

## OGÓLNA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W GLEBACH LEŚNYCH ROZTOCZAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO (RPN)

*Barbara Skwaryło-Bednarz*

Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie  
ul. Szczepieszka 102, 22-400 Zamość  
e-mail: b\_skwarylo@inr.edu.pl

**Streszczenie.** Celem badań było określenie zawartości ogólnej Pb, Zn i Cu w glebach rdzawych zalegających pod zbiorowiskami leśnymi Roztoczańskiego Parku Narodowego. W każdej z odkrywek pobierano próby z poziomów Ah, Bv i C. Przeprowadzone analizy wykazały, iż zawartość ogólnych form ołowiu, cynku i miedzi w badanych poziomach mieściła się w ogólnie przyjętych normach dla typu gleb rdzawych. Otrzymane wyniki badań świadczą o nagromadzeniu Pb, Zn i Cu w poziomach wierzchnich (Ah) w odniesieniu do poziomów skał macierzystych (C). Najwyższą względną koncentracją (%) w poziomach organicznych charakteryzował się ołów, natomiast kumulacja cynku i miedzi była prawie dwukrotnie niższa. Stwierdzono, iż zawartość metali ciężkich w analizowanych glebach leśnych skorelowana była z właściwościami chemicznymi, w tym odczynem, zawartością węgla organicznego i pojemnością sorpcyjną.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, gleby leśne, Roztoczański Park Narodowy

### WSTĘP

Roztoczański Park Narodowy położony jest w środkowo-wschodniej części Polski, w województwie lubelskim. Obejmuje najcenniejsze przyrodniczo obszary Roztocza. Do nich niewątpliwie należą zbiorowiska leśne. Zajmują one około 95% powierzchni Parku [17]. Położone są one na różnych typach gleb, aczkolwiek do dominujących należą gleby lekkie, w tym bielicowe oraz rdzawe [10]. Są to gleby z reguły kwaśne oraz mało odporne na degradację chemiczną związaną między innymi z kumulacją metali ciężkich takich jak: Pb, Zn czy Cu.

Celem podjętych badań było określenie zawartości wybranych metali ciężkich w glebach rdzawych położonych pod zbiorowiskami leśnymi Roztoczańskiego Parku Narodowego.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2000 roku na typie gleb rdzawych wytworzonych z piasków luźnych i słabogliniastych z terenu zbiorowisk leśnych położonych w południowej i południowo-zachodniej części Roztoczańskiego Parku Narodowego. Próby do analiz pobierano z poziomów Ah, Bv i C z 14 profili glebowych bez zachowania naturalnej struktury. Ogółem pobrano 42 próby. Wyboru miejsc pod odkrywki dokonano w oparciu o mapę gospodarczo-przeładową typów i podtypów oraz gatunków gleb Roztoczańskiego Parku Narodowego w skali 1:20 000.

Przy przestrzennym doborze obszaru badań zwracano uwagę na zachowanie względnej jednorodności miejsca.

Próby glebowe zostały poddane analizom metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie. Oznaczono: skład granulometryczny metodą Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, ogólną zawartość C ogólnego metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, pH w H<sub>2</sub>O i w 1 mol·dm<sup>-3</sup> KCl potencjometrycznie, całkowitą pojemność sorpcyjną gleby (T) wg wzoru  $T = Hh + S$ , całkowitą zawartość Pb, Zn, Cu w wyciągu HClO<sub>4</sub> i HNO<sub>3</sub>, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza odczynu wykazała, iż badane gleby leśne Parku w całym profilu wykazywały odczyn kwaśny lub bardzo kwaśny (tab. 1). Poziomy skały macierzystej (C) charakteryzowały się niższymi wartościami pH<sub>KCl</sub> niż poziomy Ah czy Bv. Wartość pH<sub>KCl</sub> w poziomach Ah wahała się w granicach 3,9-4,4 natomiast w poziomach Bv i C odpowiednio: 3,8-4,3 i 3,8-4,1. Zawartość węgla organicznego w poziomach Ah mieściła się w przedziale 1,99-2,74% natomiast w poziomach Bv wynosiła 0,15-0,48% (tab. 1). Średnia wartość pojemności sorpcyjnej malała wraz z głębokością profilu glebowego. Dla badanych poziomów Ah, Bv i C wynosiła odpowiednio: 4,5, 3,4 oraz 2,9.

