

FORMY MIEDZI W GLEBACH LEKKICH ROZTOCZAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO (RPN)

Waldemar Martyn, Barbara Skwaryło-Bednarz

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie, Zamość

Wstęp

Powszechnie wiadomo, że jedną z najskuteczniejszych form ochrony przyrody są Parki Narodowe, do których zaliczany jest Roztoczański Park Narodowy. Położony jest on w urozmaiconym krajobrazie Roztocza Środkowego [WILGAT 1994]. Duże fragmenty powierzchni RPN, szczególnie w jego południowej i południowo-zachodniej części zajmują gleby biclicoziemne [IZDEBSKI i in. 1992]. Występują one najczęściej na terenach równinnych Parku, a porośnięte są głównie różnymi typami borów sosnowych. Powszechnie wiadomo, że gleby należące do tej klasy wykazują bardzo małą odporność na działanie czynników degradujących (są z reguły kwaśne), związanych między innymi z kumulacją metali ciężkich.

Celem badań było określenie zawartości miedzi całkowitej, rozpuszczalnej w kwasie solnym oraz w wodzie w glebach lekkich (leśnych porolnych i użytkowanych rolniczo jako grunty orne) Roztoczańskiego Parku Narodowego.

Materiały i metody badań

Badania polowe przeprowadzono w południowej i południowo-zachodniej części Roztoczańskiego Parku Narodowego w 5 glebach leśnych i 5 glebach użytkowanych jako grunty orne. Ogółem do analiz pobrano 30 próbek pochodzących z 10 profili gleb lekkich – z klasy gleb rdzawych wytworzonych z piasków luźnych i słabogliniastych. W każdej z odkrywek wykonanych na terenie leśnym pobierano próbki z poziomów, tj. Ah, Bv i C, natomiast na gruntach ornym z poziomów: Ap, Bv i C. Próbkę pobierano bez zachowania naturalnej struktury. W badanych glebach rdzawych pominięto charakterystykę poziomu O, gdyż nie występował w glebach uprawnych, a w glebach leśnych porolnych był znikomej grubości ze względu na tylko około 20-letnie zaleganie pod drzewostanem sosnowym. Wyboru miejsc pod odkrywkę 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.

Próbki glebowe zostały poddane analizom metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie.

Oznaczono:

- ogólną zawartość C ogólnego metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa,
- pH w H_2O i w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ potencjometrycznie,
- całkowitą pojemność sorpcyjną gleby (T) wg wzoru $T = Hh + S$ metodą Kappena,
- całkowitą zawartość Cu w wyciągu $HClO_4$ i HNO_3 metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA),
- Cu rozpuszczalną w 1 mol $HCl \cdot dm^{-3}$ oraz w wodzie metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA),
- wskaźnik ruchliwości Cu rozpuszczalnej w 1 mol $HCl \cdot dm^{-3}$ oraz w wodzie metodą Hornburga i Brummera za NIEMYSKA-ŁUKASZCZUK [1995].

Wyniki i dyskusja

Analizowane gleby leśne Parku Narodowego w całym profilu wykazywały odczyn bardzo kwaśny albo kwaśny (tab. 1). Wartość pH_{KCl} w poziomach Ah wahała się w granicach od 3,9–5,1, zaś 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_{KCl} niż Bv i C. Podobną tendencję stwierdzono w glebach ornym. Ich poziomy genetyczne posiadały odczyn od obojętnego poprzez lekko kwaśny do kwaśnego (tab. 1). Sposób użytkowania gleb miał znaczący wpływ na zawartość węgla organicznego. Gleby leśne RPN zawierały zdecydowanie więcej substancji organicznej niż gleby orne (tab. 1). Średnia wartość pojemności sorpcyjnej poziomów Ah gleb leśnych wynosiła $50,8 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast dla poziomów Ap gleb ornym – $71,2 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. Stwierdzono, iż maleje ona wraz z głębokością profilu glebowego i to niezależnie od sposobu użytkowania gleb Parku (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

