

Waldemar Martyn\*, Bożena Niemczuk\*\*

**WPŁYW SPOSOBU UŻYTKOWANIA NA ZAWARTOŚĆ  
I ROZMIESZCZENIE RÓŻNYCH FORM CYNKU W PROFILACH GLEB  
PŁOWYCH I RDZAWYCH**

**THE EFFECT OF THE WAY SOILS ARE USED ON CONTENTS AND  
DISTRIBUTION OF DIFFERENT FORMS OF ZINC IN PROFILES OF  
GREY BROWN PODSOLIC SOILS AND RUSTY SOILS**

**Słowa kluczowe:** cynk, gleba płowa, gleba rdzawa, typ gleby, sposób użytkowania.

**Key words:** zinc, grey brown podsolic soil, rusty soil, type of soil, the way soils in which are used.

*The aim of the study was analyse contents and distribution of zinc in profiles of grey brown podsolic soils and rusty soils that were used in different ways (forest, arable field).*

*In the rusty soil profiles zinc accumulated mainly in humus levels, and its contents decreased with the increase of depth. In grey brown podsolic soil profiles soil formation processes caused zinc to be washed from Eet levels and accumulated in Bt enrichment levels. The form of zinc extracted 1 mol·dm<sup>-3</sup> HCl was affected by genetic levels in both grey brown podsolic soils and rusty soils – humus levels were richer in this form of zinc.*

*The way the soils were used significantly influenced the contents of total zinc and zinc soluble in 1 mol·dm<sup>-3</sup> HCl in rusty soils. In the case of grey brown podsolic soils, the way they were used strongly affected only zinc soluble in 1 mol·dm<sup>-3</sup> HCl.*

---

\* *Prof. dr hab. Waldemar Martyn – Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Szczepkowska 102; 22-400 Zamość; tel.: 84 677 27 40; e-mail: walmart@op.pl; Instytut Przyrodniczo-Matematyczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Zamościu, ul. Jana Zamoyskiego 64, 22-400 Zamość.*

\*\* *Dr inż. Bożena Niemczuk – Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Szczepkowska 102; 22-400 Zamość; tel.: 84 677 27 46; e-mail: bniemczuk@wnr.edu.pl*

## 1. WPROWADZENIE

Całkowita zawartość metali ciężkich w glebie określa tylko stopień ich zasobności w dany pierwiastek i nie świadczy o możliwościach pobierania przez rośliny. Rośliny mają możliwość pobierania tylko rozpuszczalnych form metali znajdujących się w glebie. Na biodostępność metali ciężkich wpływ ma rodzaj metalu [Badora 2002; Gorlach 1995; Gorlach, Gambuś 2000]. Biologiczna przyswajalność metali zależy od całkowitej zawartości metali w glebie, ale istotna jest przy tym także ich rozpuszczalność. Wynika ona z formy chemicznej występowania metalu i właściwości gleby. W tym wypadku zwraca się uwagę na skład granulometryczny, zawartość próchnicy i odczyn [Gambuś, Rak 2000; Gębski i in. 2000; Kabata-Pendias, Pendias 1999; Kopeć i in. 2000]. Do oceny dostępności metali wykorzystywany jest często „wskaźnik ruchliwości”, który wyraża relację między formami przyswajalnymi a całkowitą zawartością [Baran i in. 2000; Martyn, Skwaryło-Bednarz 2005].

Odmienne sposoby użytkowania (las, pole uprawne) gleb jest przyczyną zróżnicowania w nich właściwości fizycznych, chemicznych i fizykochemicznych, zawartości makro- i mikroelementów. Różnice te występują, chociaż gleby te są tej samej genezy oraz mają zbliżony skład granulometryczny i mineralogiczny [Kobierski i in. 2005; Smal, Ligęza 2001; Wójcikowska-Kapusta 1998].

Celem pracy była analiza zawartości oraz rozmieszczenia cynku całkowitego oraz rozpuszczalnego w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> w profilach gleb płowych i rdzawych różnie użytkowanych (las, pole uprawne).

## 2. MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na Wyżynie Lubelskiej (gleby płowe) i w Kotlinie Sandomierskiej (gleby rdzawe). Z każdego typu gleb pobrano próbki z 10 profili (5 profili gleb leśnych i 5 profili gleb uprawnych).

