

PIOTR SKŁODOWSKI, HALINA ZARZYCKA

WPŁYW UŻYTKOWANIA GLEB NA ZAWARTOŚĆ I ROZMIESZCZENIE METALI CIĘŻKICH

Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów Instytutu Geodezji Gospodarczej, Politechnika
Warszawska

WSTĘP

Zabiegi uprawowe, takie jak: wapnowanie, głęboka uprawa roli, nawożenie mineralne i organiczne, wpływają na zmianę morfologii oraz właściwości fizycznych i chemicznych gleb. Tak więc postępująca intensyfikacja rolnictwa coraz bardziej przeobraża gleby uprawne, a tym samym odróżnia je od gleb leśnych, mimo takiej samej przynależności typologicznej [Skłodowski 1994].

Celem pracy było określenie wpływu rolniczego użytkowania gleb na zawartość i rozmieszczenie manganu, cynku, miedzi, ołowiu i kobaltu w profilach gleb brunatnych kwaśnych, wytworzonych z piaszczowców.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badaniami objęto 14 profili gleb brunatnych kwaśnych – 7 par gleb użytkowanych jako gleby orne lub leśne. Gleby te wytworzyły się z piaszczowców sylurskich, dewońskich, triasowych i jurajskich Regionu Świętokrzyskiego. W glebach leśnych wśród drzewostanów dominuje jodła, towarzyszą jej zwykle buk, sosna i dąb szypułkowy. Drzewostany te jeszcze obecnie mają w dużym stopniu naturalny skład gatunkowy [Szafranek 1989].

Analizowano próbki glebowe głównie z poziomów: ściółek leśnych, próchnicznych i brunatnienia. Gleby pobierano parami z miejsc leżących obok siebie. Każda analizowana para gleb znajdowała się pod wpływem identycznego klimatu, miała bardzo zbliżony układ stosunków wodnych, powstała z tej samej skały macierzystej o zbliżonym składzie granulometrycznym i w terenie o podobnej konfiguracji. Ten sposób doboru gleb: leśnych i ornich umożliwia analizę wpływu gospodarczej działalności człowieka, gdyż zasadniczym czynnikiem różniącym gleby w parze jest sposób ich użytkowania.

Skład granulometryczny gleb oznaczono metodą Boyoucosa według Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, pH w 1n KCl – metodą elektrometryczną, zawartość C ogółem – metodą Tiurina. Ilość pierwiastków śladowych Mn, Zn, Cu, Co i Pb oznaczano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej w roztworach otrzymanych w wyniku trawienia próbek glebowych kwasem nadchlorowym

[Sapek 1974]. Przed trawieniem wysuszone próbki glebowe rozcierano w moździerzach agatowych. W wyniku takiego postępowania oznacza się 80-100% całkowitej zawartości omawianych pierwiastków.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na podstawie uzyskanych wyników (tab. 1) gleby brunatne kwaśne wytworzone z piaskowców różnych formacji geologicznych można podzielić na:

a) gleby lekkie o składzie granulometrycznym piasków (profile 31, 32, 2, 3, 46 i 47);

b) gleby średnie o składzie granulometrycznym glin lekkich pylastych (profile 28, 29, 21, 30, 11, 60, 16 i 15).

Gleby wykazujące skład granulometryczny piasków wytworzyły się ze zwietrzelin piaskowców sylurskich i triasowych. Są to gleby słabo lub średnioszkieletowe, a występujący szkielek stanowią części nie zwietrzałego piaskowca. Zawartość części spławialnych w glebach piaszczystych nie jest wysoka i waha się od 6 do 19%, w tym ilu koloidalnego od 3 do 7%.

Innym składem granulometrycznym charakteryzują się zwietrzliny piaskowców dewońskich i jurajskich. Zawartość części szkieletowych w poziomach wierzchnich pozwala je określić jako słabo lub średnioszkieletowe. Szkielek stanowią głównie części kamieniste nie zwietrzałego piaskowca. Wierzchnie poziomy wykazują skład granulometryczny glin lekkich pylastych, przy występującym często silnym spiaszczeniu (do 45% frakcji piasku). Części spławialne stanowią ponad 20% części ziemistych.

