

## OCENA ZANIECZYSZCZENIA OŁOWIEM GLEB UPRAWNYCH PŁASKOWYŻU KOLBUSZOWSKIEGO

*Stanisław Właśniewski*

Zakład Chemizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie  
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

### Wstęp

Zawartość i rozmieszczenie ołowiu w profilu glebowym związane jest głównie z pochodzeniem skały macierzystej [BLUME, BRÜMMER 1991; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993; NIEMYSKA-ŁUKASZUK 1993]. Jednak wyniki badań przeprowadzonych w ostatnich latach wskazują, że występowanie ołowiu w powierzchniowych poziomach gleb pozostaje w dużym stopniu pod wpływem czynników antropogenicznych, co prowadzi do nadmiernej akumulacji tego pierwiastka [BRÜMMER i in. 1986; GAMBUŚ 1993; NIEMYSKA-ŁUKASZUK 1993].

Wskaźniki rozmieszczenia podane dla gleb piaszczystych Polski w odniesieniu do klarków dla piaskowca wskazują, że ołów jest jednym z najmniej ruchliwych pierwiastków. W niezanieczyszczonych stropowych poziomach gleb piaszczystych jest go około 4-krotnie więcej niż w skałach podłoża [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993].

Nagromadzenie ołowiu w poziomach powierzchniowych gleb jest powodowane silnym jego uwstecznianiem. Jako główne czynniki wpływające na tworzenie się mało mobilnych połączeń ołowiu wymienia się najczęściej minerały ilaste i substancję organiczną [HERMS, BRÜMMER 1980; BRÜMMER i in. 1986; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993]. Ponadto tworzeniu się takich połączeń ołowiu sprzyja wysokie pH gleb oraz duża zawartość węglanu wapnia i fosforu [PELZER 1987; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993].

W niniejszym opracowaniu przy ocenie stopnia antropogenicznego zanieczyszczenia ołowiem gleb Płaskowyżu Kolbuszowskiego wykorzystano obliczoną na podstawie posiadanego zbioru danych wartość tła geochemicznego, odpowiadającą tzw. „naturalnym zawartościom” tego pierwiastka w glebie. Określono również, wykorzystując metodę zaproponowaną przez BLUMEGO i BRÜMMERA [1991], zdolność tych gleb do akumulacji ołowiu.

### Materiały i metodyka

Prace terenowe prowadzono w latach 1991-1995 w północnej części województwa rzeszowskiego w obrębie Płaskowyżu Kolbuszowskiego. Materiał glebo-

wy do analiz laboratoryjnych pobierano z poziomów ornych (Ap), z warstwy 0–20 cm, różnych jednostek typologicznych proporcjonalnie do ich udziału w areale gruntów ornych, łącznie pobrano 138 próbek.

W powietrznie suchym materiale glebowym określono podstawowe właściwości gleb ogólnie przyjętymi metodami stosowanymi w laboratoriach chemiczno-rolniczych [OSTROWSKA i in. 1991]:

- skład granulometryczny metodą Bouyoucosa-Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego,
- odczyn (pH) w roztworze KCl o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , potencjometrycznie,
- zawartość węgla organicznego (C org.) metodą Tiurina,
- kwasowość hydrolityczną (Hh) metodą Kappena,
- sumę wymiennych kationów zasadowych (S) metodą Kappena,
- pojemność wymienną w stosunku do kationów (T) jako łączną wartość S i Hh.

W badanych glebach oznaczono zawartość metali ciężkich w roztworze po trawieniu próbek w 70% kwasie chlorowym (VII) na aparacie Tecator.

W uzyskanych roztworach zawartość ołowiu określano za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej, techniką płomieniową z korekcją tła przeprowadzoną lampą deuterową. Oznaczenie zawartości ołowiu, z powodu małej koncentracji w roztworze podstawowym, wymagało specjalnego postępowania analitycznego, polegającego na zagęszczeniu i oddzieleniu od innych składników występujących w analizowanym roztworze. Wykorzystano metodę ekstrakcji do fazy organicznej (MIBK).

Wyniki opracowano statystycznie przy pomocy programu Statgraphics, obliczając podstawowe parametry statystyczne.

