

OCENA ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH I AKTYWNOŚCI  
KATALAZY W GLEBACH OTULINY  
ROZTOCZAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO

*Barbara Skwaryło-Bednarz, Monika Kwapisz, Joanna Onuch, Anna Krzepilko*

Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Szczepińska 102, 22-400 Zamość  
e-mail: barbara.skwarylo@up.lublin.pl

**Streszczenie.** Celem pracy była ocena zawartości całkowitej wybranych metali ciężkich (Pb, Zn i Cu) oraz aktywności katalazy w poziomach genetycznych profili gleb lekkich (gleb rdzawych) położonych na terenie otuliny Roztoczańskiego Parku Narodowego. Zgodnie z polskimi ustaleniami normatywnymi w glebach obszaru badań nie stwierdzono przekroczenia wartości dopuszczalnych stężeń Pb, Zn i Cu. Uzyskane wyniki badań świadczą jednak o akumulacji oznaczonych metali w poziomach wierzchnich (Ap) w odniesieniu do poziomów skał macierzystych (C). Próby gleby świeżej cechowały się większą aktywnością katalazy niż gleby wysuszonej. Aktywność tego enzymu była największa w poziomie Ap i malała wraz z głębokością w profilu glebowym. Stwierdzono, że zawartość całkowita metali ciężkich w analizowanych glebach była istotnie skorelowana z właściwościami chemicznymi (pH, zawartością węgla organicznego i pojemnością sorpcyjną) oraz aktywnością katalazy w glebie świeżej i wysuszonej.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, aktywność katalazy, gleby lekkie, otulina parku, Roztoczański Park Narodowy

#### WSTĘP

Według Ustawy o ochronie przyrody z 16 kwietnia 2004r. (Dz. U. z 2004 r. Nr 92, poz.880) otulina jest to wydzielony obszar ochronny wokół przyrodniczo chronionego terenu. Zasadniczym celem otuliny jest przede wszystkim ochrona przyrodniczo cennych terenów przed antropopresją. Jednym ze sposobów monitorowania wpływu działalności człowieka na środowisko przyrodnicze obszarów chronionych jest m.in. ocena zawartości metali ciężkich w glebach. Metale te odgrywają istotną rolę w zanieczyszczeniu oraz degradacji gleb, a ich ilość uzależniona jest od czynników naturalnych – tzw. biogeochemicznego tła

oraz antropogenicznych (zanieczyszczeń przemysłowych, działalności agrotechnicznej) (Baran 2000). Ocena zawartości metali ciężkich w glebach oraz wskazanie ich ewentualnego źródła jest szczególnie ważne na obszarach graniczących z parkami narodowymi.

Celem niniejszej pracy było zbadanie zawartości całkowitej ołowiu, cynku i miedzi w glebach lekkich otuliny Roztoczańskiego Parku Narodowego. Powszechnie wiadomo, że w glebach lekkich z reguły kwaśnych o ubogim kompleksie sorpcyjnym najczęściej ujawnia się negatywne oddziaływanie związków o działaniu fitotoksycznym, takich jak metale ciężkie (Gambuś i in. 2004, Wróbel i in. 2010). W pracy zbadano również aktywność katalazy zaliczanej do enzymów glebowych, które coraz częściej wykorzystywane są w celu oceny stopnia antropogenicznego zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi (Bartkowiak i Lemanowicz 2014, Mocek-Płóćiniak 2010).

#### MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w maju 2012 roku na glebach rdzawych wytworzonych z piasków luźnych i słabogliniastych położonych w południowej i południowo-zachodniej części otuliny Roztoczańskiego Parku Narodowego. Do badań wytypowano 10 profili glebowych z obiektów o średniej powierzchni około 0,20ha. Próby glebowe do analiz laboratoryjnych pobrano z głównych poziomów genetycznych (Ap, Bv i C). Na polach doświadczalnych uprawiane były ziemniaki, których przedplonem były zboża. Z wywiadu bezpośredniego z rolnikami uprawiającymi badane pola wynika, że prowadzona przez nich gospodarka rolna ma charakter ekstensywny – zalecany na terenach objętych ochroną.

Próby glebowe zostały poddane analizom metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie (Ostrowska i in. 1991).

