

ZAWARTOŚCI Pb, Cu I Zn W GLEBACH LEKKICH ROZTOCZAŃSKIEGO  
PARKU NARODOWEGO (RPN)

*Waldemar Martyn, Barbara Skwaryło-Bednarz*

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie  
ul. Szczepieszka 102, 22-400 Zamość  
e-mail w\_martyn@inr.edu.pl

**Streszczenie.** Celem badań było określenie zawartości ogólnej Pb, Zn i Cu w glebach RPN. Badania przeprowadzono na glebach leśnych i ornych. Gleby zaliczone zostały do typu gleb rdzawych. Były to utwory o składzie piasków luźnych i słabogliniastych. Przeprowadzone badania wykazały, że ołów oraz cynk kumulowały się w poziomach Ap badanych gleb w stosunku do poziomu C, w ilościach odpowiadających glebom nie zanieczyszczonym. Koncentracja ołowiu była wyższa w glebach leśnych, natomiast cynku w glebach ornych RPN. Nie stwierdzono natomiast wyraźnej kumulacji miedzi w poziomie Ap, a jej rozmieszczenie w profilach badanych gleb leśnych było prawie równomierne i niezależne od kierunku użytkowania gleb RPN.

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

WSTĘP

Parki Narodowe są uważane za jedyną z najskuteczniejszych form ochrony przyrody. Dla pełnego osiągnięcia zamierzonego celu, na terenach chronionych ogranicza się bezpośrednią ingerencję człowieka w środowisko przyrodnicze [18,19]. Pomimo tych działań na obszarach ścisłej ochrony uwidacznia się pośredni wpływ antropogenizacji środowiska. Stwierdza się, że podatność zbiorowisk roślinnych z terenów objętych ochroną na działanie przemysłowych zanieczyszczeń gazowych, pyłowych oraz związanych z działalnością rolniczą jest zróżnicowane. Zależy nie tylko od nasilenia emisji związków i odległości od emitora, ale także od panujących warunków glebowo-siedliskowych i klimatycznych. Pod dużymi fragmentami przyrodniczo cennych zbiorowisk roślinnych RPN zalegają gleby lekkie, które są z reguły kwaśne, mało odporne na chemiczną degradację związaną między innymi z kumulacją metali ciężkich [10].

Interesującym wydaje się stąd ocena na ile prowadzona od ponad 25 lat pełna ochrona Roztoczańskiego Parku Narodowego wpłynęła na wzbogacenie lub zubożenie środowiska glebowego w metale ciężkie.

Celem podjętych badań było określenie poziomu zawartości metali ciężkich w formach ogólnych w glebach lekkich Parku.

#### MATERIAŁY I METODY

Badania polowe przeprowadzono w południowej i południowo-zachodniej części Roztoczańskiego Parku Narodowego w okolicach Równiny Biłgorajskiej. Ogółem w terenie pobrano 30 prób pochodzących z 10 profili gleb lekkich – z klasy gleb rdzawych wytworzonych z piasków luźnych i słabogliniastych. W każdej z odkrywek pobierano próby z poziomów genetycznych, tj. Ap, Bv i C, bez zachowania naturalnej struktury. Badania przeprowadzono w 5 glebach leśnych i 5 glebach użytkowanych rolniczo jako grunty orne. 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

Badane gleby leśne Roztoczańskiego Parku Narodowego w całym profilu wykazywały odczyn bardzo kwaśny bądź kwaśny (tab. 1). Wartość pH<sub>KCl</sub> wahała się: w poziomach Ah w granicach od 3,9-5,1 natomiast w poziomach Bv i C odpowiednio: 4,9-5,2 i 5,0-5,2. Generalnie, poziomy Ah gleb leśnych odznaczały się niższymi wartościami pH<sub>KCl</sub>. Podobną tendencję zanotowano w glebach ornym. Analizowane poziomy genetyczne posiadały odczyn od obojętnego poprzez lekko kwaśny do kwaśnego (tab. 1). Gleby leśne RPN były zdecydowanie bogatsze w węgiel organiczny niż gleby orne.