Tabela 1; Table 1

Wpływ pH gleby, zawartości materii organicznej i frakcji glebowej o średnicy <0,02 mm na zdolność do akumulacji\* ołowiu [BLUME, BRÜMMER 1991]

Effects of soil pH, organic matter content and soil fractions of dia.<0,02 mm on its lead accumulation\* capacity [BLUME, BRÜMMER 1991]

pH									
2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1	2	3	4	5	5	5	5	5	5

\* Siła wiązania; Binding strength: 0 – żadna; none, 1 – bardzo słaba; very weak, 2 – słaba; weak, 3 – średnia; medium, 4 – silna; strong, 5 – bardzo silna; very strong

Materia organiczna; Organic matter (%)				
<2%	2–8%		8–15%	>15%
0	1,0		1,5	2
Części sypialne; Clay fraction (%)				
<10	10–20	20–35	35–50	>50
0	0,5	0,5	1,0	1,5

Wartość średniej geometrycznej ( $G$ ) i odchylenia geometrycznego ( $SG$ ) wykorzystano do określenia „zakresu oczekiwanego” badanej zmiennej. Dolną granicę zakresu stanowi iloraz średniej geometrycznej i kwadrat odchylenia geometrycznego ( $G/SG^2$ ), a górną ich iloczyn ( $G \cdot SG^2$ ). Mieści się w nim 95% obserwacji, wykluczone zostały wartości skrajne, które są prawdopodobnie wynikiem przypadkowych zanieczyszczeń [DUDKA 1991].

Do prognozowania zdolności akumulacji ołowiu w badanych glebach wykorzystano zmodyfikowaną metodę BLUMEGO i BRÜMMERA [1991]. Oryginalna metoda wykorzystuje połowy pomiar pH w roztworze  $CaCl_2$  o stężeniu  $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , oszacowanie zawartości materii organicznej na podstawie jej barwy i określenie składu granulometrycznego metodą organoleptyczną. Klasyfikacja gleb pod kątem możliwości wiązania ołowiu zawiera 6 klas zdolności akumulacji: od klasy „0”, w której metal w ogóle nie jest wiązany, do klasy „5”, w której jest bardzo silnie wiązany. Największy wpływ na ustalenie klasy zdolności gleby do akumulacji ołowiu ma jej pH (tab. 1). Znaczna zawartość materii organicznej (powyżej 2%) i większy udział części spławialnych (powyżej 10%) mogą zwiększyć numer klasy o 0,5 lub nawet o 2 jednostki.

## Wyniki i dyskusja

Na Płaskowyżu Kolbuszowskim dominują gleby wytworzone z piasków, stąd w tej pracy nazywane one będą „glebami piaszczystymi”. Ze względu na przynależność typologiczną są to gleby brunatne, płowe i bielcowe. Gleby tego regionu, wytworzone głównie z piasków i glin wodnolodowcowych, są na ogół glebami bardzo lekkimi i lekkimi o składzie mechanicznym piasków luźnych, piasków gliniastych lekkich i mocnych (70% gleb regionu). Gliny lekkie stanowią 25%, a gliny średnie i ciężkie około 5% gleb. Są to jednocześnie gleby bardzo kwaśne ( $\text{pH} < 4,5$ ). Wprawdzie ich odczyn mięci się w dość szerokim przedziale, ale niska wartość współczynnika zmienności wskazuje na małe zróżnicowanie badanej cechy (tab. 2). Gleby bardzo kwaśne stanowią 72%, a gleby kwaśne ( $\text{pH} 4,6\text{--}5,5$ ) 20% przebadanych próbek.

Mała zawartość części spławialnych i węgla organicznego oraz przede wszystkim kwaśny odczyn wpływają na małą pojemność sorpcyjną gleb.

Całkowita zawartość ołowiu w wierzchniej warstwie gleb piaszczystych Płaskowyżu Kolbuszowskiego mieści się w dość szerokim zakresie stwierdzonym –  $4,7\text{--}47,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , przy średniej koncentracji  $13,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 3).

Średnie stężenie ołowiu w glebach Polski wynosi  $18,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , naturalna zawartość w glebach wytworzonych z piasków z reguły nie przekracza  $16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993, KABATA-PENDIAS 1995]. Podawane różne wartości tła geochemicznego dla ołowiu w glebach mieszczą się na ogół w przedziale  $25\text{--}40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993] lub  $8\text{--}25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [DUDKA 1991].