Oznaczono w nich:

- zawartość C organicznego ogółem metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa,
- pH w H<sub>2</sub>O i w roztworze 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup> potencjometrycznie,
- całkowitą pojemność sorpcyjną gleby (T) metodą Kappena,
- całkowitą zawartość Pb, Zn, Cu w HClO<sub>4</sub> i HNO<sub>3</sub>, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) po mineralizacji mieszaniną stężonych kwasów,
- aktywność katalazy zmodyfikowanej metodą Becka (Brauner i Bukatsch 1987). Aktywność katalazową prób glebowych świeżych i powietrznie suchych mierzono równoległe i wyrażono w cm<sup>3</sup> wydzielonego tlenu w czasie 1 min przez 1g gleby (cm<sup>3</sup>·g<sup>-1</sup>).

W celu statystycznej oceny wyników badań obliczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona.

### WYNIKI I DYSKUSJA

Poziomy genetyczne badanych gleb rdzawych cechowały się odczynem bardzo kwaśnym lub kwaśnym (tab. 1). Wartość  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  wahała się: w poziomach Ap w granicach od 4,3-5,1, a w poziomach Bv i C odpowiednio: 4,0-4,6 i 3,8-4,2. Średnia zawartość węgla organicznego w poziomie Ap wynosiła  $14,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  natomiast w Bv –  $4,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 1). Wartość pojemności sorpcyjnej badanych gleb zmniejszała się wraz z głębokością w profilu glebowym. Jej średnia wartość dla poziomu Ap wynosiła  $8,35 \text{ [cmol(+)}\cdot\text{kg}^{-1}]$ , a dla poziomów Bv i C odpowiednio:  $6,75 \text{ [cmol(+)}\cdot\text{kg}^{-1}]$  i  $3,10 \text{ [cmol(+)}\cdot\text{kg}^{-1}]$  (tab. 1).

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

Poziom Horizon	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Corg. Org. C ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Pojemność sorpcyjna Sorptive capacity (T) ( $\text{cmol(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Gleby otuliny – Soils of protected zone (n = 10)				
Ap	5,2	4,9	14,5	8,35
	4,5-5,5	4,3-5,1	11,5-17,5	7,85-10,25
Bv	4,7	4,4	4,5	6,75
	4,2-4,9	4,0-4,6	1,5-6,5	5,22-8,47
C	4,4	4,1	–	3,10
	4,2-4,6	3,8-4,2		2,90-4,45

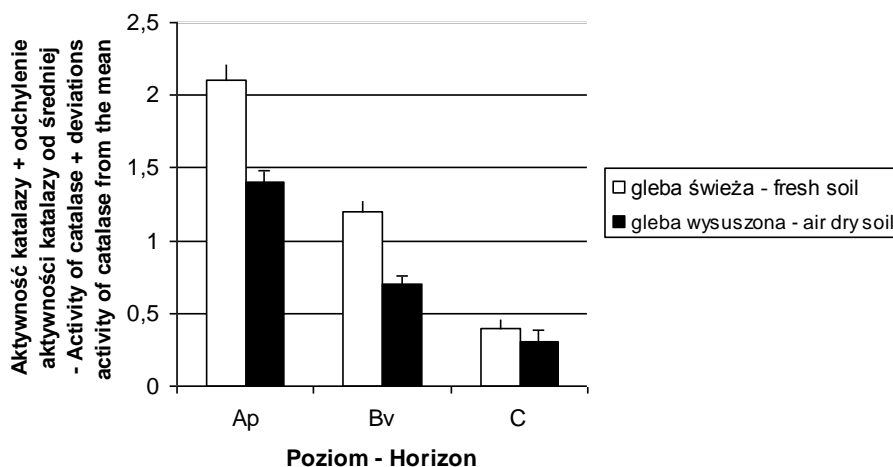
**Tabela 2.** Zawartość metali ciężkich w badanych glebach – wartości średnie  
**Table 2.** Content of heavy metals in the investigated soils – mean values

Poziom Horizon	Pb ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	*(%)	Zn ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	*(%)	Cu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	*(%)
Ap	40,2	515	29,1	208	4,9	136
Bv	26,4	338	17,9	128	4,2	117
C	7,8	100	14,0	100	3,6	100

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

Zawartości całkowite ołowiu, cynku i miedzi oznaczone w analizowanych glebach nie przekraczały ilości dopuszczalnych dla tego rodzaju gleb, zgodnie z ustaleniami normatywnymi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359 z dnia 4 X 2002 r.).

