3,01
	C2cagg	105–145	10,2	4,2	2,2	0,9	0,06	1,13	12,22	2,37

\* – całkowita zawartość pierwiastków; total content of elements

Zawartości żelaza przyswajalnego są znacznie zróżnicowane w poszczególnych podtypach badanych czarnych ziem i mieszczą w zakresie od 10,2–24,0 mg·kg<sup>-1</sup> w czarnej ziemi wylugowanej, od 8,2 do 22,5 mg·kg<sup>-1</sup> w czarnej ziemi zbrunatniałej, od 9,9 do 35,1 mg·kg<sup>-1</sup> w czarnej ziemi glejowej oraz od 13,1 do 44,3 mg·kg<sup>-1</sup> w czarnej ziemi właściwej. Wyraźne wzbogacenie w tę formę żelaza stwierdzono w poziomach próchnicznych badanych gleb. Generalnie zawartości

przyswajalnych form mikrośladników (Cu, Zn, Mn, Fe), są powyżej zakresu określonego jako deficytowy dla poszczególnych składników [LINDSAY, NORVELL 1978]. Zawartość form Zn, Fe, Mn ekstrahowanych w DTPA była wysoko istotnie skorelowana z zawartością węgla organicznego (Zn - r = 0,80; Fe - r = 0,63; Mn - r = 0,63; przy p < 0,05), natomiast zawartość Cu ekstrahowana w DTPA była nieistotnie skorelowana z C organicznym r = 0,31).

Zawartości mikroelementów w badanych czarnych ziemiach Równiny Inowrocławskiej niewiele odbiegają od wartości średnich dla gleb Polski użytkowanych rolniczo [KABATA-PENDIAS 1999; TERELAK i in. 2000].

### Wnioski

1. Całkowite zawartości Cu, Mn, Fe w badanych czarnych ziemiach pozwalają na zaliczenie ich do gleb nie zanieczyszczonych tymi mikrośladnikami.
2. Stwierdzone zawartości Zn w badanych czarnych ziemiach, wskazują na podwyższoną koncentrację Zn ponad wartość tła geochemicznego w glinach zwałowych. Jednakże nie są to stężenia kwalifikujące je do kategorii gleb zanieczyszczonych tym pierwiastkiem.
3. Zawartość form mikroelementów ekstrahowanych w DTPA wskazuje na ich niską mobilność.
4. Zawartości Zn, Fe, Mn ekstrahowane w DTPA są istotnie dodatnio skorelowane z zawartością węgla organicznego.

### Literatura

- ADRIANO D.C. 1986. *Trace elements in the terrestrial environments*. Springer – Verlag, New York.
- 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.
- GWOREK B. 1985a. *Pierwiastki śladowe (Mn, Zn, Cr, Cu, Ni, Co, Pb i Cd) w glebach uprawnych wytworzonych z glin zwałowych i utworów pyłowych północno-wschodniego regionu Polski*. Cz. II. *Ogólna zawartość pierwiastków śladowych w glebach wytworzonych z glin zwałowych*. Roczn. Glebozn. 36(2): 33–59.
- GWOREK B. 1985b. *Pierwiastki śladowe w glebach wytworzonych z utworów pyłowych północno-wschodniego regionu Polski*. Roczn. Glebozn. 36(3): 41–50.
- KABATA-PENDIAS A. 1981. *Zawartość metali ciężkich w glebach uprawnych Polski*. Pam. Puławski 74: 101–111.
- KABATA-PENDIAS A. 1993. *Behavioural properties of trace metals in soil*. Appl. Geochem., Suppl. 2: 3–9.
- KABATA-PENDIAS A. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. II PWN, Warszawa: 369 ss.

- LINDSAY W.L., NORVELL W.A. 1978. *Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, copper*. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 421–428.
- LINDSAY W.L. 1991. *Inorganic Equilibria Affecting Micronutrients in Soil*. w: Mortvedt (ed.) *Micronutrients in Agriculture*. SSSA Spec. Publ. Madison, WI.
- MORTVEDT J.J. 1991. *Micronutrients in Agriculture*. SSSA Spec. Publ. 4. Madison, WI.
- PIOTROWSKA M., TERELAK H. 1997. *Metale ciężkie w glebach i płodach rolnych Pomorza i Kujaw na tle ich występowania w kraju*. Mat. konf. pt. „Monitorowanie i ochrona gleb Pomorza i Kujaw” Przysiek k/Torunia: 6–19.
- SIMS J. 1986. *Soil pH effects on the distribution and plant availability of Mn, Cu, Zn*. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 367–373.
- SKŁODOWSKI P., SAPEK A. 1977. *Rozmieszczenie Fe, Zn, Mn, Ni, Pb i Cd w profilach czarnoziemów leśno-stepowych*. Roczn. Glebozn. 28(1): 71–84.
- TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T., PIETRUCH C. 2000. *Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

