

## ZAKRES STWIERDZONY I OCZEKIWANY ZAWARTOŚCI METALICZNYCH PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W GLEBACH BIESZCZADÓW

*Leszek Woźniak<sup>1</sup>, Andrzej Mantaj<sup>2</sup>, Grażyna Kruczek<sup>1</sup>, Paweł Zawora<sup>2</sup>,  
Janina Kaniuczak<sup>1</sup>, Janina Wójtowicz<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Zakład Chemizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie, Akademia Rolnicza  
im. H. Kołłątaja w Krakowie

<sup>2</sup> Zakład Organizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie, Akademia Rolnicza  
im. H. Kołłątaja w Krakowie

### Wstęp

Zawartość poszczególnych pierwiastków w glebach uzależniona jest od bardzo wielu czynników: składu chemicznego skały macierzystej; charakteru i intensywności procesów glebowych; wpływu czynników klimatycznych, antropogenicznych, biosfery itd. W rezultacie oddziaływania tak wielu czynników naturalna zmienność zawartości pierwiastków w glebach może być bardzo duża. W przypadku wielu pierwiastków (np. Pb i Cd) oddziaływanie antropogenicznych zanieczyszczeń może znacznie wpłynąć na zmienność ich zawartości.

DUDKA [1989], powołując się w swojej publikacji na prace wielu autorów twierdzi, że charakter rozkładu zawartości metali śladowych w badanym materiale ma istotny wpływ na sposób wyrażania wartości przeciętnej oraz na wykonanie obliczeń statystycznych. Zawartości pierwiastków śladowych w glebach mają asymetryczne prawostronnie skośne rozkłady częstości (cytat za DUDKĄ [1989]). Dlatego najlepszą miarą położenia wartości przeciętnej (wartości średniej) zmiennej przedstawionej na skali logarytmicznej jest średnia geometryczna ( $G$ ), a najlepszą miarą rozproszenia obserwacji wokół średniej – odchylenie geometryczne ( $SG$ ) [DUDKA 1989]. Średnie geometryczne są zawsze mniejsze od arytmetycznych, co wynika z ograniczenia wpływu wartości skrajnych (często pojedynczych obserwacji) na średnią po przekształceniu logarytmicznym zmiennej [DUDKA 1989].

Według DUDKI [1989] dla rozkładu logarytmiczno-normalnego średnia geometryczna i odchylenie geometryczne mogą być używane do oszacowania oczekiwanego zakresu wartości badanej zmiennej. Około 68% losowo zebranych obserwacji powinno zawierać się w przedziale od  $G/SG$  do  $G \times SG$ ; około 95% – w przedziale od  $G/SG^2$  do  $G \times SG^2$  [DUDKA 1989].

Przedział zawartości, którego dolną granicę stanowi iloraz średniej geometrycznej i kwadratu odchylenia geometrycznego ( $G/SG^2$ ), górną natomiast – ilo-

czyn średniej geometrycznej i kwadratu odchylenia geometrycznego ( $G \times SG^2$ ), DUDKA [1989] za TIDBALEM i EBENSEM [1976] przyjmuje jako obliczoną naturalną zawartość danego pierwiastka. Autorzy ci zakładają, że powinny to być te jego ilości, jakie stwierdzono by w glebach i roślinach przy braku oddziaływań pochodzenia antropogenicznego. Cytowani przez DUDKĘ [1989], KABATA-PENDIAS i PENDIAS [1984] uważają, że metoda wyznaczania naturalnej zawartości staje się praktycznie jedynym sposobem szacowania „naturalnych” zawartości (odniesienia) metali śladowych w sytuacji globalnego oddziaływania zanieczyszczeń chemicznych.

NIEMYSKA-ŁUKASZUK [1993] cytując prace wielu autorów twierdzi, że obszary górskie są szczególnie narażone na wpływ zanieczyszczeń o charakterze globalnym. Do podobnych wniosków prowadzą dotychczasowe badania WOŹNIAKA [1996].