Obliczone na podstawie posiadanego zbioru danych zakresy naturalnej zawartości ołowiu zbliżone są do wartości proponowanych przez DUDKĘ [1991] i wynoszą dla gleb piaszczystych  $6,8\text{--}29,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Porównując zakres stwierdzony stężenia ołowiu w glebie z górną granicą zawartości tego metalu w obliczonym zakresie oczekiwanym można zauważyć, że są one przekraczane (tab. 3). Jednak analiza kwantyli zawartości ołowiu w glebie wskazuje, że tylko około 1% gleb miało wartości wyższe od naturalnej zawartości Pb.

Potwierdzeniem tego są współczynniki korelacji prostej, które wskazują na zależność między zawartością ołowiu i części spławialnych oraz ilością itu koloidalnego. Otrzymany współczynnik korelacji prostej ( $r$ ) dla tych zależności wynosi odpowiednio 0,51 i 0,48 i jest statystycznie istotny przy poziomie istotności  $p=0,001$ . Stwierdzono również na tym samym poziomie istotności, ale opisane niższymi wartościami współczynników korelacji, zależności z pojemnością sorpcyjną gleb i sumą zasad wymiennych. Natomiast zależności pomiędzy poziomem ołowiu a zawartością węgla organicznego i pH gleb były niskie i statystycznie nieistotne.

Tabela 2; Table 2

Właściwości fizyko-chemiczne gleb piaszczystych Płaskowyżu Kolbuszowskiego  
Physico-chemical properties of sandy soils on Kolbuszowa Plateau

Cecha gleby Soil feature	Średnia; Mean		Mediana Median	Zakres Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (%)
	arytmetyczna arithmetic	geometryczna geometric		min.	max.	
Skład granulometryczny – % cząstek; Granulometric composition – % of fractions						
1–0,1 mm	69,8	68,4	69,0	35,0	92,0	19
0,1–0,02 mm	13,2	12,2	13,0	4,0	26,0	36
<0,02 mm	17,0	14,6	16,0	4,0	48,0	56
<0,002 mm	8,6	7,2	7,0	1,0	27,0	60
pH <sub>KCl</sub>	4,3	4,3	4,2	3,5	7,1	17
Hh (cmol(+)-kg <sup>-1</sup> )	3,8	3,4	4,0	0,8	8,5	41
S (cmol(+)-kg <sup>-1</sup> )	5,7	4,1	4,3	0,4	22,2	81
T (cmol(+)-kg <sup>-1</sup> )	9,5	8,6	8,5	2,3	25,3	48
C org.; Org. C (%)	1,20	1,11	1,14	0,46	4,51	46

Hh – Kwasowość hydrolityczna; Hydrolytic acidity

S – Suma wymiennych kationów zasadowych; Base cation exchangeable capacity

T – Całkowita pojemność sorpcyjna; Total cation exchangeable capacity

Tabela 3; Table 3

Charakterystyka statystyczna ogólnej zawartości (mg·kg<sup>-1</sup>) ołowiu  
w powierzchniowej warstwie gleb piaszczystych

Statistical characteristics of total lead content (mg·kg<sup>-1</sup>) in surface horizon of sandy soils

Średnia; Mean		Mediana Median	Zakres; Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (%)
geometryczna geometric	arytmetyczna arithmetic		stwierdzony determined	oczekiwany expected	
13,7	14,6	13,7	4,7–47,4	6,8–29,2	41
Kwantyle; Quantiles					
25	50	75	90	95	99
11,0	13,7	17,4	22,2	24,3	28,3

W wyliczonych dla gleb piaszczystych Płaskowyżu Kolbuszowskiego równaniach regresji wielokrotnej, uwzględniających w sposób syntetyczny wpływ wszystkich badanych właściwości gleb, włączone zostały jako statystycznie istotne tylko dwie cechy gleby: zawartość części spławialnych ( $F_3$ ) i zawartość łu koloidalnego ( $F_4$ ), a równanie objaśnia tylko 21% zmienności ołowiu w glebie:

$$Pb = 9,616 + 0,902 (F_3) - 1,209 (F_4)$$

$$R^2 = 21.$$

Do oceny stopnia zanieczyszczenia gleb ołowiem wykorzystano kryteria opracowane w IUNG przez KABATĘ-PENDIAS i in. [1996]. Stwierdzone w stropowej warstwie gleb Płaskowyżu Kolbuszowskiego ilości ołowiu kwalifikują te gleby w 97,1% do grupy o zawartości naturalnej ( $0^\circ$ ). Zawartość podwyższoną ( $1^\circ$ ), która w przypadku badanych gleb nie jest efektem skażenia antropogenicznego, wykazuje jedynie 2,9% gleb.