W pobranych próbkach glebowych oznaczono podstawowe właściwości fizyczne, chemiczne i fizykochemiczne powszechnie stosowanymi metodami. Ponadto, po mineralizacji próbek glebowych w mieszaninie stężonych kwasów (azotowego i nadchlorowego 1:1) oznaczono całkowitą zawartość Zn metodą F –AAS. Zawartość Zn rozpuszczalnego w roztworze w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> oznaczono metodą Rinkisa, powszechnie stosowaną i obowiązującą od 1986 r. w badaniach agrochemicznych gleb [IUNG 1985].

## 3. WYNIKI

Rozkład całkowitej ilości cynku w badanych profilach gleb niezależnie od kierunku użytkowania układał się charakterystycznie. W poziomach próchnicznych gleb leśnych

i użytkowanych rolniczo całkowita zawartość cynku wynosiła średnio  $33,70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , wahając się w przedziale od  $29,50$  do  $41,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W poziomach przemycia Eet średnia ilość cynku całkowitego zmniejszała się do  $29,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Potwierdzono przy tym kolejny jego wzrost oraz największą ilość w poziomach wzbogacenia Bt, średnio do  $34,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Najmniejszą zawartość cynku natomiast stwierdzono w poziomach skały macierzystej Cca (tab. 1).

Mała wartość współczynników zmienności całkowitej zawartości cynku w profilach badanych gleb świadczyła o dużej jednorodności uzyskanych wyników (tab. 1).

Zawartość cynku rozpuszczalnego w  $1 \text{ mol HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$  w badanych glebach zmniejszała się wraz z głębokością do poziomów Bt włącznie, w których osiągnęła wartość najniższą. W poziomach próchnicznych zawartość cynku rozpuszczalnego była najwyższa, kształtowała się w zakresie  $6,36$ – $11,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i wynosiła średnio  $8,79 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Skały macierzyste badanych gleb charakteryzowała mniejsza ilość cynku rozpuszczalnego niż w poziomach próchnicznych. Zawartość rozpuszczalnej formy cynku świadczyła o niskiej zasobności gleb płowych w ten składnik [Zalecenia nawozowe 1990].

**Tabela 1.** Zawartość cynku w profilach gleb płowych ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

**Table 1.** Contents of zinc in grey brown podsolic soil profiles ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Statystyki opisowe	Poziom genetyczny											
	A			Eet			Bt			Cca		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Minimum	29,50	6,36		22,50	3,35		26,00	3,44		24,50	4,18	
Maksimum	41,00	11,42		33,50	8,28		46,00	6,16		33,00	7,86	
Średnia	33,70	8,79	26,08	29,50	5,97	20,24	34,10	5,12	15,01	28,42	6,17	21,71
Odchylenie standardowe	3,78	1,90		4,81	2,03		5,21	0,61		3,20	0,97	
Współczynnik zmienności	11,22	21,62		16,31	34,0		15,28	11,91		11,26	15,72	
NIR	I	5,4*										
	II	1,2**										

**Objaśnienia:** I – zawartość całkowita Zn, II – Zn rozpuszczalny w  $1 \text{ mol HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ , III – wskaźnik ruchliwości (% udział cynku rozpuszczalnego w  $1 \text{ mol HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$  w jego całkowitej zawartości), \*istotne przy  $P\leq 0,05$ , \*\*istotne przy  $P\leq 0,01$ .

Gleby płowe leśne w porównaniu z glebami uprawnymi zawierały więcej cynku całkowitego w poziomach próchnicznych. Zawartość tej formy cynku w poziomach próchnicznych gleb płowych leśnych mieściła się w granicach  $29,50$ – $41,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , w glebach uprawnych natomiast w granicach  $30,00$ – $35,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 2).

Poziomy wzbogacenia poziomów Bt badanych gleb leśnych i uprawnych charakteryzowała porównywalna zawartość cynku w stosunku do poziomów próchnicznych (tab. 2). Skały macierzyste gleb płowych leśnych i uprawnych odznaczały się najmniejszą zawartością cynku całkowitego w porównaniu do pozostałych poziomów.