### Materiał i metody

Badania dotyczące zawartości pierwiastków metalicznych w glebach wybranych fragmentów Bieszczadów realizowano w latach 1991–1993 (analizowano gleby bieszczadzkich łąk halnych – połonin oraz świeże osady aluwialne – namuły, zbierane tuż po ustąpieniu wód powodziowych).

Obok podstawowych właściwości fizycznych i fizyko-chemicznych tych gleb, które szczegółowo przedstawiono w publikacji WOŹNIAKA [1996], oznaczono ogólną zawartość i zawartość frakcji rozpuszczalnej w roztworze HCl o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  następujących pierwiastków: Cu, Zn, Mn, Co, Pb, Cd, Ni. Ogólną zawartość przedstawionych pierwiastków oznaczono metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej, po rozтворzeniu próbek mineralnych poziomów gleby w  $\text{HClO}_4$ . Zawartość frakcji rozpuszczalnej tych pierwiastków oznaczono również metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej, po wytrząsaniu przez 1 godzinę próbek gleby w roztworze HCl o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Zawartość Pb i Cd oznaczano po zagęszczeniu w fazie organicznej – ketonie metyloizobutylovym MBIK.

W niniejszej pracy, obok zakresu stwierdzonego (empirycznego) zawartości pierwiastków, przedstawiono obliczony metodą zastosowaną przez DUDKĘ [1989] oczekiwany zakres zawartości.

### Wyniki i dyskusja

Zakres stwierdzony ogólnej zawartości, jak i zawartości frakcji rozpuszczalnej w roztworze HCl o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  badanych pierwiastków został już przedstawiony we wcześniejszej publikacji [WOŹNIAK 1996], jednak w celu umożliwienia wykonania bezpośredniego porównania z zakresem oczekiwanym, został powtórzony w niniejszej pracy w tabelach 1–4.

Spośród analizowanych pierwiastków śladowych, w akumulacyjnych Ah poziomach gleb brunatnych kwaśnych połonin, największe różnice pomiędzy zakresem stwierdzonym a oczekiwanym ich ogólnej zawartości dotyczyły Zn, Mn, Co, Ni. Natomiast porównanie otrzymanych wyników z zakresami oczekiwanymi wyznaczonymi przez DUDKĘ [1992] dla gliniastych i pylastych gleb obszaru Polski – uznawanymi jako naturalne wartości porównawcze, wynoszącymi w  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

dla: Cu 2–20; Zn 14–100; Mn 80–1100; Co 1–10; Pb 8–25; Cd 0,1–0,6; Ni 2–30 – wskazuje, że znacznie odbiega od nich jedynie zawartość Pb w glebach brunatnych kwaśnych połonin. Zakres oczekiwany dla tego pierwiastka, wynoszący w badaniach WOŹNIAKA [1996] dla tych gleb od 33,1 do 79,9 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., a więc nawet w wartości dolnej wyższy od górnego zakresu określonego przez DUDKĘ [1992], jednoznacznie wskazuje na antropogeniczny wpływ na koncentrację Pb w glebach połonin. Brak zróżnicowania przy porównaniu zakresu stwierdzonego i oczekiwanego zawartości Pb w glebach brunatnych kwaśnych połonin (a więc – mówiąc inaczej – regularny, normalny rozkład zawartości, ogólnie jednak wysokiej), pozwala stwierdzić, że gleby połonin zostały równomiernie, choć w niewielkim zakresie, zanieczyszczone tym pierwiastkiem. Zawartość pozostałych pierwiastków zasadniczo nie odbiega od zakresów naturalnej zawartości wyznaczonych przez DUDKĘ [1992], a stwierdzone znaczne zróżnicowanie pomiędzy zakresami empirycznymi i oczekiwanymi wynika z naturalnej, dużej zmienności składu chemicznego skał fliszu karpackiego.