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

Poziom; Horizon	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	C org. (%) Org. C (%)	T ($\text{mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)
Gleby leśne; Forest soils				
Ah	4,4–5,6*	3,9–5,1*	2,68	50,8
Bv	5,2–5,8*	4,9–5,2*	0,43	34,4
C	5,2–5,7*	5,0–5,2*	–	20,2
Gleby orne; Arable soils				
Ap	6,2–7,2*	5,9–6,7*	1,05	71,2
Bv	5,5–6,4*	5,1–5,9*	0,19	39,8
C	4,9–5,5*	4,7–5,2*	–	29,6

* zakres zmian; range of changes
– nie oznaczono; not determined

W analizowanych glebach zaobserwowano wyższą kumulację miedzi w poziomach Ah gleb leśnych i Ap gleb ornych w stosunku do poziomów Bv i C. Świadczy o tym wzbogacenie poziomów Ah i Ap badanych gleb w stosunku do skały macierzystej (C). Dla gleb leśnych wynosiło ono 108%, natomiast dla gleb ornych 122% (tab. 2).

Tabela 2; Table 2

Zawartość miedzi ogólnej oraz rozpuszczalnej w HCl i H₂O w badanych glebach (mg·kg⁻¹) – wartości średnie

Content of total Cu, HCl and H₂O in investigated soils (mg·kg⁻¹) – mean values

Poziom Horizon	Cu ogólna Total Cu in soils	* (%)	Cu rozpuszczalna w HCl Cu soluble in HCl	Wskaźniki ruchliwości Cu rozpuszczalnej w HCl Mobility index of Cu soluble in HCl	Cu rozpuszczalna w H ₂ O Cu soluble in H ₂ O	Wskaźniki ruchliwości Cu rozpuszczalnej w H ₂ O Mobility index of Cu soluble in H ₂ O
Gleby leśne; Forest soils						
Ah	4,0	108	2,43	60,8	0,30	7,5
Bv	2,8	76	1,69	60,4	0,19	6,8
C	3,7	100	2,21	59,6	0,24	6,5
Gleby orne; Arable soils						
Ap	3,9	122	2,27	58,2	0,22	5,6
Bv	2,5	78	1,26	50,4	0,09	3,6
C	3,2	100	1,61	50,2	0,12	3,7

* wzbogacenie poziomów genetycznych w stosunku do skały macierzystej – C (%); enrichment of genetic horizons in relation to bed-rock

Średnia zawartość ogólnej miedzi w poziomach Ah gleb leśnych wynosiła 4,0 mg·kg⁻¹, natomiast w poziomach Ap gleb ornych 3,9 mg·kg⁻¹ (tab. 2). Taką zawartością charakteryzują się gleby „czyste” o naturalnej zawartości miedzi. Średnia zawartość miedzi ogólnej w gruntach ornych mieściła się w zakresie tła geochemicznego określanego od 3 do 11,5 mg·kg⁻¹ (tab. 2). Uzyskane w niniejszej pracy zawartości miedzi były zbliżone do gleb niezanieczyszczonych tym pierwiastkiem [BOROWIEC i in. 1980; ANDRUSZCZAK, CZUBA 1984; TERELAK i in. 1990; BASTA, TABATABAI 1992; CZARNOŃSKA 1996]. Gleby leśne Parku ujęte w „Raportie o stanie środowiska przyrodniczego województwa lubelskiego w 2000 roku” [RAPORT 2001] posiadały również zbliżone zawartości tego pierwiastka. Autorzy raportu podkreślają jednoznacznie, iż w stosunku do lat 1990 i 1995 nastąpił widoczny spadek zarejestrowanych zawartości w poziomach próchnicznych tych gleb. Z braku danych dotyczących zawartości ogólnej miedzi w skałach macierzystych nie można jednoznacznie określić, czy w badanych glebach nastąpiło wzbogacenie, czy też zubożenie w ten pierwiastek poziomu próchnicznego. Przeprowadzone w pracy badania wskazują natomiast na tendencje wzrostu zawartości miedzi w miarę intensywności gospodarowania. Niniejsze wnioski potwierdzają bada-

nia KANICZUK i in. [1996] oraz CIEŚLI i in. [1994]. Pomiędzy zawartością miedzi w badanych glebach a ich wybranymi właściwościami chemicznymi stwierdzono wiele istotnych zależności statystycznych (tab. 3). Zawartość całkowita miedzi w glebach leśnych korelowała z $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , natomiast dodatnio z zawartością węgla ogólnego i wartością pojemności sorpcyjnej. Istotne dodatnie zależności stwierdzono również pomiędzy ilością miedzi ogólnej w glebach ornyc a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , zawartością węgla ogólnego, wartością pojemności sorpcyjnej.