Ilość ołowiu ogólnego w badanych glebach rdzawych była charakterystyczna dla gleb niezanieczyszczonych [18]. Wielu autorów podejmuje się określenia naturalnej zasobności gleb Polski w metale ciężkie. Kabata-Pendias [11] podaje, że średnia zawartość ołowiu w glebach Polski wynosi 18 mg·kg<sup>-1</sup> przy naturalnej wynoszącej około 50 mg·kg<sup>-1</sup>. Według Czarnowskiej [6] "tło geochemiczne", czyli zawartość ołowiu w skale macierzystej wynosi od 3 do 18 mg·kg<sup>-1</sup> gleby. Ciepał [4] określa tę zawartość na 10 mg·kg<sup>-1</sup> przy przedziale 2-200 mg·kg<sup>-1</sup>. Większość autorów uważa, że ważną rolę w nagromadzeniu ołowiu w glebach odgrywa czynnik antropogeniczny związany głównie z działalnością hutniczą i wydobywczą [15,16]. W Polsce stosunkowo niedużo gleb charakteryzuje się słabym (0,3%) i średnim stopniem zanie-

czyszczenia (0,2%). Gleby te występują punktowo na terenie kraju i nie stanowią praktycznie żadnego zagrożenia [15,16].

**Tabela 1.** Podstawowe właściwości chemiczne gleb leśnych – zakresy i wartości średnie  
**Table 1.** Basic chemical properties of forest soils – ranges and mean values

Poziom Horizon	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Corg. Org. C (%)	Pojemność sorpcyjna Sorptive capacity of soils (T) (cmol(+)-kg <sup>-1</sup> )
Ah	5,1* 4,4-5,2***	*4,2 3,9-4,4***	1,77** 1,92-2,74***	4,5** 4,3-4,8***
Bv	*5,0 4,2-5,2***	*4,2 3,8-4,3***	0,34** 0,15-0,48***	3,4** 3,2-3,8***
C	*4,9 4,1-5,0***	*4,0 3,8-4,1***	nie badano not investigated	2,9** 1,9-3,1***

\* – wartości z logarytmu – value from logarithm,

\*\* – wartości średnie – mean values,

\*\*\* – zakres zmian – range of changes.

**Tabela 2.** Zawartość metali ciężkich w glebach leśnych – wartości średnie  
**Table 2.** Content of heavy metals in forest soils – mean values

Poziom Horizon	Pb (mg·kg <sup>-1</sup> )	* (%)	Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	* (%)	Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	* (%)
Ap	16,6	254,1	22,2	131,4	3,0	134,6
Bv	9,1	139,5	18,6	110,1	2,3	104,5
C	6,5	100	16,9	100	2,2	100

W analizowanych glebach stwierdzono kumulację ołowiu w poziomach Ah w stosunku do poziomów Bv i C (tab. 2). Świadczy to o wzbogaceniu poziomów wierzchnich w ten pierwiastek w stosunku do poziomów skały macierzystej (tab. 1). Wynosiło ono ponad 250%. Podobne wyniki otrzymało wielu autorów. Podkreślają oni, iż ołów gromadzi się w warstwie próchnicznej profilu glebowego [1,2,5]. Według Cieśli i in. [5] wyższa akumulacja ołowiu w badanych glebach leśnych może być spowodowana, nie tylko kwaśnym odczynem, ale i wysoką zawartością węgla organicznego. Potwierdza to przeprowadzona analiza statystyczna. Wynika z niej, że zawartość form ogólnych ołowiu była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością węgla organicznego, pojemnością sorpcyjną oraz pH<sub>H2O</sub> i pH<sub>KCl</sub> (tab. 3).