Gleby wytworzone z piaskowców charakteryzują się odczynem kwaśnym w całym profilu, niezależnie od ich użytkowania (tab. 1). Wartość pH w 1n KCl w poziomach próchnicznych badanych gleb waha się w granicach od 3,6 do 4,7, a w poziomach brunatnienia od 3,9 do 5,7. Tak niskie wartości pH tych gleb wynikają z bardzo kwaśnego odczynu samych piaskowców.

Mangan. Wszystkie badane gleby niezależnie od rodzaju charakteryzują się nagromadzeniem manganu w poziomach ściółek i w poziomach próchnicznych w stosunku do jego zawartości w skałach macierzystych (tab. 1). Poziomy ściółek zawierają średnio 1430 mg/kg Mn, tj. 26 razy więcej niż skały macierzyste (tab. 2). Poziomy próchniczne wykazują około 9-krotne wzbogacenie w mangan. Zwiększona ilość manganu w poziomach 0 i A wynika z biologicznego obiegu składników mineralnych [Czarnowska, Gworek 1987; Gworek 1984; Kabata-Pendias, Pendias 1993; Maciejewska 1993; Skłodowski, Sapek 1977].

Poziomy brunatnienia tych gleb wykazują również wzbogacenie w mangan. Zawartość tego pierwiastka w poziomach Bbr jest średnio 6-krotnie wyższa niż w skałe macierzystej. Wzrost zawartości manganu w tych poziomach może być spowodowany zwiększeniem ilości związków żelaza, z którymi mangan jest wiązany [Kabata-Pendias, Pendias 1993]. Poziomy próchniczne gleb ornych zawierają nieco więcej manganu (średnio 685 mg/kg) niż poziomy A gleb leśnych (średnio 657 mg/kg) (tab. 3). Poziomy A użytków rolnych wykazują również wyraźne wzbogacenie w tlenki żelaza w stosunku do gleb leśnych [Skłodowski, Zarzycka 1995]. Można przypuszczać, że większe ilości manganu w tych poziomach wynikają ze zwiększonej zawartości tlenków żelaza, z którymi mangan jest wiązany.

Cynk. Gleby brunatne kwaśne charakteryzują się największą zawartością cynku w poziomach ściółek (tab. 1). Średnia zawartość cynku w poziomach 0 gleb brunatnych wynosi 137,5 mg/kg, co stanowi 12,9-krotny wzrost w porównaniu z ilością cynku w skałach macierzystych (tab. 2). Poziomy próchniczne zawierają średnio 35 mg Zn na kg, to jest około 2,8-krotnie więcej niż w skale macierzystej. Średni współczynnik wzbogacenia poziomów brunatnienia wynosi około 1,9. Generalnie stężenie cynku maleje w głąb profilu (tab. 1). Można zauważyć zależność między zawartością cynku a ilością części spławialnych.

Średnie zawartości cynku w poziomach A gleb ornych i gleb leśnych są bardzo zbliżone (tab. 3). Jednakże szczegółowa analiza wyników zamieszczonych w pracy Skłodowskiego i Zarzyckiej [1995] wskazuje, że wszystkie gleby, które charakteryzują się wysoką lub średnią zawartością dostępnych form fosforu, zawierają również więcej cynku.

Miedź. Najwięcej miedzi znajduje się w poziomach ściółek gleb leśnych. Średnia zawartość miedzi w poziomach 0 gleb brunatnych kwaśnych wynosi 11,4 mg/kg, co stanowi 7,1 razy więcej niż w skale macierzystej (tab. 2). Można przypuszczać, że nagromadzenie miedzi w poziomach ściółek nastąpiło w wyniku biologicznego obiegu składników mineralnych [Maciejewska 1993; Kabata-Pendias, Pendias 1993; Skłodowski i in. 1988]. Poziomy próchniczne charakteryzują się niższą zawartością miedzi niż poziomy ściółek.