Forma występowania metali ciężkich w glebie decyduje w znacznym stopniu o szybkości ich obiegu i migracji do wód, powietrza i świata istot żywych łącznie z człowiekiem [BARAN, TURSKI 1996]. Powszechnie wiadomo, iż zawartość ogólna pierwiastków w glebie określa tylko potencjalne możliwości migracji [GWOREK 1986; BARAN, TURSKI 1996]. Bardziej precyzyjnym wskaźnikiem przemieszczania się metali ciężkich z gleb do innych elementów środowiska jest występowanie form rozpuszczalnych (extractable), przyswajalnych (available) czy biologicznie aktywnych (ecologically significant forms) [BARAN, TURSKI 1996; KARCZEWSKA 1998]. Są one w praktyce laboratoryjnej uwalniane różnymi roztworami ekstrakcyjnymi, takimi jak: rozcieńczone roztwory kwasów mineralnych i organicznych, sole, związki kompleksujące a nawet czysta woda. Pomimo, iż metale są silnie związane przez koloidy organiczne, mineralne i organiczno-mineralne gleb na zasadzie sorpcji wymiennej, to w warunkach silnego zakwaszenia i obfitych opadów są one przemieszczane w głąb profilu do wód gruntowych.

Poziomy Ah gleb leśnych charakteryzowały się nieznacznie wyższą zawartością miedzi rozpuszczalnej w 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ w porównaniu do poziomów Ap gleb ornyc (tab. 2). Średnia jej wartość dla poziomów Ah gleb leśnych wynosiła $2,43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast dla poziomów Ap gleb ornyc $2,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 2). Biorąc pod uwagę procent rozpuszczalności w kwasie solnym, czyli tzw. „wskaźnik ruchliwości” [NIEMYSKA-ŁUKASZCZUK 1995] miedzi, to stanowił on 60,8% całkowitej zawartości tego pierwiastka dla gleb leśnych oraz 58,2% dla gleb ornyc. Jego wartość nieznacznie malała w miarę głębokości profili glebowych. Powszechnie wiadomo, że w warunkach kwaśnego odczynu wzrasta rozpuszczalność metali ciężkich, w tym również miedzi. Potwierdza to przeprowadzona analiza statystyczna, szczególnie w przypadku gleb leśnych. Formy miedzi rozpuszczalne w 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ w tych glebach korelowały ujemnie z wartością odczynu (tab. 3). Znajduje to uzasadnienie w badaniach WÓJCIKOWSKIEJ-KAPUSTY [1998]. Odmienne wyniki uzyskano natomiast dla gleb ornyc Parku. Ilość miedzi rozpuszczalnej w 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ korelowała dodatnio z odczynem tych gleb, a wraz ze wzrostem pH zwiększała się bezwzględna zawartość rozpuszczalnych form, a malał jej procentowy udział w ilości ogółem.

W poziomach Ah gleb leśnych odnotowano nieznacznie wyższą zawartość miedzi rozpuszczalnej w H_2O w porównaniu do poziomów Ap gleb ornyc (tab. 2). Dla poziomów Ah gleb leśnych średnia wartość tej formy miedzi wynosiła $0,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ze wskaźnikiem ruchliwości – 7,5%, natomiast dla poziomów Ap gleb ornyc – $0,22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ze wskaźnikiem ruchliwości 5,6%. Niezależnie od kierunku użytkowania gleb stwierdzono tendencję malejącą zawartości badanej formy miedzi, jak i jej wskaźnika ruchliwości w głąb profili glebowych. Potwierdza to przeprowadzona analiza statystyczna. Wykazała ona istotne, ujemne korelacje między zawartością miedzi rozpuszczalnej w H_2O a pH gleb leśnych oraz istotne dodatnie korelacje pomiędzy tymi samymi badanymi cechami gleb ornyc (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Współczynniki korelacji pomiędzy Cu ogólną oraz rozpuszczalną w HCl i wodzie a podstawowymi właściwościami chemicznymi gleb

Correlation coefficients between total Cu and Cu soluble in HCl and H₂O basic chemical properties of soils