**Tabela 3.** Współczynniki korelacji pomiędzy Pb, Zn i Cu a podstawowymi właściwościami chemicznymi gleb leśnych

**Table 3.** Correlation coefficients between Pb, Zn and Cu and basic chemical properties of forest soils

	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Corg. – Org. C	T
Pb	0,963**	0,699**	0,998**	0,998**
Zn	0,979**	0,747**	0,999**	0,999**
Cu	0,918**	0,596*	0,981**	0,981**

\*p = 0,05; \*\*p = 0,01.

W tabeli 2 przedstawiono średnie wartości cynku ogólnego w badanych glebach. Uzyskane w pracy zawartości tego pierwiastka są zbliżone do otrzymanych przez wielu autorów [2,3,8]. Świadczą one o naturalnej ilości tego pierwiastka w badanych glebach. Terelak i in. [16] uważają, że zawartość cynku w glebach Polski nie powinna przekraczać 40 mg·kg<sup>-1</sup>. Kabata-Pendias [10] określa tę zawartość na 80 mg·kg<sup>-1</sup>. W badanych glebach nastąpiło wzbogacenie w cynk ogólny poziomów powierzchniowych w stosunku do skał macierzystych jako tła geochemicznego (tab. 2). Wynosiło ono ponad 130%. Najprawdopodobniej na akumulację tego metalu w powierzchniowych warstwach gleb miały wpływ zanieczyszczenia atmosferyczne [16]. Chojnacki i Czarnowska [3] oraz Skwaryło-Bednarz [14] podkreślają, iż gleby leśne charakteryzują się zwykle niższą zawartością cynku ogólnego niż gleby użytkowane rolniczo. Sugerują, iż związane jest to z intensywnością użytkowania gleb.

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, iż zawartość ogólna tego pierwiastka była istotnie dodatnio skorelowana z odczynem, zawartością węgla organicznego oraz pojemnością sorpcyjną (tab. 3).

Otrzymane wyniki świadczą o naturalnej zawartości miedzi w badanych glebach (tab. 2). Uzyskane ilości ogólne tego pierwiastka mieściły się w zakresie tła geochemicznego (3-11,5 mg·kg<sup>-1</sup>) [11]. Podobnie jak w przypadku wcześniej omówionych metali ciężkich, stwierdzono nagromadzenie miedzi ogólnej w poziomach organicznych (Ah) w odniesieniu do skały macierzystej (C). Wynosiło ono ponad 130%. Czarnowska [6] podkreśla, iż w glebach nie podlegających antropopresji naturalna zawartość pierwiastków w glebie, w tym miedzi zależy od skały macierzystej, składu granulometrycznego oraz procesów glebotwórczych. Z tych względów należy sądzić, iż na wzbogacenie poziomów organicznych gleb leśnych Parku w miedź ogólną miały wpływ zanieczyszczenia gazowe i pyłowe powietrza przenoszone przez wiatr, głównie z odległych ośrodków przemysłowych. Wielu autorów podkreśla, iż w glebach nieużytkowanych rolniczo nie dochodzi do kumulowania się miedzi w wierzchnich warstwach gleb. Gromadzeniu tego pierwiastka w poziomach próchnicznych sprzyja działalność rolnicza [5,12,14].

Pomiędzy zawartością miedzi ogólnej w badanych glebach leśnych a wszystkimi badanymi właściwościami chemicznymi gleb stwierdzono wiele istotnych zależności statystycznych (tab. 3).