Poziomy próchniczne gleb płowych leśnych zawierały w porównaniu do gleb uprawnych więcej cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl. W glebach leśnych ilość cynku mieściła się w przedziale 9,31–11,42 mg·kg<sup>-1</sup>, średnio 10,49 mg·kg<sup>-1</sup>, natomiast w glebach uprawnych 6,36–7,53 mg·kg<sup>-1</sup>, średnio 7,09 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2).

Poziomy wzbogacenia zarówno w glebach leśnych, jak i uprawnych, charakteryzowała najmniejsza zawartość cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl w porównaniu do poziomów próchnicznych i skały macierzystej, przy czym poziomy wzbogacenia gleb leśnych zawierały więcej tej formy cynku.

**Tabela 2.** Zawartość cynku w glebach płowych różnie użytkowanych

**Table 2.** Contents of zinc in differently used grey brown podsolich soils

Poziom genetyczny	Formy Zn	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
		mg · kg <sup>-1</sup>				
LAS						
A	I	29,50	41,00	34,70	4,93	14,21
	II	9,31	11,42	10,49	0,81	7,72
Eet	I	22,50	33,50	29,50	4,81	16,31
	II	3,35	8,28	5,97	2,03	34,00
Bt	I	28,00	46,00	34,55	5,24	15,17
	II	4,68	6,16	5,28	0,51	9,66
Cca	I	26,50	33,00	28,80	2,66	9,24
	II	5,42	7,86	6,55	0,89	13,59
POLE						
Ap	I	30,00	35,00	32,70	2,31	7,06
	II	6,36	7,53	7,09	0,45	6,35
Bt	I	26,00	39,00	33,35	5,56	16,67
	II	3,44	5,42	4,85	0,73	15,05
Cca	I	24,50	32,50	28,04	3,96	14,12
	II	4,18	6,42	5,79	0,97	16,75
NIR	I	5,4*				
	II	1,2**				

**Objaśnienia:** I – zawartość całkowita Zn, II – Zn rozpuszczalny w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>, \* istotne przy p ≤ 0,05, \*\* istotne przy p ≤ 0,01.

We wszystkich poziomach genetycznych gleb leśnych stwierdzono większą zawartość cynku rozpuszczalnego niż w analogicznych poziomach gleb uprawnych. Najwyższym wskaźnikiem ruchliwości odznaczał się cynk w poziomach próchnicznych gleb leśnych (30,2%).

Zawartość cynku całkowitego w poziomach próchnicznych gleb rdzawych wahała się od 7,00 do 20,00 mg·kg<sup>-1</sup>, średnio wynosiła 13,31 mg·kg<sup>-1</sup>. Mniejsza zawartość charakteryzowała poziomy rdzawienia (średnio 10,22 mg·kg<sup>-1</sup>). Dwa razy mniej cynku niż w poziomach A i Bv znajdowało się w poziomach skały macierzystej (tab. 3). Analiza wariancji potwierdziła istotność tych różnic.

Wartości współczynników zmienności cynku całkowitego były duże i zbliżone we wszystkich poziomach omawianych gleb (tab. 3).

Zawartość cynku całkowitego zmniejszała się wraz z głębokością. Podobną tendencję stwierdzono w odniesieniu do zawartości cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>. Najbogatsze w cynk rozpuszczalny były poziomy próchniczne, zawierały średnio 5,62 mg·kg<sup>-1</sup>, a w poziomach skały macierzystej stwierdzono 1,90 mg·kg<sup>-1</sup> i były to różnice statystycznie istotne (tab.3).

**Tabela 3.** Zawartość cynku w profilach gleb rdzawych (mg·kg<sup>-1</sup>)

**Table 3.** Contents of zinc in rusty soil profiles (mg·kg<sup>-1</sup>)

Statystyki opisowe	Poziom genetyczny								
	A			Bv			C		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Minimum	7,00	2,42		3,90	1,40		1,95	1,10	
Maksimum	20,00	11,02		15,90	5,66		8,30	2,87	
Średnia	13,31	5,62	42,22	10,22	3,43	33,56	5,29	1,90	35,92
Odchylenie standardowe	4,37	2,86		3,95	1,41		1,99	0,56	
Współczynnik zmienności	32,83	50,89		38,65	41,11		37,62	29,47	
NIR	I	2,5*							
	II	2,2**							

**Objaśnienia:** jak w tabeli 1.

Biorąc pod uwagę zawartość cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>, należy stwierdzić, że badane gleby rdzawe należały do gleb o wysokiej zasobności w ten pierwiastek [Zalecenia nawozowe 1990].