**Słowa kluczowe:** gleba, formy całkowite, formy przyswajalne, mikroelementy

### Streszczenie

Materiał badawczy stanowiły intensywnie użytkowane rolniczo czarne ziemie zlokalizowane na obszarze Równiny Inowrocławskiej. Celem podjętych badań było określenie zawartości i rozmieszczenia mikroelementów w profilach czarnych ziem zróżnicowanych typologicznie (czarna ziemia właściwa, zbrunatniała, glejowa, wylugowana). Oznaczono podstawowe właściwości fizykochemiczne metodami ogólnie przyjętymi w gleboznawstwie oraz całkowite zawartości mikroelementów (Fe, Mn, Cu, Zn) w roztworach po dygestii gleby w mieszaninie kwasu fluorowodorowego (HF) i  $\text{HClO}_4$  i formy dostępne dla roślin, po ekstrakcji w kwasie dwuetylenotrójaminopięciocentowego (DTPA). Zawartości Cu całkowitej (9,2–18,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) były dość wyrównane w obrębie profili i nie przekraczały poziomu tła geochemicznego.

Rozmieszczenie Zn w badanych profilach wykazuje zróżnicowanie w podtypach, gdyż w czarnej ziemi właściwej jest w granicach 56,7–73,4  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i tu jego zawartości są najwyższe oraz od 33,8 do 40,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w czarnej ziemi wylugowanej. Mn całkowity nie wykazuje większego zróżnicowania pomiędzy badanymi profilami, a jego zawartość waha się od 209,8 do 387,6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i nie przekracza poziomu tła geochemicznego. W badanych podtypach czarnych ziem nie obserwuje się większych zróżnicowań w rozmieszczeniu Fe całkowitego (11,8 do 21,8  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Dla określenia niedoborów dla roślin badanych mikroelementów, oznaczono formy przyswajalne. Zawartości Cu ekstrahowane w DTPA były w zakresie od 0,9 do 2,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i nie wykazywały zróżnicowania w profilach. Zawartości Zn ekstrahowane w DTPA były zróżnicowane w obrębie podtypów i kształtowały się w zakresie 0,4–3,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , przyjmując najwyższe wartości w poziomach próchni-

cznych i znacznie niższe w skale macierzystej. Najniższymi zawartościami Mn ekstrahowanymi w DTPA odznaczała się czarna ziemia wylugowana (2,5–8,1 mg·kg<sup>-1</sup>), a najwyższe jego zawartości stwierdzono w czarnej ziemi zbrunatniałej (2,1–13,2 mg·kg<sup>-1</sup>). We wszystkich profilach zaobserwowano wzbogacenie poziomów powierzchniowych w Mn przyswajalny. Zawartości Fe ekstrahowane w DTPA są zróżnicowane w podtypach badanych gleb (9,9 do 44,4 mg·kg<sup>-1</sup>). Wyrażne wzbogacenie w tę formę żelaza stwierdzono w poziomach próchnicznych badanych gleb.

## CONTENTS OF TOTAL AND PLANT AVAILABLE MICROELEMENT FORMS IN SELECTED ARABLE BLACK EARTHS TYPES OF KUJAWY REGION

*Halina Dąbkowska-Naskręt, Hanna Jaworska, Mirosław Kobierski*  
Department of Soil Science,  
University of Technology and Agriculture, Bydgoszcz

Key words: soil, total forms, plant available forms, microelements

### Summary

Total and diethylenetriamine pentaacetic acid (DTPA) – extractable forms of microelements (Fe, Cu, Mn, Zn) in the profiles of arable black earths from Kujawy region were studied.

Total contents of zinc ranged within 33.8 and 72.4 mg·kg<sup>-1</sup>, what is slightly above the geochemical background for these soils. Total concentrations of Cu, Mn and Fe were characteristic for non contaminated soils.

DTPA – extractable forms of metals were within the range above the deficit levels. The results showed that the differentiation in metal distribution in soil profiles is mainly caused by pedogenic processes. No anthropogenic metals (except Zn) was detected in analyzed black earths.

Dr hab. Halina **Dąbkowska-Naskręt**, prof. ATR  
Katedra Gleboznawstwa  
Akademia Techniczno-Rolnicza im. J.J. Śniadeckich  
ul. Bernardyńska 6  
85-029 BYDGOSZCZ  
e-mail: [gleb@atr.bydgoszcz.pl](mailto:gleb@atr.bydgoszcz.pl)