Oznaczone ilości form ogólnych Pb, Zn i Cu w glebach leśnych Roztoczańskiego Parku Narodowego świadczą o ich naturalnej zawartości. Pomimo tego stwierdzono wzbogacenie w badane metale ciężkie poziomów wierzchnich tych gleb w stosunku do skały macierzystej. Najbardziej zauważalne jest ono w przypadku ołowiu (ponad 2,5-krotne). Cynk i miedź kumulowały się w podobnych ilościach (ponad 1,3-raza). Odczyn analizowanych gleb może wskazywać na dużą mobilność badanych metali ciężkich. Badania El-Falakay i in. [7] wykazały, że mobilność metali jest zależna od pH środowiska glebowego. Najwyższa jest w zakresie pH 2,0-6,5, co zwykle potwierdzone jest wysokimi współczynnikami korelacji (rzędu 0,95). Gorlach i Gambuś [9] podają również, iż na ograniczenie fitotoksyczności metali ciężkich dominujący wpływ ma odczyn gleby. Według autorów spośród badanych pierwiastków najsłabiej w glebie wiązany jest cynk, najsilniej miedź a pośrednio ołów. Otrzymane w niniejszej pracy zawartości metali ciężkich oraz odczyn tych gleb w całym profilu wskazują o dużej fitotoksyczności tych pierwiastków w glebach leśnych Parku. Wskazane byłoby rozszerzenie badań i określenie zawartości form badanych metali ciężkich rozpuszczalnych w kwasie solnym oraz w wodzie. Dzięki temu można byłoby otrzymać oprócz zawartości całkowitej tych pierwiastków również ich mobilność.

Wzbogacenie poziomów wierzchnich badanych gleb leśnych w Pb, Zn i Cu może świadczyć o ich antropogenicznym pochodzeniu. Najprawdopodobniej na taki stan środowiska glebowego ma wpływ napływ zanieczyszczeń gazowych oraz pyłowych przenoszonych przez wiatr głównie z nad większych aglomeracji przemysłowych takich jak Stalowa Wola czy Tarnobrzeg. Ponadto zanieczyszczenia pyłowe i gazowe pochodzenia lokalnego. Nie bez znaczenia jest wpływ szlaków komunikacyjnych przecinających teren Parku, w tym linie kolejowe (linie normalnotorowe i szerokotorowa Linia Hutniczo-Siarkowa) oraz drogi bite. Pociuszający jest fakt, iż z roku na rok zmniejsza się liczba uciążliwych emiterów poprzez prowadzoną gazyfikację w otulinie Parku oraz zminimalizowano negatywne oddziaływanie Linii Hutniczo-Siarkowej.

#### WNIOSKI

1. Całkowita zawartość ołowiu, cynku i miedzi w badanych glebach była charakterystyczna dla gleb naturalnych.
2. Analizowane metale ciężkie kumulowały się w poziomach organicznych (Ah) gleb leśnych w stosunku do poziomów skały macierzystej (C). Odnosi się to zwłaszcza do wzbogacenia poziomów wierzchnich w ołów ogólny.