W poziomach próchnicznych i rdzawienia stwierdzono duże wartości współczynników zmienności, które odpowiednio wynosiły 50,89% oraz 41,11% (tab. 3).

Poziomy próchniczne gleb rdzawych uprawnych były prawie dwukrotnie bogatsze w cynk całkowity w porównaniu do gleb leśnych (tab. 4). Również poziomy rdzawienia gleb uprawnych zawierały więcej tej formy pierwiastka w porównaniu do analogicznych poziomów rdzawienia gleb leśnych. Skały macierzyste gleb leśnych i uprawnych charakteryzowała porównywalna ilość cynku całkowitego, która wynosiła odpowiednio: 5,45 i 5,13 mg·kg<sup>-1</sup>.

Analiza wariancji wykazała, że sposób użytkowania istotnie wpłynął na zawartość cynku całkowitego w tych glebach, przy czym gleby uprawne charakteryzowała większa jego zawartość niż gleby leśne.

Poziomy próchniczne i rdzawienia badanych gleb uprawnych charakteryzowała większa zawartość cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl w stosunku do gleb leśnych (tab. 4). Analiza wariancji nie wykazała istotnych różnic w zawartości tej formy cynku pomiędzy sposobami użytkowania.

W skałach macierzystych zarówno gleb leśnych jak i uprawnych, zawartość cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCL była mniejsza niż w innych poziomach (tab. 4).

**Tabela 4.** Zawartość cynku w glebach rdzawych różnie użytkowanych

**Table 4.** Contents of zinc in differently used rusty soils

Poziom genetyczny	Formy Zn	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności	
							mg · kg <sup>-1</sup>
LAS							
A	I	7,00	13,30	9,88	2,62	26,52	
	II	2,42	4,68	3,58	1,03	28,77	
Bv	I	3,90	15,90	9,85	4,87	49,44	
	II	1,40	3,99	2,65	1,12	42,26	
C	I	1,95	8,20	5,45	2,25	41,28	
	II	1,33	2,87	2,12	0,66	31,13	
POLE							
Ap	I	13,10	20,00	16,74	2,58	15,41	
	II	5,07	11,02	7,65	2,66	34,77	
Bv	I	7,05	14,25	10,59	3,31	31,26	
	II	2,87	5,66	4,21	1,28	30,40	
C	I	3,50	8,30	5,13	1,96	38,21	
	II	1,10	2,02	1,68	0,38	22,62	
NIR	I	2,5**					
	II	2,2**					

**Objaśnienia:** jak w tabeli 2.

Największą wartość wskaźnika ruchliwości cynku stwierdzono w poziomach próchnicznych w glebach uprawnych, w glebach leśnych zaś – w skale macierzystej.

#### 4. DYSKUSJA

Zawartość cynku w badanych glebach odpowiadała naturalnej zawartości [Kabata-Pendias i in. 1993]. Poziomy próchniczne charakteryzowała zróżnicowana zawartość cynku. Gleby płowe zawierały 33,70 mg·kg<sup>-1</sup> cynku, a gleby rdzawe prawie trzykrotnie mniej (13,31 mg·kg<sup>-1</sup>). Naturalna zawartość pierwiastków śladowych w glebie jest związana przede wszystkim z rodzajem skały macierzystej, będącej ich pierwotnym źródłem [Czarnowska 1996; Czarnowska, Bontruk 1995; Kabata-Pendias, Pendias 1999].

Rozmieszczenie cynku w profilu gleb uzależnione było od przebiegu procesów glebotwórczych. W zależności od typu gleby tworzyły się w nich w różnych miejscach strefy koncentracji. W profilach gleb rdzawych cynk gromadził się w największych ilościach w poziomach próchnicznych, a w miarę głębokości jego zawartość malała. W glebach płowych procesy glebotwórcze spowodowały przemycie cynku z poziomów Eet i nagromadzenie w poziomach wzbogacenia Bt. Gworek [1985] w swoich badaniach również zauważyła duży wpływ przemywania na rozmieszczenie cynku w profilach gleb. Stwierdziła, że istotnie mniej tego pierwiastka w porównaniu z pozostałymi poziomami genetycznymi występowało w poziomach przemycia.