**Tabela 1.** Podstawowe właściwości chemiczne badanych gleb – zakres i wartości średnie  
**Table1.** Basic chemical properties of investigated soils – range and mean values

Poziom Horizon	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Corg. Org. C (%)	Pojemność sorpcyjna Soil sorptive capacity (T) [cmol(+)-kg <sup>-1</sup> ]
Gleby leśne – Forest soils				
Ah	5,3*	4,7*	2,68**	5,08**
	4,4-5,6***	3,9-5,1***	1,92-2,74***	4,55-5,10***
Bv	5,5*	5,1*	0,43**	3,44**
	5,2-5,8***	4,9-5,2***	0,15-0,48***	3,22-3,55***
C	5,4*	5,1*		2,02**
	5,2-5,7***	5,0-5,2***		1,91-2,12***
Gleby orne - Arable soils				
Ap	6,4*	6,2*	1,05**	7,12**
	6,2-7,2***	5,9-6,7***	0,92-1,12***	6,85-7,21***
Bv	5,8*	5,3*	0,19**	3,98**
	5,5-6,4***	5,1-5,9***	0,11-0,21***	3,41-4,02***
C	5,2*	4,9*		2,96**
	4,9-5,5***	4,7-5,2***		2,75-3,11***

\* – wartości z logarytmu – value from logarithm, \*\* – wartości średnie – mean values, \*\*\* – zakres zmian – range of changes

W badanych glebach zaobserwowano wyższą kumulację ołowiu w poziomach Ap w stosunku do poziomów Bv i C, niezależnie od sposobu ich użytkowania (tab. 2). W glebach leśnych zawartość ołowiu była zdecydowanie wyższa niż w glebach ornym. W obu grupach gleb nie przekraczała progu toksyczności [20]. Terelak i in. [17] podają, że średnia zawartość ołowiu w glebach użytków rolnych w Polsce wynosi 13,8 mg·kg<sup>-1</sup>, natomiast według Czarnowskiej [6,7] “tło geochemiczne”, czyli zawartość tego metalu w skale macierzystej wynosi od 3 do 18 mg·kg<sup>-1</sup> gleby. Uzyskane zawartości tego pierwiastka w glebach leśnych były zbliżone do uzyskanych przez innych autorów [1,19,20]. Z Raportu o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2000 roku [15] wynika, że ogólna zawartość ołowiu w glebach leśnych (piaski luźne i słabogliniaste) była na poziomie zbliżonym do ich naturalnego występowania. Jedynie wyższe wartości ołowiu wynoszące: 11,4-11,8 mg·kg<sup>-1</sup> uzyskano w niektórych poziomach organicznych tych gleb. Analizowane w niniejszej pracy gleby leśne charakteryzowały się znacznie wyższą (nawet kilkakrotnie) zawartością ołowiu całkowitego, aczkolwiek nieprzekraczającą progu toksyczności (tab. 2).

**Tabela 2.** Zawartość metali ciężkich w badanych glebach – wartości średnie  
**Table 2.** Contents of heavy metals in the investigated soils – mean values

Poziom Horizon	Pb (mg·kg <sup>-1</sup> )	* (%)	Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	* (%)	Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	* (%)
Gleby leśne – Forest soils						
Ap	33,1	625	15,1	124	4,0	108
Bv	17,5	330	17,7	145	2,8	76
C	5,3	100	12,2	100	3,7	100
Gleby orne – Arable soils						
Ap	19,5	433	36,1	277	3,9	122
Bv	9,9	220	17,9	137	2,5	78
C	4,5	100	13,0	100	3,2	100

\* – wzbogacenie poziomów genetycznych w stosunku do skały macierzystej – C (%) – enrichment of genetic levels as compared to parent rock – C (%).