3. Podwyższone zawartości ołowiu, cynku oraz miedzi w poziomach Ah badanych gleb najprawdopodobniej wynikają z antropogenicznego zanieczyszczenia powietrza.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Basta N.Y., Tabatabai M.A.:** Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils. I. Single-metal adsorption. *Soil. Sci.*, 153, 2, 108-114, 1992.
2. **Brożek S., Grzywnowicz I., Wojciechowicz A.:** Metale ciężkie w skałach macierzystych gleb leśnych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 493, cz.I, 53-63, 2003.
3. **Chojnicki J., Czarnowska K.:** Zmiany zawartości fosforu ogółem i rozpuszczalnego oraz Zn, Cu, Pb i Cd w glebach intensywnie użytkowanych rolniczo. *Rocz. Gleb.*, 44, ¾, 99-111, 1993.
4. **Ciepał R.:** Kumulacja metali ciężkich i siarki w roślinach wybranych gatunków oraz glebie jako wskaźnik stanu skażenia środowiska terenów chronionych województwa śląskiego i małopolskiego. *Wyg. UŚ, Katowice*, 1994.
5. **Cieśla W., Dąbkowska-Naskręt H., Borowska K., Malczyk P., Długosz J., Jaworska H., Kędzia W., Zalewski W.:** Pierwiastki śladowe w glebach wybranych obszarów Pomorza i Kujaw. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 414, 63-70, 1994.
6. **Czarnowska K.:** Ogólna zawartość metali ciężkich w glebach płowych Wysoczyzny Siedleckiej. *Zesz. Nauk SGGW-AR Warszawa. sec. Rolnictwo*, 16, 39-47, 1996.
7. **El-Falakay A.A., Aboulroos S.A., Lindsay W.I.:** Measurement of cadmium activities in slightly acid to alkaline soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 55, 974-979, 1991.
8. **Gambuś F.:** Miedź i cynk w koniczynie i glebach województwa krakowskiego. *Mat VII Symp. "Mikroelementy w rolnictwie"*. Wyd. AR. we Wrocławiu, 62-66, 1994.
9. **Gorlach E., Gambuś F.:** Desorpcja i fitotoksyczność metali ciężkich zależnie od właściwości gleby. *Rocz. Gleb. XLII (3/4): 207-214*, 1991.
10. **Izdebski K., Czarna B., Grądział T., Lorens B., Popiołek Z.:** Zbiorowiska roślinne Roztoczańskiego Parku Narodowego na tle warunków siedliskowych. *UMCS, Lublin*, 243-253, 1992.
11. **Kabata-Pendias A.:** Biogeochemia pierwiastków śladowych. *PWN, Warszawa*, 1-364, 1993.
12. **Kaniczuk J., Właśniewski S., Woźniak L., Hajduk E.:** Miedź w glebach i roślinach uprawnych Podgórze Rzeszowskiego. *Zesz. Nauk. Komitetu "Człowiek i Środowisko"*, 14, 87-91, 1996.
13. **Piotrowska M.:** Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w niektórych profilach gleb wytworzonych z lessów Wyżyny Sandomiersko-Opatowskiej. *Pam. Puł.*, 30, 83-98, 1967.
14. **Skwaryło-Bednarz B.:** Odporność środowiska glebowego na oddziaływanie wybranych czynników chemicznych na przykładzie gleb terenów chronionych i produkcyjnych. *Praca doktorska, AR Lublin*, 2001.
15. **Terelak H., Piotrowska M., Motowiecka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K.:** Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 45-59, 1995.
16. **Terelak H., Stuczyński T., Motowiecka-Terelak T., Piotrowska M.:** Zawartość Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i S w glebach woj. katowickiego i Polski. *Archiwum Ochrony Środowiska nr 3-4*, 167-180, PAN, Wrocław, 1997.
17. **Wilgat T.:** *RPN. Wyd. RPN Zwierzyniec*, 37-40, 206-221, 1994.
18. **Wójcikowska-Kapusta A.:** Rola czynnika antropogenicznego w kształtowaniu właściwości chemicznych oraz zasobności w niektóre mikroelementy gleb wytworzonych z lessu. *Rozpr. habil., Lublin*, 1998.

TOTAL CONTENTS OF SELECTED HEAVY METALS IN FOREST SOILS  
OF ROZTOCZE NATIONAL PARK (RPN)

*Barbara Skwaryło- Bednarz*

Institute of Agricultural Sciences in Zamość, Agricultural University of Lublin  
ul. Szczepieszka 102, 22-400 Zamość  
e-mail b\_skwarylo@inr.edu.pl

**Abstract.** The aim of the study was to determine total contents of Pb, Zn, and Cu in rusty soils under the forests of the Roztocze National Park. In each outcrop samples were taken from horizons Ah, Bv, and C. The analysis revealed that contents of total forms of lead, zinc, and copper in the investigated levels were within generally acknowledged norms for this kind of rusty soil. The results show high concentration of Pb, Zn, and Cu in surface levels (Ah) as compared to mother rock levels (C). Lead had the highest relative concentration (%) in humus levels, and accumulation of zinc and copper was nearly twice lower. It was observed that chemical properties of the analysed forest soils, such as soil reaction, content of organic carbon and sorptive capacity, had significant correlation with the content of heavy metals.

**Keywords:** heavy metals, forest soils, Roztocze National Park