Kumulację cynku w poziomach powierzchniowych, a następnie zmniejszanie się jego zawartości wraz z głębokością profilu glebowego zaobserwowała również Kawałko [2000].

Wyniki te potwierdzają także w swoich badaniach inni autorzy [Chojnicki, Czarnowska 1993; Domżał i in. 1995; Smal i in. 2000; Szymańska 1996; Uziak i in. 2001].

Zawartość cynku ekstrahowanego w 1 mol HCl zależna była od poziomów genetycznych w glebach płowych i rdzawych. Podobnie jak w przypadku całkowitej zawartości cynku, poziomy próchniczne były bardziej zasobne w tę formę cynku. Podobne wyniki badań otrzymał Domżał i in. [1995], Bogda i in. [2002], Strączyńska i Strączyński [2000].

Sposób użytkowania miał różnicowany wpływ na całkowitą zawartość cynku. W glebach płowych leśnych było go więcej niż w glebach uprawnych. Zupełnie odwrotne usytuowanie cynku stwierdzono w glebach rdzawych. Gleby uprawne charakteryzowała większa zawartość cynku całkowitego niż w glebach leśnych.

Badania Wójcikowskiej-Kapusty [1998] oraz Domżała i in. [1995] wykazały, że gleby leśne wytworzone z lessu cechowała mniejsza zawartość cynku niż gleby uprawne. Do odmiennych wniosków w swoich badaniach doszła Smal i in. [2000], stwierdzając wyższą zawartość cynku w glebach leśnych w porównaniu z glebami uprawnymi.

Według Uziaka i in. [2001] wpływ użytkowania jest lepiej widoczny przy ocenie form całkowitych metali. Zaznacza się on najmocniej w poziomach powierzchniowych w warstwie ściółki gleb leśnych oraz w mniejszym stopniu w poziomach próchnicznych gleb użytkowanych rolniczo.

Sposób użytkowania wpływał również na zawartość formy rozpuszczalnej cynku. Poziomy leśnych gleb płowych charakteryzowała większa zawartość cynku niż w glebach płowych uprawnych. Odmienne kształtował się ten układ w glebach rdzawych

. W badaniach Wójcikowskiej-Kapusty [1998] na zawartość cynku rozpuszczalnego w HCl w glebach wytworzonych z lessu miał wpływ jedynie sposób użytkowania. Bez względu na typ gleby najmniejsze ilości tego pierwiastka oznaczono w glebach leśnych. Uziak i in. [2001] uważają, że wpływ użytkowania na zawartość form cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl zaznacza się na ogół słabo, niezależnie od rodzaju gleby.

Wskaźnik ruchliwości wyrażający się procentowym udziałem cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl w jego całkowitej zawartości najwyższy był w glebach rdzawych (leśnych i uprawnych), a wyraźnie mniejszy niż w glebach płowych.

## 5. WNIOSKI

1. Typ gleby wpływał na zawartość cynku, przy czym poziomy próchniczne badanych gleb charakteryzowała zróżnicowana naturalna jego zawartość. Najbogatsze w ten pierwiastek były gleby płowe, a prawie trzykrotnie mniej cynku zawierały gleby rdzawe.
2. Sposób użytkowania wpłynął istotnie na zawartość cynku całkowitego tylko w glebach rdzawych, przy czym gleby uprawne charakteryzowała większa jego zawartość w porównaniu do gleb leśnych.
3. W glebach płowych i rdzawych sposób użytkowania miał istotny wpływ na zawartość cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl. Poziomy gleb płowych leśnych charakteryzowała

większa zawartość cynku niż w glebach pływych uprawnych, w glebach rdzawych zaś tendencja ta była odwrotna.

4. Badane gleby płowe wykazywały niską zasobność w cynk, gleby rdzawe zaś charakteryzowała duża zasobność w ten pierwiastek.