Trudno porównać uzyskane w pracy wyniki z zawartymi w przytoczonym Raporcie, ponieważ ujęto w nim tylko zawartości form ogólnych metali z poziomów organicznych gleb, a ponadto badaniami objęto inne oddziały Parku (będące pod stałym monitoringiem) na tym samym typie gleb. Gleby poddane analizie w Raporcie są chronione od momentu utworzenia Parku. Natomiast gleby ujęte w niniejszej pracy znajdowały się w południowej i południowo-zachodniej części Parku i były wcielone do Parku oraz poddane ścisłej ochronie w późniejszym czasie. 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. Potwierdzone zostało to przeprowadzoną analizą statystyczną. Wynika z niej, iż zawartość form ogólnych ołowiu była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością węgla organicznego w glebach leśnych i ornych. Istotne dodatnie współczynniki korelacji stwierdzono również pomiędzy zawartością ołowiu a pH gleb ornych, natomiast ujemnie z pH gleb leśnych (tab. 3).

Średnia zawartość miedzi ogólnej w gruntach ornych mieściła się w zakresie tła geochemicznego określanego od 3 do 11,5 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2). Wyniki były zbliżone do gleb nie zanieczyszczonych tym pierwiastkiem [1-4,8]. Właściwości gleb leśnych Parku ujęte w Raporcie o stanie środowiska województwa lubelskiego w roku 2000 posiadały również zbliżone zawartości tego pierwiastka. Autorzy Raportu podkreślają jednoznacznie, iż w stosunku do lat 1990 i 1995 nastąpił widoczny spadek zarejestrowanych stężeń w poziomach organicznych tych gleb. Z braku danych odnośnie zawartości ogólnej miedzi w skałach macierzystych nie można określić wzbogacenia lub zubożenia poziomu organicznego gleb. Przeprowadzone w pracy badania wskazują natomiast na tendencje wzrostu zawartości tego pierwiastka w miarę intensywności gospodarowania. Wnioski te potwierdzane są badaniami Kaniuczak i in. [13] oraz Cieśli i in. [5]. Pomiedzy zawartością miedzi w glebach a badanymi właściwościami chemicznymi nie stwierdzono istotnych zależności statystycznych (tab. 3).

**Tabela 3.** Współczynniki korelacji pomiędzy Pb, Zn i Cu a podstawowymi właściwościami chemicznymi gleb**Table 3.** Correlation coefficients between Pb, Zn and Cu and the basic chemical properties of soils

	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Corg. Org. C	T	Pb	Zn	Cu
pH <sub>H2O</sub>	–						
pH <sub>KCl</sub>	1. 0,9236**	–					
	2. 0,978**						
Corg. Org. C	1. –0,772**	1. –0,852**	–				
	2. 0,852**	2. 0,810**					
T	1. –0,665**	1. –0,711**	1. 0,891**	–			
	2. 0,859**	2. 0,813**	2. 0,911**				
Pb	1. –0,596*	1. –	1. 0,886**	1. 0,928**	–		
	2. 0,877**	0,7047**	2. 0,885**	2. 0,890**			
		2. 0,847**					
Zn	1. –0,108	1. –0,282	1. 0,398	1. 0,365	1. 0,448	–	
	2. 0,665**	2. 0,724**	2. 0,645**	2. 0,503*	2. 0,606**		
Cu	1. –0,230	1. –0,237	1. 0,178	1. 0,083	1. 0,096	1. 0,521*	–
	2. 0,242	2. 0,171	2. 0,384	2. 0,392	2. 0,331	2. 0,011	

1. – gleby leśne – forest soils, 2. – gleby orne – arable soils, \*p = 0,05; \*\* p = 0,01.

Całkowita zawartość cynku w badanych glebach ornych oraz w leśnych była zbliżona do wartości gleb nie zanieczyszczonych tym pierwiastkiem [3,6,9]. W glebach nastąpiło wzbogacenie w cynk poziomów Ap w stosunku do poziomów C. Piotrowska [14] w swoich badaniach również stwierdziła wyższą zawartość cynku w poziomach powierzchniowych gleb użytkowanych rolniczo. W glebach leśnych zawartości cynku całkowitego, zbliżone były do uzyskanych przez wielu autorów [6,9,15]. Przedstawione wyniki są także zbieżne z badaniami Chojnickiego i in. [4] oraz Czarnowskiej [6]. Generalnie przyjmuje się, że gleby intensywnie użytkowane charakteryzują się zawsze wyższą zawartością cynku, niż gleby użytkowane ekstensywnie. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, iż zawartość ogólna tego pierwiastka była istotnie dodatnio skorelowana z odczynem oraz zawartością węgla organicznego gleb ornych (tab. 3).