Średnia zawartość miedzi w poziomach A gleb brunatnych kwaśnych wynosi 3,3 mg/kg. Poziomy brunatnienia wykazują około 1,5-krotne wzbogacenie w miedź w stosunku do skał macierzystych. Zawartość miedzi w badanych glebach zależy w znacznym stopniu od zawartości części koloidalnych. Poziomy A gleb leśnych są nieco uboższe w miedź niż poziomy A gleb ornych. Średnia zawartość miedzi w poziomach A gleb leśnych wynosi 2,9 mg/kg, a w glebach użytkowanych rolniczo – 3,7 mg/kg (tab. 3).

Poziomy brunatnienia gleb ornych i leśnych charakteryzują się zbliżoną zawartością miedzi – około 3,0 mg/kg (tab. 3).

Ołów. We wszystkich badanych glebach leśnych stwierdzono wyraźne nagromadzenie ołowiu w poziomach ściółek (tab. 1). Średnie ilości ołowiu w tych poziomach wynoszą 85,5 mg/kg przy średnich współczynnikach wzbogacenia 13,9 (tab. 2). Poziomy próchniczne również wykazują wyraźne wzbogacenie w ołów w porównaniu ze skałami macierzystymi. Średni współczynnik wzbogacenia w ołów dla poziomów A wynosi 4,2. W większości badanych gleb obserwuje się nagromadzenie ołowiu w poziomach brunatnienia (tab. 2). Średni współczynnik wzbogacenia tych poziomów w ołów wynosi 1,7. Poziomy genetyczne gleb leśnych zawierają więcej ołowiu niż odpowiadające im poziomy genetyczne gleb użytkowanych rolniczo (tab. 3). Poziomy A gleb leśnych zawierają średnio ołowiu 39,3 mg/kg, a poziomy próchniczne gleb ornych 17,8 mg/kg. Wzbogacenie w ołów warstw wierzchnich wskazuje na wpływ czynników antropogenicznych [Czarnowska 1977; Skłodowski, Sapek 1977].

Kobalt. Największą zawartością kobaltu charakteryzują się poziomy ściółek gleb leśnych (tab. 1). Poziomy 0 zawierają średnio 8,4 mg Co na 1 kg. Średnio współczynnik wzbogacenia tych poziomów wynosi 2,1. Wzbogacenie w kobalt wykazują również poziomy A i Bbr (tab. 2). Poziomy A gleb leśnych zawierają nieco więcej kobaltu od gleb ornych, chociaż współczynnik wzbogacenia jest wyższy dla poziomów A gleb użytkowanych rolniczo (tab. 3). Większa koncentracja kobaltu w poziomach A użytków rolnych może być związana ze zwięźszoną

TABELA 1. Ogólna zawartość metali ciężkich w glebach brunatnych kwaśnych wytworzonych z piaskowców
 TABLE 1. Total content of heavy metals in acid brown soils formed from sandstones