W świeżych namulach pobieranych z powierzchni gleb aluwialnych łąk zlokalizowanych w dolinach bieszczadzkich cieków (natychmiast po ustąpieniu wód powodziowych) największy rozrzut wyników pomiędzy zakresami stwierdzonymi i oczekiwanymi ogólnej zawartości dotyczył – przede wszystkim – niklu, a w znacznie mniejszym zakresie również Cd, Mn, Zn, Cu. Pierwiastkiem wykazującym prawie trzykrotnie większą zawartość w namulach niż wynosi zakres oczekiwany naturalnej zawartości dla gleb obszaru Polski [DUDKA 1992] był ołów.

Tabela 1; Table 1

Zakres stwierdzony [WOŹNIAK 1996] i zakres oczekiwany ogólnej zawartości niektórych pierwiastków śladowych w poziomie akumulacyjnym Ah bieszczadzkich gleb brunatnych kwaśnych połonin

Observed [WOŹNIAK 1996] and expected range of some trace elements total content in accumulation Ah horizon of the Bieszczady mountain meadow acid brown soils

Wyszczególnienie Specification	Zawartość, mg·kg <sup>-1</sup> s.m.; Content, mg·kg <sup>-1</sup> DM						
	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni
Średnia geometryczna Geometric mean	12,8	46,5	169,2	2,3	51,5	0,43	10,6
Odchylenie geometryczne Geometric deviation	1,7	1,6	2,3	2,1	1,2	1,40	1,7
Zakres oczekiwany, od – do Expected range, from – to	4,3 38,6	18,8 115,1	30,8 929,3	0,6 9,7	33,1 80,0	0,22 0,83	3,7 30,2
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	14,9	51,0	238,9	3,0	52,7	0,45	12,0
Odchylenie standardowe Standard deviation	8,7	19,7	199,1	1,9	11,0	0,14	5,4
Zakres stwierdzony, od – do Observed range, from – to	5,5 37,5	20,2 74,5	44,0 747,0	0,8 6,3	30,9 69,6	0,26 0,68	4,2 19,8

DUDKA [1992] twierdzi, że zawartość większości pierwiastków w glebach Polski jest związana głównie z ich składem granulometrycznym (gleby średnie i ciężkie są znacznie bardziej zasobne). Wyniki badań własnych autorów, wobec

bardzo zbliżonego składu granulometrycznego badanych gleb brunatnych kwaśnych połonin, każdą poszukiwać źródeł zmienności również w rodzaju skały macierzystej. Skały macierzyste gleb Bieszczadów, wchodząc w skład fliszu karpackiego, charakteryzują się wyjątkową różnorodnością, w tym składu chemicznego.

Tabela 2; Table 2

Zakres stwierdzony [WOŹNIAK 1996] i zakres oczekiwany zawartości frakcji rozpuszczalnej w 1 mol HCl-dm<sup>-3</sup> niektórych pierwiastków śladowych w poziomie akumulacyjnym Ah bieszczadzkich gleb brunatnych kwaśnych połonin

Observed [WOŹNIAK 1996] and expected range of some trace elements content (soluble in 1 mol HCl-dm<sup>-3</sup> fraction) in accumulation Ah horizon of the Bieszczady mountain meadow acid brown soils

Wyszczególnienie Specification	Zawartość, mg·kg <sup>-1</sup> s.m; Content, mg·kg <sup>-1</sup> DM						
	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni
Średnia geometryczna Geometric mean	5,5	21,7	31,9	0,5	40,2	0,29	1,2
Odchylenie geometryczne Geometric deviation	1,5	1,3	3,9	3,0	1,2	1,37	2,0
Zakres oczekiwany, od – do Expected range, from – to	2,6 11,9	12,9 36,6	2,0 496,5	0,1 4,1	27,0 59,8	0,15 0,54	0,3 4,7
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	6,0	22,5	77,3	0,9	41,0	0,30	1,4
Odchylenie standardowe Standard deviation	2,5	5,9	103,8	1,0	7,6	0,10	0,7
Zakres stwierdzony, od – do Observed range, from – to	3,1 11,2	15,0 32,3	5,0 366,0	0,1 3,0	25,5 54,8	0,16 0,52	0,2 2,4