Średnia zawartość całkowita ołowiu w badanych profilach glebowych wahała się w zakresie od 7,8 do 40,2 mg·kg<sup>-1</sup>. Ilość tego pierwiastka malała wraz z głębokością w profilu glebowym, co związane jest z jego małą mobilnością i tworzeniem łatwych połączeń z materią organiczną (Karczewska i Kabała 2002, Jaworska i Dąbkowska-Naskręt 2011). Fakt ten w prezentowanej pracy potwierdza przeprowadzona analiza statystyczna. Wykazała ona istotne dodatnie zależności pomiędzy ilością węgla organicznego a zawartością ołowiu ( $r = +0,955$ ) (tab. 3). Według Kabaty-Pendias i Pendias (1999) zawartość całkowita ołowiu w skałach macierzystych często jest wykorzystywana jako wskaźnik do prospekcji geochemicznej. Wielu autorów podkreśla, że akumulacja ołowiu w powierzchniowych warstwach gleb jest bardzo ściśle związane z oddziaływaniem czynnika antropogenicznego (Dąbkowska-Naskręt i Różański 2009, Sanka i in. 1995). W prezentowanej pracy średnia ilość ołowiu w poziomach Ap była ponad 5-krotnie wyższa niż w C, co dodatkowo potwierdza silne oddziaływanie gospodarowania i działalności człowieka na kumulowanie ołowiu w wierzchnich warstwach gleby.



**Rys. 1.** Aktywność katalazy (cm<sup>3</sup>·g<sup>-1</sup>) w badanych glebach – wartości średnie  
**Fig. 1.** Activity of catalase (cm<sup>3</sup>·g<sup>-1</sup>) in the investigated soils – mean values

Zawartość całkowita cynku w badanych glebach wahała się od 14,0 do 29,1 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2). Rozpatrując dystrybucję cynku w profilu glebowym badanych gleb można stwierdzić, że metal ten gromadzi się w poziomach Ap.

Pomimo, że cynk jest jednym z najbardziej ruchliwych metali w glebie, to jego duże nagromadzenie w poziomach wierzchnich najprawdopodobniej związane jest z tworzeniem trwałych połączeń z materią organiczną (tab. 2). W niniejszej pracy zaobserwowano wyraźne dodatnie korelacje pomiędzy zawartością węgla organicznego w glebach a ilością cynku ( $r = +0,998$ ) (tab. 3). Podobne rezultaty badań uzyskali inni autorzy. Cieśla i in. (1994) stwierdzili tendencję tego pierwiastka do akumulacji w poziomach wierzchnich gleb brunatnych obszaru Pomorza i Kujaw. Według Piotrowskiej (1967) ilość cynku ogólnego w glebach jest skorelowana z kierunkiem i intensywnością jej użytkowania.

Średnia zawartość całkowita miedzi w poziomach genetycznych badanych gleb wahała się w zakresie od 3,6 do 4,9 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2), co jak dowodzą badania Terelaka i in. (1995), jest zawartością naturalną dla tego typu gleb. W niniejszych badaniach nagromadzenie miedzi stwierdzono w poziomach Ap. Jest to najprawdopodobniej związane z tym, że jest to metal silnie wiązany przez materię organiczną w mało mobilne formy. Podobnie badania Piotrowskiej i Terelaka (1997) wskazują na nieco wyższą ilość tego pierwiastka w poziomach próchnicznych gleb Pomorza i Kujaw w porównaniu do naturalnej zawartości tego metalu. Waroszewski i in. (2010) badając profilowe rozmieszczenie miedzi w glebach brunatnych i bielcowych wytworzonych z różnych skał macierzystych w Parku Narodowym Gór Stołowych, stwierdzili, że ilość tego metalu w poziomach mineralnych jest bliska tłu geochemicznemu skał macierzystych badanych gleb, co wskazuje na brak zanieczyszczenia. Ponadto badania tych autorów wskazują na wyższą koncentrację miedzi w poziomach wierzchnich, bez istotnych różnic pomiędzy porównywalnymi glebami. W niniejszej pracy stwierdzono istotne dodatnie zależności pomiędzy zawartością węgla organicznego a ilością miedzi ( $r = +0,985$ ) (tab. 3).