Nr profilu, Użytkowanie Profile No Soil use	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość pobrania próbki Depth [cm]	% części – particles [mm]		pH KCl	Cu	Mn	Zn	Pb	Co
			< 0,02	< 0,002						
			[mg/kg]							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31 Ls Sylur forest	0	0–1	–	–	4,90	13,20	2400,0	133,0	54,0	6,5
	A	1–6	11,5	6	4,10	4,30	2120,0	68,0	40,0	5,0
	Bbr	12–20	19,0	6	4,20	6,00	1740,0	33,0	19,0	4,5
	D	50–55	48,0	31	3,80	5,40	90,0	19,0	4,0	2,0
32 R Sylur arable	A	0–15	19,0	5	4,00	4,70	1100,0	31,0	21,0	5,0
	Bbr	20–35	18,0	6	4,20	3,30	540,0	19,0	9,0	3,5
	BbrC	40–55	14,0	7	4,20	3,00	200,0	9,0	6,0	3,0
	C	70–80	8,0	7	4,30	3,00	80,0	13,0	4,0	2,0
28 Ls Dewon forest	0	0–1			3,50	13,20	1290,0	110,0	175,0	8,0
	A	1–9	27,0	9	3,50	3,00	175,0	23,3	35,0	7,0
	Bbr	20–30	24,0	9	3,90	1,60	68,0	16,3	12,0	5,0
	Bbr	45–55	13,0	8	4,10	1,40	65,0	14,0	9,0	5,0
C	80–85	14,0	8	4,10	1,10	49,0	9,7	6,0	5,0	
29 R Dewon arable	A	0–15	24,0	5	4,00	3,20	470,0	25,0	11,0	2,5
	Bbr	25–40	23,0	5	4,20	2,40	200,0	19,0	6,0	2,0
	C	60–70	25,0	5	4,20	2,30	60,0	14,0	4,0	1,0
21 Ls Dewon forest	0	0–5			3,90	12,40	1320,0	103,5	8,0	8,0
	A	5–11	17,0	3	4,00	3,60	122,0	35,5	8,0	8,0
	ABbr	15–20	26,0	6	4,10	2,50	78,0	21,5	7,5	7,5
	Bbr	25–40	25,0	5	4,30	3,20	77,5	17,6	7,0	7,0
	Bbr	45–55	26,0	8	4,20	3,00	42,5	16,3	6,5	6,5
	C	70–80	38,0	24	4,20	3,10	20,5	17,5	6,5	6,5
30 R Dewon arable	A	5–15	30,0	7	4,00	3,80	900,0	36,0	2,5	2,5
	Bbr	28–35	34,0	13	4,20	3,40	950,0	21,0	2,0	2,0
	C	50–60	57,0	37	3,80	3,30	60,0	14,0	2,0	2,0

TABELA 1 cd. – TABLE 1 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11 Ls	0	0–2	–	–	4,40	10,50	2200,0	148,0	42,0	10,0
Trias	A	2–6	22,0	8	3,80	3,00	580,0	20,7	41,0	5,5
forest	ABbr	6–15	23,0	9	3,90	1,70	600,0	18,0	25,5	5,5
	Bbr	35–45	28,0	9	4,10	3,20	740,0	21,4	12,0	5,0
	C	70–80	23,0	16	4,00	2,40	180,0	18,0	11,0	5,0
60 R	A	5–20	23,0	4	4,90	4,00	360,0	31,0	12,0	5,5
Trias	Bbr	28–40	30,0	10	5,70	4,50	410,0	29,0	8,0	5,0
arable	C	75–90	34,0	20	4,20	2,50	100,0	10,0	4,0	5,0
2 Ls	0	0–3		13,2	5,10	13,20	695,0	220,0	40,0	15,0
Trias	A	3–8	14,0	1,7	4,00	1,70	92,5	11,0	20,0	1,0
forest	Bbr	20–30	14,0	1,9	4,00	1,90	106,0	8,6	9,0	1,0
	Bbr	40–45	11,0	1,2	4,30	1,20	58,0	6,6	8,5	1,0
	C	85–95	11,0	1,2	4,40	1,20	15,0	6,5	8,0	3,5
3 R	A	5–15	13,0	2,2	4,30	2,20	92,0	16,0	14,0	5,0
Trias	Bbr	20–30	12,0	2,5	4,30	2,50	102,5	6,8	9,0	3,0
arable	C	85–95	11,0	1,3	4,50	1,30	8,5	4,7	9,0	3,0
46 Ls	0	0–3			4,90	8,80	1570,0	123,0	80,5	5,5
Trias	A	3–8	11,0	8	4,70	1,30	505,0	32,0	21,5	4,5
forest	Bbr	30–40	10,0	4	5,00	2,00	860,0	31,0	5,5	4,0
	C	65–75	6,0	3	4,50	1,00	200,0	23,0	3,5	3,5
47 R	A	0–20	15,0	2,9	4,70	2,90	900,0	43,0	21,0	4,5
Trias	Bbr	45–55	7,0	2,3	5,10	2,30	365,0	23,0	10,0	3,5
arable	C	80–100	11,0	2,0	4,50	2,00	265,0	20,0	9,5	3,5
16 Ls	0	0–4			4,30	10,10	1250,0	166,5	100,0	10,0
Jura	A	4–8	22,0	9	4,40	2,60	1100,0	33,0	27,5	9,0
forest	ABbr	8–15	22,0	7	4,50	2,30	800,0	34,0	17,5	8,5
	Bbr	25–35	17,0	5	4,50	2,20	556,0	25,1	10,5	7,0
	Bbr	40–50	12,0	3	4,60	1,20	100,0	8,4	10,0	7,0
	C	60–70	8,0	1	4,70	1,00	51,0	7,1	8,0	6,0
15 R	A	5–20	28,0	6	4,30	4,60	960,0	38,2	23,0	12,0
Jura	Bbr	25–35	26,0	6	4,40	2,60	281,0	31,3	10,0	11,0
arable	BbrC	45–55	27,0	8	4,40	2,20	87,0	15,0	10,0	10,0
	C	90–100	31,0	10	4,60	2,00	51,0	12,1	10,0	9,0