Również przeprowadzona ocena zdolności wiązania ołowiu w glebach piaszczystych Płaskowyżu Kolbuszowskiego potwierdza wcześniej dokonane spostrzeżenia, które wskazują na to, że zawartość ołowiu w glebach badanego regionu jest głównie efektem naturalnego procesu glebotwórczego, a wpływ działań antropogenicznych jest mało zauważalny. Wprawdzie aż 93% gleb wykazuje dużą i bardzo dużą zdolność akumulowania ołowiu i ze wzrostem zdolności wiązania ołowiu (wyrażonym wartością klasy akumulacji) rośnie jego nagromadzenie w glebach (tab. 4), to zależności tych nie potwierdza współczynnik korelacji prostej pomiędzy stężeniem ołowiu i wartością klasy jego akumulacji. Przyjmuje on niską wartość i nie jest statystycznie istotny.

Tabela 4; Table 4

#### Klasyfikacja zdolności akumulowania ołowiu w glebach piaszczystych Płaskowyżu Kolbuszowskiego

Classification of lead accumulation capacity in sandy soils of Kolbuszowa Plateau

Klasa gleby Soil class	W klasie gleb; In soil class		Zawartość ołowiu Lead content ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	
	liczba próbek number of samples	%	średnia; mean	zakres; range
3	10	7	12,2	8,1–15,0
4	39	28	13,4	4,7–21,5
5	89	65	15,3	6,9–47,4

### Wnioski

1. Obliczony zakres naturalnej zawartości ołowiu w powierzchniowej warstwie gleb piaszczystych Płaskowyżu Kolbuszowskiego wynosi  $6,8\text{--}29,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i może stanowić punkt odniesienia dla oceny stopnia zanieczyszczenia gleb tym metalem.
2. Ogólny poziom ołowiu w glebach wykazuje ścisłe powiązanie ze składem granulometrycznym. Wpływ pozostałych właściwości na nagromadzenie tego

metalů w glebie, takich jak odczyn, zawartość materii organicznej jest niewielki.

3. Pomimo, że gleby uprawne regionu wykazują duŝe i bardzo duŝe zdolności akumulowania ołowiu, zaledwie 1% gleb przekracza poziom naturalnej zawartości tego metalu. Wskazuje to na znikome oddziaływanie czynników pochodzenia antropogenicznego na koncentrację ołowiu w poziomie ornym gleb.

### Literatura

**BLUME H.P., BRÜMMER G. 1991.** *Prediction of heavy metal behaviour in soil by means of simple field tests.* Ecotoxicology and Environmental Safety 22: 164–174.

**BRÜMMER G., GERTH J., HERMS U. 1986.** *Heavy metal species, mobility and availability in soils.* Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 149: 382–398.

**DUDKA S. 1991.** Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski. IUNG Puławy, R(293): 48 ss.

**GAMBUŚ F. 1993.** *Metale ciężkie w wierzchniej warstwie gleb i w roślinach regionu krakowskiego.* Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozpr. hab. Nr 176: 81 ss.

**HERMS H., BRÜMMER G. 1980.** *Einfluss der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolierbare Gesamthalte an Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei in Böden und kompostierten Stüdlungsabfällen.* Landwirtsch. Forschung 33(4): 408–423.

**KABATA-PENDIAS A. 1995.** *Heavy metals in soils – issues in central and eastern Europe.* International Conference „Heavy metals in the Environment”. Red Wilken R-D, Förstner U., and Knöchel A., Hamburg 1: 20–27.

**KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993.** *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* PWN, Warszawa: 364 ss.

**KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH Cz. 1996.** *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 41 ss.

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

**OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991.** *Metody analizy oceny właściwości gleb i roślin – Katalog.* Wyd. Inst. Ochr. Środ.: 334 ss.