## PIŚMIENICTWO

- BADORA A. 2002. Wpływ pH na mobilność pierwiastków w glebach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 482: 21–36.
- BARAN S., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., JAWORSKA B., SAADI L. 2000. Zawartość cynku w wiklinie i glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura 84: 25–30.
- BOGDAA., MACIEJEWSKAA., MYNARSKI J. 2002. Rozpuszczalne formy Cu i Zn w kwaśnych glebach Grzbietu Kamienickiego Gór Izerskich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 482: 65–71.
- CHOJNICKI J., CZARNOWSKA K. 1993. Zmiany zawartości fosforu ogółem i rozpuszczalnego oraz Zn, Cu, Pb i Cd w glebach intensywnie użytkowanych rolniczo. Roczn. Gleb. XLIV, 3/4: 99–111.
- CZARNOWSKA K. 1996. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. Roczn. Gleb. XLVII, Supl.: 43–50.
- CZARNOWSKA K., BONTRUK H. 1995. Zawartość metali ciężkich w glebach aluwialnych Żuław. Roczn. Gleb. XLVI, 1/2: 65–77.
- 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 Rol. 418: 191–199.
- GAMBUŚ F., RAK M. 2000. Wpływ właściwości gleby na rozpuszczalność związków kadmu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 472, 251–257.
- GĘBSKI M., STĘPIEŃ W., MERCIK S. 2000. Ocena metod oznaczania metali ciężkich w glebie w oparciu o ich zawartości w roślinach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 472: 267–273.
- GORLACH E. 1995. Metale ciężkie jako czynnik zagrażający żyzności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421a: 113–122.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 2000. Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe w glebach (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 472: 275–296.
- GWOREK B. 1985. 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. Roczn. Gleb. XXXVI, 2: 43–59.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.

- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., WITEK T. 1993. Ramowe wytyczne dla rolnictwa: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG Puławy, (53) 20.
- KAWAŁKO D. 2000. Zawartość manganu, cynku i miedzi w glebach wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Ślązańskiego Parku Krajobrazowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 313–318.
- KOBIERSKI M., DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., JAWORSKA H. 2005. Właściwości sorpcyjne i skład kationów wymiennych intensywnie użytkowanych rolniczo gleb w regionie Równiny Inowrocławskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 507: 285–294.
- KOPEĆ M., MAZUR K., NOWOSOLNIK A. 2000. Wpływ wapnowania łąki górskiej na ograniczenie ruchomych form pierwiastków śladowych w glebie (Czarny Potok). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 472: 403–411.
- MARTYN W., SKWARYŁO-BEDNARZ B. 2005. Formy miedzi w glebach lekkich Roztoczańskiego Parku Narodowego (RPN). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 505: 235–242.
- IUNG. 1985. Metody oznaczania ruchomych form mikroelementów w glebie do rutynowych oznaczeń w stacjach chemiczno-rolniczych (wspólna ekstrakcja w 1 M HCl). Mat. IUNG O/Wrocław, niepublikowane.
- SMAL H., LIGEŻA S., MISZTAŁ M. 2000. Całkowita zawartość Zn, Cu, Pb i Cd w glebie i w roztworze glebowym w profilach gleb uprawnych i leśnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 117–124.
- SMAL H., LIGEŻA S. 2001. Badania porównawcze właściwości gleb leśnych i uprawnych wytworzonych z piasków i lessów. Acta Agrophysica 56: 283–295.
- STRĄCZYŃSKA S., STRĄCZYŃSKI S. 2000. Niektóre chemiczne właściwości gleb odłogowanych i użytkowanych rolniczo. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 543–547.
- SZYMAŃSKA M. 1996. Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość cynku, manganu i miedzi w bielcowych glebach leśnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 605–610.
- WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A. 1998. Rola czynnika antropogenicznego w kształtowaniu właściwości chemicznych oraz zasobności w niektóre mikroelementy gleb wytworzonych z lessów. Rozpr. habil. 209. Wyd. AR Lublin: 67.
- UZIĄK S., MELKE J., KLIMOWICZ Z. 2001. Wpływ użytkowania na zawartość metali ciężkich w glebach „Ściany Wschodniej”. Acta Agrophysica 48: 127–132.
- Zalecenia nawozowe.** 1990. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG, Puławy, P(44): 26.