Tabela 3; Table 3

Zakres stwierdzony [WOŹNIAK 1996] i zakres oczekiwany ogólnej zawartości niektórych pierwiastków śladowych w świeżych namulach bieszczadzkich gleb aluwialnych

Observed [WOŹNIAK 1996] and expected range of some trace elements total content in fresh alluvial deposit of the Bieszczady alluvial soils

Wyszczególnienie Specification	Zawartość, mg·kg <sup>-1</sup> s.m; Content, mg·kg <sup>-1</sup> DM						
	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni
Średnia geometryczna Geometric mean	15,6	54,0	449,9	8,9	24,0	0,34	24,3
Odchylenie geometryczne Geometric deviation	1,5	1,5	1,5	1,4	1,9	1,63	1,8
Zakres oczekiwany, od – do Expected range, from – to	7,1 34,5	24,7 118,1	213,7 947,2	4,7 16,7	6,9 83,7	0,13 0,90	7,9 75,1
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	16,8	57,7	480,5	9,4	29,6	0,38	27,4
Odchylenie standardowe Standard deviation	6,2	18,7	172,9	3,1	21,3	0,20	11,0
Zakres stwierdzony, od – do Observed range, from – to	5,4 38,6	16,0 92,0	173,0 1181,0	4,6 19,7	6,2 84,2	0,13 1,20	2,9 47,4

Tabela 4; Table 4

Zakres stwierdzony [WOŹNIAK 1996] i zakres oczekiwany zawartości frakcji rozpuszczalnej w 1 mol HCl-dm<sup>-3</sup> niektórych pierwiastków śladowych w świeżych namulach bieszczadzkich gleb aluwialnych

The observed [WOŹNIAK 1996] and expected range of some trace elements content (soluble in 1 mol HCl-dm<sup>-3</sup> fraction) in fresh alluvial deposit of the Bieszczady alluvial soils

Wyszczególnienie Specification	Zawartość, mg·kg <sup>-1</sup> s.m.; Content, mg·kg <sup>-1</sup> DM						
	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni
Średnia geometryczna Geometric mean	5,4	13,7	266,0	2,9	10,8	0,14	4,5
Odchylenie geometryczne Geometric deviation	1,8	1,5	1,5	1,5	1,5	1,49	1,6
Zakres oczekiwany, od – do Expected range, from – to	1,7 16,6	6,5 29,2	114,0 620,4	1,3 6,9	4,6 25,1	0,06 0,31	1,7 11,5
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	6,3	14,7	291,6	3,2	11,8	0,15	5,0
Odchylenie standardowe Standard deviation	3,5	5,6	139,0	1,2	4,8	0,06	2,5
Zakres stwierdzony, od – do Observed range, from – to	1,7 17,1	6,0 27,8	90,0 955,0	0,6 6,5	4,1 26,1	0,06 0,39	1,6 14,5

DUDKA [1992] do pierwiastków, których podwyższona zawartość w powierzchniowych warstwach gleb jest związana z oddziaływaniem czynników antropogenicznych, obok ołowiu zaliczył kadm i cynk. Analiza wielu elementów środowiska Bieszczadów [WOŹNIAK 1996] pozwoliła na stwierdzenie, że pierwiastkiem wykazującym zdecydowanie podwyższoną koncentrację w glebach jest również kadm, natomiast zawartość cynku nie wykazuje powierzchniowego, antropogenicznego nagromadzenia. Wyniki badań WOŹNIAKA [1996] i zawarte w niniejszej publikacji znajdują pełne potwierdzenie w pracach GRODZIŃSKIEJ i in. [1997]. Autorka ta wykazała również, że koncentracja Pb w mchach pobranych do analiz w parkach narodowych całej Polski jest bardzo zbliżona, co może wskazywać na dość równomierne zanieczyszczenie całego obszaru kraju tym pierwiastkiem.