TABELA 2. Średnie zawartości metali ciężkich i średnie współczynniki wzbogacenia (a) gleb brunatnych kwaśnych

TABLE 2. The average content of heavy metals and enrichment coefficients (a) in acid brown soils

Metale ciężkie Heavy metals	Poziomy genetyczne – Genetic horizons					
	O		A		Bbr	
	[mg/kg]	a	[mg/kg]	a	[mg/kg]	a
Mn	1430,6	26,4	670,7	8,9	481,0	6,4
Zn	137,5	12,9	35,6	2,8	23,7	1,9
Cu	11,4	7,1	3,3	1,5	3,0	1,5
Pb	85,5	13,9	28,6	4,2	11,7	1,7
Co	8,4	2,1	5,3	1,4	4,4	1,2

a – współczynnik wzbogacenia: stosunek zawartości metali w poziomie genetycznym (O, A, Bbr) do zawartości w skale macierzystej – enrichment coefficient in relation to parent rocks.

zawartością tlenków żelaza i manganu, które sorbują kobalt [Kabata-Pendias, Pendias 1993; Skłodowski i in. 1988].

TABELA 3. Średnie zawartości metali ciężkich i średnie współczynniki wzbogacenia (a) dla gleb różnie użytkowanych

TABLE 3. The average content of heavy metals and enrichment coefficients (a) in different used soils

Metale ciężkie Heavy metals	Poziomy genetyczne – Genetic horizon									
	O		A				Bbr			
	rodzaj użytku – soil use									
	las – forest		las – forest		gleby orne arable		las – forest		gleby orne arable	
[mg/kg]	a	[mg/kg]	a	[mg/kg]	a	[mg/kg]	a	[mg/kg]	a	
Mn	1430,6	26,4	656,8	8,5	684,6	9,4	573,4	6,5	388,6	6,2
Zn	137,5	12,9	35,3	2,7	36,0	2,9	24,3	1,9	23,1	1,8
Cu	11,4	7,1	2,9	1,5	3,7	1,6	2,9	1,5	3,0	1,5
Pb	85,5	13,9	39,3	5,9	17,8	2,5	13,2	1,9	10,2	1,4
Co	8,4	2,1	5,5	1,3	5,2	1,6	4,7	1,1	4,2	1,3

a – współczynnik wzbogacenia: stosunek zawartości metali w poziomie genetycznym (O, A, Bbr) do zawartości w skale macierzystej – enrichment coefficient in relation to parent rocks.

DYSKUSJA

Akumulacja biologiczna jest ważnym, chociaż nie jedynym, czynnikiem wpływającym na nagromadzenie metali ciężkich w glebach w stosunku do ich zawartości w skałach macierzystych. Dotyczy to w szczególności takich pierwiastków, jak mangan, cynk, miedź i ołów, których nagromadzenie w poziomach ściółek jest wielokrotnie większe niż w skale macierzystej. Natomiast stężenie kobaltu w poziomach ściółek jest niewiele większe niż w skałach macierzystych. Wielu autorów [Czarnowska 1989; Dobrzański i in. 1970; Gliński 1968; Gworek 1984; Skłodowski i in. 1988] uważa, że proces kumulacji biologicznej oraz powstawanie kompleksowych związków próchniczno-mineralnych jest przyczyną wysokiej

zawartości metali ciężkich w poziomach próchnicznych. Akumulacja biologiczna odnosi się szczególnie do takich pierwiastków, jak mangan, cynk, miedź, których zawartość w popiele roślinnym jest zazwyczaj kilkakrotnie większa niż w glebie; stąd wynika możliwość ich nagromadzenia w poziomach ściółek i poziomach próchnicznych [Czarnowska 1977; Kabata-Pendias, Pendias 1993].