Wyszczególnienie Specification	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	C org. Org. C	T (mmol(+):kg ⁻¹)
pH _{H₂O}	–			
pH _{KCl}	1. 0,87** 2. 0,98**	–		
C org. Org. C	1. –0,78** 2. 0,94**	1. –0,99** 2. 0,99**	–	
T	1. –0,54* 2. 0,96**	1. –0,89** 2. 0,99**	1. 0,95** 2. 0,99**	–
Zawartość całkowita Cu Total Cu content	1. –0,96** 2. 0,5*	1. –0,69** 2. 0,68**	1. 0,58* 2. 0,77**	1. 0,28 2. 0,72**
Cu rozpuszczalna w HCl Acid soluble Cu	1. –0,97** 2. 0,64**	1. –0,73** 2. 0,79**	1. 0,62* 2. 0,87**	1. 0,33 2. 0,83**
Cu rozpuszczalna w H ₂ O Water soluble Cu	1. –0,99** 2. 0,73**	1. –0,89** 2. 0,86**	1. 0,81** 2. 0,92**	1. 0,58* 2. 0,90**

1. gleby leśne; forest soil

2. gleby orne; arable soils

* p = 0,05

** p = 0,01

T pojemność wymienna kationów; cation exchangeable capacity

W niniejszej pracy stwierdzono istotny wpływ zawartości próchnicy na całkowitą zawartość miedzi i jej form rozpuszczalnych. Potwierdzone to zostało wysokimi dodatnimi współczynnikami korelacji (tab. 3). Badania są zgodne z wynikami otrzymanymi przez innych autorów [WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA 1998; SKWARYŁO-BEDNARZ 2001]. Ponadto stwierdzono powiązanie pomiędzy wartością pojemności sorpcyjnej gleb a zawartością badanych form miedzi. Z danych przedstawionych w tabeli 3 wynika, iż pojemność sorpcyjna gleb ornych Parku była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością miedzi.

Wnioski

1. Profilowe rozmieszczenie zawartości miedzi całkowitej w badanych glebach leśnych i ornych mieści się w ogólnie przyjętych normach dla typu gleb rdzawych.
2. Miedź ogólna kumulowała się w poziomach Ah gleb leśnych i Ap gleb ornych w ilości odpowiadającej glebom niezanieczyszczonym.

3. Poziomy Ah gleb leśnych charakteryzowały się wyższą zawartością miedzi rozpuszczalnej w kwasie solnym i wodzie w porównaniu do poziomów Ap gleb ornyc.
4. Zaobserwowano tendencję malejącą zawartości badanych form miedzi w miarę głębokości badanych profili glebowych i to niezależnie od kierunku użytkowania gleb Parku.
5. Podwyższona zawartość miedzi ogólnej (mieszcząca się w zakresie tła geochemicznego) w poziomach Ah i Ap badanych gleb wskazując najprawdopodobniej na ich antropogeniczne pochodzenie.