Zawartość kadmu w mchach Bieszczadzkiego Parku Narodowego według GRODZIŃSKIEJ i in. [1997] należy natomiast do najwyższych w Polsce. W każdym jednak przypadku poziom zawartości w glebach i roślinach, przedstawiony w niniejszych badaniach i w pracy WOŹNIAKA [1996], zgodnie z kryteriami oceny podawanymi przez KABATĘ-PENDIAS i in [1995], nie jest na tyle wysoki, aby mógł wskazywać na degradację gleb – jest to tak zwana zawartość podwyższona.

## Wnioski

1. Porównanie zakresów stwierdzonych i obliczonych zakresów oczekiwanych dotyczących zawartości niektórych pierwiastków w glebach brunatnych kwaśnych połonin i świeżych namulach z dolin bieszczadzskich cieków z zakresami naturalnej zawartości wyznaczonymi dla obszaru Polski przez

bardzo zbliżonego składu granulometrycznego badanych gleb brunatnych kwaśnych połonin, każą poszukiwać źródeł zmienności również w rodzaju skały macierzystej. Skały macierzyste gleb Bieszczadów, wchodzące w skład fliszu karpackiego, charakteryzują się wyjątkową różnorodnością, w tym składu chemicznego.

Tabela 2; Table 2

Zakres stwierdzony [WOŹNIAK 1996] i zakres oczekiwany zawartości frakcji rozpuszczalnej w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> niektórych pierwiastków śladowych w poziomie akumulacyjnym Ah bieszczadzkich gleb brunatnych kwaśnych połonin

Observed [WOŹNIAK 1996] and expected range of some trace elements content (soluble in 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> fraction) in accumulation Ah horizon of the Bieszczady mountain meadow acid brown soils

Wyszczególnienie Specification	Zawartość, mg·kg <sup>-1</sup> s.m; Content, mg·kg <sup>-1</sup> DM						
	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni
Średnia geometryczna Geometric mean	5,5	21,7	31,9	0,5	40,2	0,29	1,2
Odchylenie geometryczne Geometric deviation	1,5	1,3	3,9	3,0	1,2	1,37	2,0
Zakres oczekiwany, od – do Expected range, from – to	2,6 11,9	12,9 36,6	2,0 496,5	0,1 4,1	27,0 59,8	0,15 0,54	0,3 4,7
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	6,0	22,5	77,3	0,9	41,0	0,30	1,4
Odchylenie standardowe Standard deviation	2,5	5,9	103,8	1,0	7,6	0,10	0,7
Zakres stwierdzony, od – do Observed range, from – to	3,1 11,2	15,0 32,3	5,0 366,0	0,1 3,0	25,5 54,8	0,16 0,52	0,2 2,4

Tabela 3; Table 3

Zakres stwierdzony [WOŹNIAK 1996] i zakres oczekiwany ogólnej zawartości niektórych pierwiastków śladowych w świeżych namulach bieszczadzkich gleb aluwialnych

Observed [WOŹNIAK 1996] and expected range of some trace elements total content in fresh alluvial deposit of the Bieszczady alluvial soils

Wyszczególnienie Specification	Zawartość, mg·kg <sup>-1</sup> s.m; Content, mg·kg <sup>-1</sup> DM						
	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni
Średnia geometryczna Geometric mean	15,6	54,0	449,9	8,9	24,0	0,34	24,3
Odchylenie geometryczne Geometric deviation	1,5	1,5	1,5	1,4	1,9	1,63	1,8
Zakres oczekiwany, od – do Expected range, from – to	7,1 34,5	24,7 118,1	213,7 947,2	4,7 16,7	6,9 83,7	0,13 0,90	7,9 75,1
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	16,8	57,7	480,5	9,4	29,6	0,38	27,4
Odchylenie standardowe Standard deviation	6,2	18,7	172,9	3,1	21,3	0,20	11,0
Zakres stwierdzony, od – do Observed range, from – to	5,4 38,6	16,0 92,0	173,0 1181,0	4,6 19,7	6,2 84,2	0,13 1,20	2,9 47,4