Z przeprowadzonych badań wynika, że w glebach obszaru badań nie zostały przekroczone wartości dopuszczalne stężeń Pb, Zn i Cu, pomimo stwierdzonego wzbogacenia poziomów wierzchnich w te metale w odniesieniu do skały macierzystej (Dz. U. Nr 165, poz. 1359 z dnia 4 X 2002 r.). Gleby cechujące się taką zawartością metali ciężkich mogą być wykorzystywane do produkcji rolniczej bez ograniczeń. Oznaczenie całkowitej zawartości metali ciężkich jest dobrym wskaźnikiem degradacji chemicznej, aczkolwiek gleba przy takiej ocenie traktowana jest jako akumulator zanieczyszczeń. Istotna jest także rola gleby jako transmittera metali ciężkich – form ruchliwych, tj. frakcji rozpuszczalnych w wodzie i wymiennych (Baran 2000), które są łatwo dostępne dla organizmów żywych. Według Sienkiewicz (2012) niskie zawartości metali ciężkich mogą wynikać ze wzrostu ich rozpuszczalności i pobierania przez rośliny w warunkach kwaśnego odczynu gleb, a takim w prezentowanej pracy cechował się obszar

badania. Można wnioskować, że niska zawartość metali ciężkich w badanych glebach otuliny może korzystnie wpływać na jakość produkowanych biosurowców.

Nadmierna ilość metali ciężkich w glebie prowadzi do pogorszenia właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby (Dziadek i Waclawek 2005). Jednym z najczulszych wskaźników oceny jakości gleb jest zbadanie ich właściwości biologicznych, w tym pomiar aktywności enzymatycznej. W dostępnej literaturze często podkreśla się, że aktywność enzymatyczna w dużym stopniu uzależniona jest od typu gleby, poziomu genetycznego, właściwości fizykochemicznych oraz roślinności (Nowak i in. 1999, Borowska i in. 2007). Generalnie gleby lekkie cechują się niższą aktywnością enzymatyczną niż ciężkie o znacznej zawartości próchnicy. Aktywność enzymatyczną gleb ocenia się na podstawie aktywności wielu enzymów w tym m.in. katalazy. W środowisku glebowym katalaza obecna jest w komórkach mikroorganizmów wykorzystujących tlen do procesów oddechowych (Brzezińska 2006). Ponadto katalaza uwolniona z komórek cechuje się znaczną stabilnością dzięki sorpcji przez minerały ilaste oraz substancję organiczną kosztem pewnego obniżenia aktywności (Brzezińska 2006).

W prezentowanej pracy oznaczono aktywność katalazy w próbach glebowych świeżo pobranych i powietrznie suchych z poszczególnych poziomów genetycznych. Z przeprowadzonych badań wynika, że większą aktywnością katalazy cechowały się próby gleby świeżej niż wysuszonej i to niezależnie od głębokości w profilu glebowym. W obu przypadkach aktywność tego enzymu malała wraz z głębokością poboru prób. Największą aktywnością katalazy cechowały się próby gleby świeżej pobrane z poziomów Ap, a najniższą próby gleby wysuszonej z poziomów C. Według Bartosza (2003) za większe tempo rozkładu nadtlenu wodoru przez próbę gleby świeżej odpowiedzialne są mikroorganizmy zawierające enzym katalazę oraz związki organiczne i mineralne takie jak tlenki metali ciężkich, jony metali grup przejściowych –  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{1+}$ . Z tego powodu tempo rozkładu nadtlenu wodoru przez próbę gleby świeżej jest zwykle większe niż powietrznie suchej (Skwaryło-Bednarz i Krzepińko 2007). Potwierdzają to wyniki uzyskane w niniejszej pracy. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne dodatnie korelacje pomiędzy zawartością węgla organicznego w glebach z badanych powierzchni i poziomów a aktywnością katalazy. Na podobne zależności wskazują badania innych autorów (Brzezińska 2004, Margesin i in. 2000).

Według Mocek-Płóćniak (2010) metale ciężkie mogą wpływać na nieprawidłowe funkcjonowanie enzymów glebowych. Wysokie stężenia miedzi w glebie zmniejszają aktywność wielu enzymów, takich jak dehydrogenaza, ureaza, fosfataza kwaśna i fosfataza alkaliczna (Wyszkowska i in. 2003), natomiast katalaza jest najbardziej odporna na zanieczyszczenie gleb miedzią (Wy-

szkowska i in. 2009). W niniejszych badaniach aktywność katalazy oznaczona w glebie świeżej i wysuszonej była skorelowana dodatnio z zawartością analizowanych metali ciężkich (tab. 3).