Literatura

- ANDRUSZCZAK E., CZUBA R. 1984. *Wstępna charakterystyka całkowitej zawartości makro- i mikroelementów w glebach Polski*. Roczn. Gleb. 35(2): 61–78.
- BARAN S., TURSKI R. 1996. *Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb*. Wyd. AR w Lublinie: 68–126.
- BASTA N.Y., TABATABAI M.A. 1992. *Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils*. I. Single-metal adsorption. Soil Sci. 153(2): 108–114.
- BOROWIEC J., BARTUZI J., DUDZIAK S. 1980. *Akumulacja niektórych makro- i mikroelementów w glebach chmielników*. Pam. Puł. 73: 167–182.
- CIEŚLA W., DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., BORKOWSKA K., MALCZYK P., DŁUGOSZ J., JAWORSKA H., KĘDZIA W., ZALEWSKI W. 1994. *Pierwiotki śladowe w glebach wybranych obszarów Pomorza i Kujaw*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 414: 63–70.
- CZARNOWSKA K. 1996. *Ogólna zawartość metali ciężkich w glebach płowych Wysoczyzny Siedleckiej*. Zesz. Nauk SGGW-AR w Warszawie, Sec. Rolnictwo 16: 39–47.
- GWOREK B. 1986. *Zawartość rozpuszczalnych pierwiastków śladowych w glebach wytworzonych z glin zwalowych*. Roczn. Gleb. 37(1): 9–90.
- IZDEBSKI K., CZARNECKA B., GRADZIEL T., LORENS B., POPIOLEK Z. 1992. *Zbiorowiska roślinne Roztoczańskiego Parku Narodowego na tle warunków siedliskowych*. Wyd. UMCS, Lublin: 243–253.
- KANICZUK J., WŁAŚNIEWSKI S., WOŹNIAK L., HAJDUK E. 1996. *Miedź w glebach i roślinach uprawnych Podgórze Rzeszowskiego*. Zesz. Nauk. Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN 14: 87–91.
- KARCZEWSKA A. 1998. *Uwalnianie Cu, Pb i Zn z gleb silnie zanieczyszczonych pod wpływem kwasów mineralnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 363–369.
- NIEMYSKA-ŁUKASZUK J. 1995. *Metale ciężkie w glebach uprawnych wybranych regionów Karpat Zachodnich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421a: 295–301.
- RAPORT 2001. *Raport o stanie środowiska przyrodniczego województwa lubelskiego w 2000 roku*. WIOŚ, Lublin: 148–150.
- SKWARYŁO-BEDNARZ B. 2001. *Odporność środowiska glebowego na oddziaływanie czynników chemicznych na przykładzie gleb terenów chronionych i produkcyjnych*. Praca doktorska. AR, Lublin: 151 ss.

TERELAK H., STUCZYŃSKI T., MOTOWIECKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M. 1990. Zawartość Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i S w glebach woj. katowickiego i Polski. *Archiwum Ochrony Środowiska* 3-4: 167-180.

WILGAT T. 1994. *Roztoczański Park Narodowy*. Wyd. RPN, Zwierzyniec: 37-40.

WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A. 1998. *Rola czynnika antropogenicznego w kształtowaniu właściwości chemicznych oraz zasobności w niektóre mikroelementy gleb wytworzonych z lessu*. Rozpr. habil. Wyd. AR w Lublinie: 67 ss.

Słowa kluczowe: miedź ogólna, miedź rozpuszczalna w HCl, miedź rozpuszczalna w H₂O, gleby lekkie, Roztoczański Park Narodowy

Streszczenie

W pracy określono zawartości Cu ogólnej oraz rozpuszczalnej w HCl i H₂O w glebach Roztoczańskiego Parku Narodowego (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 Cu ogólna kumulowała się w poziomach Ap badanych gleb w stosunku do poziomu C, w ilościach odpowiadających glebom niezanieczyszczonym. Ilość miedzi była nieznacznie wyższa w glebach leśnych niż w glebach ornych RPN. W glebach leśnych zaznaczyła się również tendencja wyższej zawartości miedzi rozpuszczalnej w kwasie solnym oraz w H₂O w porównaniu do gleb ornych. Badane gleby niezależnie od kierunku użytkowania cechowały się wysokimi wskaźnikami ruchliwości miedzi rozpuszczalnej w kwasie solnym.

FORMS OF COPPER IN LIGHT SOILS OF THE ROZTOCZE NATIONAL PARK (RPN)

Waldemar Martyn, Barbara Skwaryło-Bednarz
Institute of Agricultural Sciences in Zamość,
Agricultural University, Lublin

Key words: total Cu, Cu soluble in HCl, Cu soluble in H₂O, light soils, the Roztocze National Park

Summary

The study determined the contents of total, acid soluble and water soluble of Cu in the soils of Roztocze National Park (RPN). The study was carried out on both, forest soils and arable soils. The soils were classified as rusty soils formed of loose sands and slightly loamy sands. The study showed that the total Cu was cumulated in Ap horizons of the soils, as compared to C horizons, in amounts characteristic for unpolluted soils. Cu content was slightly higher in forest

soils than in arable soils of RPN. Higher amounts of soluble in hydrochloric acid and water soluble of Cu were observed in forest soils of RPN than in arable soils. Both types of soil were characterized by high mobility indices of Cu soluble in hydrochloric acid.

Prof. dr hab. Waldemar **Martyn**
Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu
Akademia Rolnicza
ul. Szczepkowska 102
22-400 ZAMOŚĆ
e-mail: w_martyn@inr.edu.pl