Stwierdzono powiązanie pomiędzy pojemnością sorpcyjną T gleb, a zawartością cynku, miedzi i ołowiu. Wierzchnie poziomy gleb niezależnie od ich ochrony i sposobu użytkowania odznaczały się wyższą pojemnością sorpcyjną. Zawartości całkowite badanych pierwiastków, jak też ich ilości odnoszone do stwierdzonych w skale macierzystej pozwalają uznać, że w poziomach powierzchniowych gleb dochodzi do ich kumulacji. Z danych przedstawionych w tabeli 3 wynika, iż zawartość ołowiu była

istotnie dodatnio skorelowana z pojemnością sorpcyjną i to niezależnie od sposobu użytkowania gleb. Dodatnią istotną korelację stwierdzono również pomiędzy pojemnością sorpcyjną a zawartością cynku w glebach ornym RPN.

Zawartość całkowita Zn, Cu i Pb w badanych glebach mieści się w granicach ich naturalnego występowania. Nie bez znaczenia jest fakt, że w ciągu ostatnich lat znacznie obniżył się napływ zanieczyszczeń pyłowych na teren Parku. Uległy likwidacji uciążliwe źródła emisji w strefie ochronnej Parku, w najbliższej okolicy przeprowadzono gazyfikację oraz zminimalizowano negatywne oddziaływanie Linii Hutniczo-Siarkowej. Wyższe zawartości form ogólnych metali ciężkich w glebach leśnych niż przedstawione w Raporcie [15] mogą świadczyć o niekorzystnym oddziaływaniu zanieczyszczeń pyłowych oraz gazowych przynoszonych przez wiatr z kierunku południowo-zachodniego znad Stalowej Woli i Tarnobrzega. Teren Parku na którym zlokalizowano miejsce badań jest jednym z najbardziej narażonych na taki typ nanosu zanieczyszczeń. Z roku na rok ilość zanieczyszczeń zmniejsza się ze względu na likwidację większości emiterów. Z przeprowadzonej analizy statystycznej wynika, iż zawartość ołowiu w glebach była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością cynku. Istotne dodatnie współczynniki korelacji stwierdzono również pomiędzy zawartością ogólną cynku a miedzią w glebach leśnych. Analiza chemiczna ogólnej zawartości pierwiastków nie odzwierciedla w pełni stanu faktycznej zasobności gleb i potrzeb ich nawożenia. Istotne znaczenie mają formy przyswajalne pierwiastków (rozpuszczalne w kwasie solnym i w wodzie), z których mogą korzystać rośliny. Jest to ważne szczególnie dla Zn i Cu, które są niezbędne w wielu procesach fizjologicznych, ale w nadmiarze występując w środowisku mogą działać toksycznie [11,12,17,18].

#### WNIOSKI

1. Profilowe rozmieszczenie zawartości ogólnych form ołowiu, cynku i miedzi w badanych glebach mieści się w ogólnie przyjętych normach dla typu gleb rdzawych, aczkolwiek znacznie wyższe niż notowane przez Inspekcję Ochrony Środowiska w Raporcie o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2000 roku.

2. Formy ogólne ołowiu oraz cynku kumulowały się w poziomach Ap badanych gleb w ilości odpowiadającej glebom nie zanieczyszczonym. W przeprowadzonych badaniach zanotowano wyższą kumulację ołowiu w glebach leśnych, natomiast cynku w glebach ornym.

3. Nie stwierdzono wyraźnej kumulacji miedzi w poziomie Ap. Jej rozmieszczenie w profilach badanych gleb leśnych było prawie równomierne i niezależne od sposobu użytkowania gleb RPN.