**Tabela 3.** Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością całkowitą metali ciężkich, badanymi właściwościami chemicznymi gleb i aktywnością katalazy (n = 30, p = 0,01)

**Table 3.** Coefficients of correlation between total contents of heavy metals, investigated chemical properties of soils and activity of catalase (n = 30, p = 0.01)

	Pb	Zn	Cu
pH <sub>KCl</sub>	0,774	0,792	0,795
Corg. – Org. C	0,955	0,998	0,985
T pojemność sorpcyjna / sorptive capacity	0,898	0,816	0,883
Aktywność katalazy – gleba świeża Activity of catalase – fresh soil	0,993	0,972	0,999
Aktywność katalazy – gleba wysuszona Activity of catalase – air dry soil	0,971	0,993	0,994

## WNIOSKI

1. Zgodnie z polskimi standardami jakości gleb i ziem w glebach obszaru badań nie zanotowano przekroczenia wartości dopuszczalnych stężeń Pb, Zn i Cu.

2. Wzbogacenie w badane metale ciężkie poziomów powierzchniowych (Ap) w stosunku do poziomów skał macierzystych (C) najprawdopodobniej wynika z ich antropogenicznego pochodzenia.

3. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne dodatnie korelacje pomiędzy zawartością całkowitą Pb, Zn i Cu a badanymi właściwościami chemicznymi (pH<sub>KCl</sub>, Corg., pojemność sorpcyjna) i aktywnością katalazy w glebie świeżej i wysuszonej.

## IŚMIENNICTWO

- Baran S., 2000. Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb. Wyd. AR Lublin, 106-133.
- Bartkowiak A., Lemanowicz J., 2014. Application of biochemical tests to evaluate the pollution of the Unislaw Basin soils with heavy metals. *Int. J. Environ. Re.*, 8(1), 93-100.
- Bartosz G., 2003. Druga twarz tlenu. Wyd. PWN Warszawa, 30-57.
- Borowska K., Koper J., Tykwińska T., 2007. Zawartość selenu w wybranych typach gleb mineralnych regionu Kujaw i Pomorza na tle aktywności oksydoreduktaz. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 31, 18-22.
- Brauner L., Bukatsch F., 1987. *Praktikum z fizjologii roślin*. Wyd. PWN Warszawa, 36-37.

- Brzezińska M., 2004. Aeration status of soil and enzyme activity. In: Soil-Plant-Atmosphere Aeration and Environmental Problems (Eds J. Gliński, G. Józefaciuk, K. Stahr). IA PAN, Lublin, 55-60.
- Brzezińska M., 2006. Aktywność biologiczna oraz procesy jej towarzyszące w glebach organicznych nawadnianych oczyszczonymi ściekami miejskimi. *Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie*, 131, 1-164, 12.
- Cieśla W., Dąbkowska-Naskręt H., Borowska K., Malczyk P., Długosz J., Jaworska H., Kędzia W., 1994. Pierwiastki śladowe w glebach wybranych obszarów Pomorza i Kujaw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 414, 63-70.
- Dąbkowska-Naskręt H., Różański S., 2009. Formy połączeń Pb i Zn w glebach urbanoziemnych miasta Bydgoszczy. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 41, 489-496.
- Dziadek K., Waclawek W., 2005. Metale w środowisku. Cz. I. Metale ciężkie (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym. *Chemia, Dydaktyka, Ekologia i Metrologia* 10 (1-2), 33-44.
- Gambuś F., Rak M., Wieczorek J., 2004. Wpływ niektórych właściwości gleby na fitoprzyzwalność i rozpuszczalność cynku, miedzi i niklu w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 502 (1), 71-79.
- Jaworska H., Dąbkowska-Naskręt H., 2011. Profilowa dystrybucja i mobilność ołowiu w wybranych glebach uprawnych z obszaru Pradoliny Głogowskiej. *Proceedings of ECOpole*, 5, 1, 239-243.
- Kabata-Pendias A., 1989. Zanieczyszczenie pierwiastkami śladowymi gleb użytków roślinnych, w: Wybrane zagadnienia związane z chemicznymi zanieczyszczeniami gleb. PAN, Wrocław, 69-83.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa, 1-398.
- Karczewska A., Kabała C., 2002. Pierwiastki śladowe w glebach Parku Narodowego Gór Stołowych. (w:) Szerszeń L., Kabała C.: *Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych*. Monografia, Wydawnictwo PNGS Szczeliniac, 6, 133-160.
- Margesin R., Zimmerbauer A., Schinner F., 2000. Monitoring of bioremediation by soil biological activities. *Chemosphere*, 40, 339-346.
- Mocek-Plóćiniak A., 2010. Wykorzystanie aktywności enzymatycznej do oceny antropogenicznych zmian wywołanych przez metale ciężkie w środowisku glebowym, *Nauka Przyroda Technologie* 4, 1-10.
- Nowak J., Niedźwiedzki E., Dziel M., 1999. Wpływ metali ciężkich na zmiany aktywności enzymatycznej gleby. *Rocz. Glebozn.*, 1/2, 61-68.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. *Wyd. Instytut Ochrony Środowiska*, 9-212, Warszawa.
- Piotrowska M., 1967. Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w niektórych profilach gleb wytworzonych z lessów Wyżyny Sandomiersko-Opatowskiej. *Pam. Puł.*, 30, 83-98
- Piotrowska M., Terelak H., 1997. Metale ciężkie w glebach Pomorza i Kujaw na tle ich występowania w kraju. *Mat. Konf. Monitorowanie i ochrona gleb Pomorza i Kujaw. Przysiek/Toruń*, 6-19.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *Dz. U. z 2002 r. nr 165, poz. 1359*.
- Sanka M., Strnad M., Vondra J., Paterson E., 1995. Sources of soil land plant contamination in an urban environment and possible assessment methods. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 59, 327-343.