Analiza otrzymanych wyników wskazuje, że poza kumulacją biologiczną gospodarcza działalność człowieka, w tym również rolnicze użytkowanie gleb, może być przyczyną zwiększonej zawartości metali ciężkich w poziomach wierzchnich.

Stwierdzono bardzo duże nagromadzenie ołowiu zarówno w poziomach ściółek, jak i w poziomach próchnicznych. Ołów nie jest składnikiem niezbędnym do rozwoju roślin, a jego zawartość w popiele jest bardzo mała. Pierwiastek ten jest silnie sorbowany przez substancję organiczną, stąd duże jego ilości w poziomach ściółek [Schnitzer, Skinner 1967]. Można przypuszczać, że tak znaczne nagromadzenie ołowiu w poziomach ściółek mogło nastąpić tylko w wyniku opadu pyłów pochodzących z zakładów przemysłowych. Według Kabaty-Pendias, Pendias [1993], stężenie ołowiu w poszczególnych poziomach gleb jest związane w dużym stopniu z wpływem czynników antropogenicznych i z reguły bywa wyższe w stosunku do naturalnej jego zawartości. Nawet gleby leżące poza zasięgiem wpływu emisji przemysłowej i gazów spalinowych wykazują podwyższoną ilość ołowiu w poziomach wierzchnich.

Poziomy próchniczne gleb użytkowanych rolniczo zawierają większe ilości miedzi i manganu niż analogiczne poziomy gleb leśnych, mimo wyraźnie mniejszej zawartości substancji organicznej. Przypuszczalnie jest to spowodowane dodatkowym wprowadzaniem tych pierwiastków do gleb z nawozami, szczególnie fosforowymi. Wraz z nawozami fosforowymi mogą być wnoszone do gleby pewne ilości manganu i znaczne ilości miedzi [Kabata-Pendias, Pendias 1993]. Jednakże również gleby wykazujące brak dostępnego fosforu w poziomach próchnicznych charakteryzują się większą zawartością miedzi.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Gleby leśne i gleby użytkowane rolniczo wytworzone z piaskowców różnego pochodzenia geologicznego zawierają w poziomach próchnicznych zbliżone ilości cynku, manganu i miedzi oraz mniejsze ilości ołowiu i kobaltu, natomiast w ściółkach wymienione składniki występują w znacznie większych ilościach.

2. Poziomy brunatnienia gleb ornych i leśnych charakteryzują się podobną zawartością miedzi, manganu, cynku, ołowiu i kobaltu.

3. Użytkowanie nie wpłynęło zasadniczo na zróżnicowanie rozmieszczenia większości składników w głębszych poziomach wszystkich analizowanych gleb.

4. Wyraźne nagromadzenie metali ciężkich zaobserwowano tylko w ściółkach gleb leśnych, gdzie nastąpiła akumulacja biologiczna badanych składników.