**PELZER J. 1987.** *Der Einfluss des pH-Wertes auf die Verteilung von Blei, Cadmium und Nickel zwischen Boden und Bodenlösung.* Arch. f. Acker Pflbau 31(5): 321–325.

**Słowa kluczowe:** gleby piaszczyste, właściwości fizyko-chemiczne, ołów, interakcje, zdolność akumulacji

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości ołowiu w glebach piaszczystych w regionie Płaskowyŝu Kolbuszowskiego. Zakres oczekiwanych stęŝeń

(odpowiadający „naturalnym zawartościom” tego pierwiastka w glebie) obliczony z zależności między średnią geometryczną ( $G$ ) i odchyleniem geometrycznym ( $SG$ ) według formuły  $(G/SG^2)-(G \cdot SG^2)$  wynosi  $6,8-29,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  i może być wykorzystany jako punkt odniesienia przy ocenie zanieczyszczenia ołowiem gleb badanego regionu. Porównanie zakresu stwierdzonych stężeń ołowiu z zakresem oczekiwanym wskazuje na brak zauważalnego wpływu czynników antropogenicznych na jego poziom w glebach. Zawartość ołowiu w glebach związana jest z naturalnym procesem glebotwórczym, świadczyć o tym mogą także statystycznie istotne na poziomie istotności  $p=0,001$  współczynniki korelacji prostej ( $r$ ), uzyskane dla zawartości ołowiu i ilości frakcji o średnicy  $<0,02 \text{ mm}$  ( $r=0,51$ ) i  $<0,002 \text{ mm}$  ( $r=0,48$ ) oraz niskie statystycznie nieistotne zależności w odniesieniu do zawartości węgla organicznego i odczynu. Naturalną zawartość ołowiu ( $0^\circ$ ) wykazuje 97,1% gleb tego regionu, a jedynie 2,9% zawartość podwyższoną ( $1^\circ$ ).

Przeprowadzona ocena, według metody opracowanej przez Blumego i Brümmera, akumulacji ołowiu wskazuje na bardzo duże i duże (93% gleb) potencjalne zdolności wiązania tego metalu w glebach piaszczystych badanego regionu. Stwierdzone stężenia ołowiu, średnio na poziomie  $13,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , oraz dokonana ocena zawartości tego metalu według różnych kryteriów wskazuje, że są to nadal gleby niezanieczyszczone.

## EVALUATION OF LEAD CONTAMINATION IN ARABLE SOILS ON KOLBUSZOWA PLATEAU

*Stanisław Właśniewski*

Department of Chemization of Agricultural Production in Rzeszów  
Agricultural University, Kraków

**Key words:** sandy soils, physico-chemical properties, lead, interactions, accumulation capability

### Summary

Paper presents the results of lead content determination in sandy soils in the region of Kolbuszowa Plateau. The range of expected concentrations (corresponding to „natural contents” of that element in soil), as calculated from the relationship between geometric average ( $G$ ) and geometric deviation ( $SG$ ) according to formula:  $(G/SG^2)-(G \cdot SG^2)$ , ranges between 6.8 and 29.2  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  and may be used as a point of reference to evaluating soil contamination with lead in the studied region. Comparison of the actual range (determined) with the expected range of lead concentrations indicates no detectable effect of anthropogenic factors on its level in soils. Lead content in soils is related to natural soil generation process. This is also confirmed by statistically significant coefficients of simple correlation ( $r$ ) (at significance level  $p=0.001$ ) obtained for lead content and the share of soil fractions of dia.  $<0.02 \text{ mm}$  ( $r=0.51$ ) and dia.  $<0.002 \text{ mm}$  ( $r=0.48$ ), as well as a low, statistically insignificant relationship with the content of organic carbon and soil reaction. The natural lead content ( $0^\circ$ ) is shown by 97.1% soils in the region while only 2.9% soils indicated elevated lead levels ( $1^\circ$ ).

The evaluation of lead accumulation, performed according to the method

developed by Blume and Brümmer, indicates very high and high (93% soils) potential capabilities of binding this metal by sandy soils of studied region. However, currently detected lead concentrations, on average level of  $13.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , as well as the evaluation of the content of this metal performed according to various criteria, indicate that those soils are yet uncontaminated.

Dr inż. Stanisław **Właśniewski**

Zakład Chemizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie

Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

ul. M. Ćwiklińskiej 2

35-601 RZESZÓW