- Sienkiewicz A., 2012. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach autogenicznych Nadleśnictwa Supraśl i Dojlidy w Puszczy Knyszyńskiej. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 3, 91-94.
- Skwaryło-Bednarz B., Krzepiło A., 2007. Biological and antioxidant properties of soils from the protected zone of Roztocze National Park. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16, 3A, ISSN 1230-1485, 251-254.
- Terelak H., Piotrowska M., Motowiecka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K., 1995. Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 45-59.
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. *Dz. U. Nr 92, poz. 880 z dnia 16 kwietnia 2004 r.*
- Waroszewski J., Kabała C., Drozdowska J., 2010. Profilowe rozmieszczenie miedzi w glebach brunatnych i bielcowych wytworzonych z różnych skał macierzystych w Parku Narodowym Gór Stołowych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 42, 91-99.
- Wróbel S., Kaus A., Sienkiewicz U., Sadowski J., 2010. Wpływ metali ciężkich na pozostałości pendimetaliny w glebie. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 50 (2), 863-866.
- Wyszowska J., Kucharski J., 2003. Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 492, 427-433.
- Wyszowska J., Kucharski M., Kucharski J., Borowik A., 2009. Activity of dehydrogenases, catalase and urease in copper polluted soil. *J. Elementol.*, 14(3), 605-617.

ASSESSMENT OF THE CONTENT OF HEAVY METALS  
AND CATALASE ACTIVITY IN SOILS LOCATED IN PROTECTED ZONE  
OF THE ROZTOCZE NATIONAL PARK

*Barbara Skwaryło-Bednarz, Monika Kwapisz*

Faculty of Agricultural Sciences in Zamość, University of Life Sciences in Lublin  
ul. Szczepińska 102, 22-400 Zamość  
e-mail: barbara.skwarylo@up.lublin.pl

**Abstract.** The aim of the study was to assess the total content of heavy metals (Pb, Zn and Cu) and catalase activity in horizons of genetic profiles of light soils (rusty soils), located in the protected zone of the Roztocze National Park. The limit values of concentration of Pb, Zn and Cu in analysed soils were not exceeded in accordance with the Polish legal regulations. However, our results indicated the accumulation of those metals in the surface horizon (Ap) compared to the parent rock (C). Fresh soil samples had higher catalase activity than the dry soil samples. The enzyme activity was the highest in the Ap horizon and decreased with the depth in the soil profile. It was found that the total content of heavy metals in analysed soils was significantly correlated to the chemical properties (pH, the content of organic carbon, soil absorbing capacity) and the activity of catalase in fresh and air dry soil.

**Keywords:** heavy metals, activity of catalase, light soils, protected zone, the Roztocze National Park