LITERATURA

- CZARNOWSKA K. 1977: Zawartość metali ciężkich w glebach pływowych Wysoczyzny Siedleckiej. *Zesz. Nauk. SGGW-AR, Rolnictwo* **16**: 39–47.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B. 1987: Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. *Rocz. Glebozn.* **38**, 3: 41–57.
- CZARNOWSKA K. 1989: Zawartość niektórych metali ciężkich w glebach wytworzonych z różnych utworów pyłowych. *Rocz. Glebozn.* **40**, 2: 107–117.
- DOBRZAŃSKI B., GLIŃSKI I., UZIAK S. 1970: Występowanie niektórych pierwiastków w glebach woj. rzeszowskiego w zależności od rodzaju skały macierzystej i typologii gleb. *Ann. UMCS, E-24*: 115–127.
- GLIŃSKI J. 1968: Wpływ niektórych czynników glebotwórczych na zawartość i rozmieszczenie mikrośladników w profilach glebowych. *Ann. UMCS, E-22*: 35–52.
- GWOREK B. 1984: Pierwiastki śladowe Mn, Zn, Cr, Cu, Co, Pb, Cd w glebach wytworzonych z glin zwałowych utworów północno-wschodniego regionu Polski. *Rocz. Glebozn.* **35**, 2: 79–100.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- MACIEJEWSKA A. 1993: The content of trace elements in acid brown soils developed from devonian Sandstones of the Świętokrzyskie Mountains. (in Polish). *J. Soil Sci.* **26**, 2: 105–110.
- NIEDŹWIEDZKI E. 1984: Zmiany cech morfologicznych i właściwości gleb uprawnych na tle odpowiadających im gleb leśnych na Pomorzu Szczecińskim. Wyd. AR Szczecin, 19: 15–83.
- SAPEK A. 1974: Nowe metody oznaczania mikroelementów. III Konwersatorium mikroelementów w rolnictwie. Wrocław.
- SCHNITZER M., SKINNER S.J.M. 1967: Organo-metalic interactions in soils. Stability constants of Pb^{++} , Ni^{+} , Mn^{++} , Co^{++} , Ca^{++} and Mg^{++} - fulvic acid complexes. *Soil Sci.* **103**: 247–257.
- SKŁODOWSKI P., SAPEK A. 1977: Rozmieszczenie Fe, Zn, Cu, Co, Ni, Pb i Cd w profilach czarnoziemów leśno-stepowych. *Rocz. Glebozn.* **28**: 71–81.
- SKŁODOWSKI P., MACIEJEWSKA A., SZAFRANEK A. 1988: Wpływ procesu bielnicowania na rozmieszczenie pierwiastków śladowych w profilach gleb bielicowych. *Rocz. Glebozn.* **39**, 4: 113–128.
- SKŁODOWSKI P., 1994: Influence of soil management on the chemical properties of soil. Proc. Symp. Land and Soil-Protection, Tallin: 149–153.
- SKŁODOWSKI P., ZARZYCKA H. 1995: Wpływ rolniczego użytkowania gleb na ich niektóre właściwości chemiczne. *Rocz. Glebozn.* **46**, 3/4: 37–44.
- SZAFRANEK A. 1989: Wpływ rzeźby terenu i skały macierzystej na kształtowanie się gleb wytworzonych z piaskowców dewońskich i triasowych Regionu Świętokrzyskiego. *Rocz. Glebozn.* **40**: 59–82.

P. Skłodowski, H. Zarzycka

THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL USE OF SOILS ON THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF HEAVY METALS

Department of Soil Science and Environmental Protection
Warsaw Technical University

SUMMARY

The aim of the work was to determine the effects of soils use on the content and distribution of manganese, zinc, copper, lead and cobalt in profiles of the acid brown soils.

The respective investigation comprised 14 dystrophic brown soil profiles developed from Triassic, Devonian, Jurassic and Silurian sandstones in the region of the Świętokrzyskie Mountains. Amongst the investigated soils, 7 profiles were overgrown with forest vegetation and the other 7 profiles were arable lands. It has been found that the arable soils as compared with the forest soils contain horizons in humus similar quantities of zinc, manganese and copper and less – lead and cobalt.

The browned horizons of all the investigated soils are characterized of comparable contents of heavy metals. Accumulation of heavy metals in litter horizons of the forest soils and in the humus horizons of the forest and arable soils was the effect of the biological accumulation of these elements. This concerns mainly manganese, zinc and copper. However, anthropogenic factors should not be excluded. This may be suggested by the high content of lead in the litter, humus and browned horizons.

Praca wpłynęła do redakcji w kwietniu 1996 r.

*Prof. dr hab. Piotr Skłodowski
Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska
Politechnika Warszawska
00-661 Warszawa, Plac Politechniki 1*