Tabela 4; Table 4

Zakres stwierdzony [WOŹNIAK 1996] i zakres oczekiwany zawartości frakcji rozpuszczalnej w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> niektórych pierwiastków śladowych w świeżych namulach bieszczadzkich gleb aluwialnych

The observed [WOŹNIAK 1996] and expected range of some trace elements content (soluble in 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> fraction) in fresh alluvial deposit of the Bieszczady alluvial soils

Wyszczególnienie Specification	Zawartość, mg·kg <sup>-1</sup> s.m; Content, mg·kg <sup>-1</sup> DM						
	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni
Średnia geometryczna Geometric mean	5,4	13,7	266,0	2,9	10,8	0,14	4,5
Odchylenie geometryczne Geometric deviation	1,8	1,5	1,5	1,5	1,5	1,49	1,6
Zakres oczekiwany, od – do Expected range, from – to	1,7 16,6	6,5 29,2	114,0 620,4	1,3 6,9	4,6 25,1	0,06 0,31	1,7 11,5
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	6,3	14,7	291,6	3,2	11,8	0,15	5,0
Odchylenie standardowe Standard deviation	3,5	5,6	139,0	1,2	4,8	0,06	2,5
Zakres stwierdzony, od – do Observed range, from – to	1,7 17,1	6,0 27,8	90,0 955,0	0,6 6,5	4,1 26,1	0,06 0,39	1,6 14,5

DUDKA [1992] do pierwiastków, których podwyższona zawartość w powierzchniowych warstwach gleb jest związana z oddziaływaniem czynników antropogenicznych, obok ołowiu zaliczył kadm i cynk. Analiza wielu elementów środowiska Bieszczadów [WOŹNIAK 1996] pozwoliła na stwierdzenie, że pierwiastkiem wykazującym zdecydowanie podwyższoną koncentrację w glebach jest również kadm, natomiast zawartość cynku nie wykazuje powierzchniowego, antropogenicznego nagromadzenia. Wyniki badań WOŹNIAKA [1996] i zawarte w niniejszej publikacji znajdują pełne potwierdzenie w pracach GRODZIŃSKIEJ i in. [1997]. Autorka ta wykazała również, że koncentracja Pb w mchach pobranych do analiz w parkach narodowych całej Polski jest bardzo zbliżona, co może wskazywać na dość równomierne zanieczyszczenie całego obszaru kraju tym pierwiastkiem.

Zawartość kadmu w mchach Bieszczadzkiego Parku Narodowego według GRODZIŃSKIEJ i in. [1997] należy natomiast do najwyższych w Polsce. W każdym jednak przypadku poziom zawartości w glebach i roślinach, przedstawiony w niniejszych badaniach i w pracy WOŹNIAKA [1996], zgodnie z kryteriami oceny podawanymi przez KABATĘ-PENDIAS i in [1995], nie jest na tyle wysoki, aby mógł wskazywać na degradację gleb – jest to tak zwana zawartość podwyższona.

## Wnioski

1. Porównanie zakresów stwierdzonych i obliczonych zakresów oczekiwanych dotyczących zawartości niektórych pierwiastków w glebach brunatnych kwaśnych połonin i świeżych namulach z dolin bieszczadzskich cieków z zakresami naturalnej zawartości wyznaczonymi dla obszaru Polski przez

innych autorów wskazuje, że pierwiastkiem wykazującym zdecydowanie wyższą, antropogeniczną akumulację jest ołów.