4. Podwyższona zawartość ołowiu i cynku w poziomach Ap badanych gleb wskazuje na ich antropogeniczne pochodzenie.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Andruszczak E., Czuba R.:** Wstępna charakterystyka całkowitej zawartości makro- i mikroelementów w glebach Polski. *Rocz. Gleb.*, 35, 2, 61-78, 1984.
2. **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.
3. **Borowiec J., Bartuzi J., Dudziak S.:** Akumulacja niektórych makro- i mikroelementów w glebach chmielników. *Pam. Puł.*, 73, 167-182, 1980.
4. **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.
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.:** Badania nad rozmieszczeniem Mn, Zn, Cu, Mo w glebach wytworzonych z glin zwałowych. *Rocz. Gleb.*, 23, 2, 25-30, 1972.
7. **Czarnowska K.:** Ogólna zawartość metali ciężkich w glebach płowych Wysoczyzny Siedleckiej. *Zesz. Nauk SGGW-AR Warszawa. sec. Rolnictwo*, 16, 39-47, 1996.
8. **Czarnowska K.:** Zawartość niektórych metali ciężkich w glebach wytworzonych z różnych utworów pyłowych. *Rocz. Gleb.*, 40, 2, 107-117, 1989.
9. **Gambuś F.:** Miedź i cynk w koniczynie i glebach województwa krakowskiego. *Mat VII Symp. "Mikroelementy w rolnictwie"*. Wyd. AR. Wrocław, 62-66, 1994.
10. **Izdebski K., Czarnecka 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. **Kabata-Pendias A.:** Zanieczyszczenie pierwiastkami śladowymi gleb użytków roślinnych, w: Wybrane zagadnienia związane z chemicznymi zanieczyszczeniami gleb. PAN, Wrocław, 69-83, 1989.
13. **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.
14. **Piotrowska M.:** Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w niektórych profilach gleb wytworzonych z lessów Wyżyny Sandomiersko-Opatowskiej. *Pam. Puł.*, 30, 83-98, 1967.
15. **Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w roku 2000.** Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin 2001.
16. **Skwaryło-Bednarz B.:** Odporność środowiska glebowego na oddziaływanie wybranych czynników chemicznych na przykładzie gleb terenów chronionych i produkcyjnych. Praca doktorska, AR Lublin, 2001.
17. **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.
18. **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.
19. **Wilgat T.:** RPN. Wyd. RPN, Zwierzyniec, 37-40, 206-221, 1994.
20. **Wójcikowska-Kapusta A.:** Rola czynnika antropogenicznego w kształtowaniu właściwości chemicznych oraz zasobności w niektóre mikroelementy gleb wytworzonych z lessu. *Rozprawa habilitacyjna*, AR Lublin, 1998.

CONTENT OF Pb, Cu AND Zn IN LIGHT SOILS  
OF ROZTOCZE NATIONAL PARK (RPN)

*Waldemar Martyn, Barbara Skwaryło- Bednarz*

Institute of Agricultural Sciences in Zamość, University of Agriculture of Lublin  
ul. Szczepieska 102, 22-400 Zamość  
e-mail w\_martyn@inr.edu.pl

**Abstract.** The aim of this study was to determine the content of Pb, Zn, and Cu in the soils of Roztocze National Park. Both forest soils and arable soils were examined. The soils were classified as rusty soils and they consisted of loose sands and slightly-loamy sands. The study showed that lead and zinc were more cumulated in the Ap horizons than in the C horizons of the soils. The amount of lead and zinc in the investigated soils was at the level which allowed the soils to be classified as not contaminated. Concentration of lead was higher in the forest soils, and concentration of zinc was higher in the arable soils of Roztocze National Park. No apparent cumulation of copper was found in the Ap horizon. Moreover, the content of copper was evenly spread over the profiles of the soils examined, and did not depend on how the soils were used.

**Key words:** heavy metals, light soils, Roztocze National Park