2. Znaczne zróżnicowanie pomiędzy zakresem stwierdzonym i oczekiwanym zawartości innych pierwiastków należy wiązać głównie ze zmiennością składu chemicznego skał macierzystych gleb Bieszczadów.

### Literatura

DUDKA S. 1989. *Metoda określania naturalnych zawartości metali śladowych w glebach i roślinach*. Pam. Puławski 95: 97–107.

DUDKA S. 1992. *Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski*. Praca hab. IUNG, Puławy: 48 ss.

GRODZIŃSKA A., SZAREK-ŁUKASZEWSKA G., GODZIK B., BRONIEWSKI S., BUDZIKOWSKA E., CHRZANOWSKA E., PAWŁOWSKA B., ZIELONKA T. 1997. *Ocena skażenia środowiska Polski metalami ciężkimi przy użyciu mchów jako biowskaźników*. PIOS. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: 71 ss.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1984. *Trace elements in Soils and Plants*. Boca Raton, Florida, CRC Press: 315 ss.

KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., KORDYBACH-MAKISZEWSKA B., FILIPIAK K., KARAKOWIAK A., PIETRUCH Cz. 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb*. PIOS. IUNG Puławy. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: 20 ss.

NIEMYSKA-ŁUKASZUK J. 1993. *Formy cynku, ołowiu i kadmu w glebach wybranych regionów Karpat Zachodnich*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozprawa hab. 187: 60 ss.

TIDBALL R.R., EBENS R.J. 1976. *Regional geochemical baselines in soil of the Powder River Basin, Montana – Wyoming*. „Geology and Energy Resources of the Powder River Basin”. London, R.B., Ed., 28th Annual Field Conf. Casper, Wyo. Guidebook: 299–310.

WOŹNIAK L. 1996. *Biogenne pierwiastki metaliczne i niektóre toksyczne metale ciężkie w glebach i roślinach Bieszczadów*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy 216: 80 ss.

**Słowa kluczowe:** zakres stwierdzony i oczekiwany, gleby, Bieszczady, pierwiastki śladowe

### Streszczenie

Badano zawartość niektórych metalicznych pierwiastków śladowych w glebach Bieszczadów (gleby brunatne kwaśne – poziom Ah i świeże namuły). W oparciu o zakres empiryczny wyznaczono i zaprezentowano zakres oczekiwany zawartości. Zakres ten (95% z uzyskanych wyników) obliczono w sposób następujący:  $S/SG^2$  do  $G \times SG^2$  ( $G$  – średnia geometryczna;  $SG$  – odchylenie geometryczne).



## OBSERVED AND EXPECTED RANGE OF METALLIC TRACE ELEMENTS CONCENTRATION IN BIESZCZADY MOUNTAIN SOILS

*Leszek Woźniak*<sup>1</sup>, *Andrzej Mantaj*<sup>2</sup>, *Grażyna Kruczek*<sup>1</sup>, *Paweł Zawora*<sup>2</sup>,  
*Janina Kaniuczak*<sup>1</sup>, *Janina Wójtowicz*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Chemization of Agricultural Production in Rzeszów,  
Agricultural University, Kraków

<sup>2</sup> Organization of Agricultural Production Department in Rzeszów,  
Agricultural University, Kraków

Key words: observed and expected range, Bieszczady Mts., soils, trace elements

## Summary

The contents of some metallic elements in Bieszczady mountain soils (acid brown soils – mineral horizons, fresh alluvial deposit) were described. On the basis of empirically observed range, the expected range was also determined and presented. Baseline values (95% expected ranges) were calculated as follows:  $S/SG^2$  to  $G \times SG^2$  ( $G$  – geometric mean;  $SG$  – geometric deviation).

Dr hab. Leszek **Woźniak**

Zakład Chemizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie

Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja

ul. M. Œwiklińskiej 2

35-601 RZESZÓW