

## ZAWARTOŚĆ NIEKTÓRYCH MIKROELEMENTÓW W CIELE MAKROSAPROFAGÓW GLEBOWO-ŚCIOŁKOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD STOPNIA ZAKWASZENIA ŚRODOWISKA ICH ŻYCIA

*Kazimiera Gromysz-Kałkowska, Ewa Szubartowska,  
Aneta Unkiewicz-Winiarczyk*

Zakład Fizjologii Zwierząt, Instytut Biologii,  
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

### Wstęp

Krocionogi (*Diplopoda*) i równonogi (*Isopoda*) zajmują wśród saprofagicznej fauny glebowej ważne miejsce z uwagi na ich wysoką aktywność pokarmową. Przez ich przewod pokarmowy przechodzą wraz z glebą ogromne ilości resztek organicznych, a niski współczynnik asymilacji sprawia, że 80–90% konsumowanego przez nie pożywienia wydalane jest w postaci ekskrementów [GERE 1955; SPRENGEL 1986].

Aktywność pokarmowa sprzyja wysokiej koncentracji niektórych pierwiastków w biomasie tych zwierząt, a stosunkowo długi, w porównaniu z mikroorganizmami, okres życia wpływa stabilizująco na krążenie pierwiastków poprzez ich magazynowanie i sukcesywne uwalnianie w odchodach, wylinkach i w końcu śmierci. Na skutek migracji tych zwierząt ich ekskrementy są odkładane w różnych częściach profilu glebowego. W tych miejscach obserwuje się ożywioną aktywność mikroorganizmów, dzięki którym przyspieszeniu ulegają procesy humifikacji i mineralizacji [SEASTEDT, TATE 1981; PETERSEN, LUXTON 1982; TRACZ, GROMYSZ-KAŁKOWSKA 1987; TEUBEN 1991; TRACZ 1993].

Z uwagi na pozytywną rolę makrosaprofagów w środowisku oraz fakt, że coraz częściej na skutek antropopresji środowisko życia tych zwierząt ulega nadmiernemu zakwaszeniu oznaczono zawartość Zn, Mn, Fe i Cu u dwóch gatunków krocionogów i dwóch gatunków równonogów przebywających w warunkach o obniżonym pH.

### Materiał i metody

Materiał stanowiły dorosłe osobniki dwóch gatunków krocionogów (*Diplopoda*): *Orthomorpha gracilis* C.L. KOCH i *Cylindroiulus burzenlandicus* VERH. oraz dwóch gatunków równonogów (*Isopoda*): *Porcellio scaber* LATR. i *Armadillidium nasutum* B.-L.

Materiał do doświadczeń zbierano: *Armadillidium nasutum* i *Orthomorpha gracilis* w szklarniach Ogrodu Botanicznego UMCS w Lublinie oraz w Gospodarstwie Szklarniowym w Leonowie; *Porcellio scaber* na rumowiskach okolic Lublina; *Cylindroiulus burzenlandicus* w lasach nadleśnictwa Chełm.

Hodowle zwierząt w pracowni prowadzono w krystalizatorach z dnem pokrytym piaskiem oraz ściółką z wilgotnych brzoźowych liści – stanowiącą pokarm - w stałych warunkach wilgotności (87–94%) i temperatury (22–23°C) przy naturalnym oświetleniu.

Grupę kontrolną (K) stanowiły osobniki przebywające na ściółce nieskażonej o pH  $\pm 4$ . Grupę doświadczalną (D) stanowiły zwierzęta przetrzymywane przez okres 1 miesiąca na ściółce skażonej kwasem siarkowym o pH  $\pm 2$ .

Zawartość wybranych pierwiastków w ciele krocionogów i skorupiaków grup kontrolnych oraz doświadczalnych, wykonano metodą spektrometrii emisyjnej. Potraktowane eterem zwierzęta umieszczano w naczynkach wagowych, w termostacie w temperaturze 50–60°C. Suszono je do osiągnięcia stałej masy. Następnie materiał poddano dodatkowemu działaniu temperatury 105°C przez 90 min. Na wadze Sartorius sporządzano 0,5 gramowe odważki analityczne, które przenoszono bezpośrednio do bomby teflonowej mineralizatora mikrofalowego CEM MDS 2000. Po dodaniu 6 ml ultra czystego kwasu azotowego MERCK przeprowadzono mineralizację w systemie zamkniętym w piecu MDS-2000. Moc mineralizatora była tak sterowana mikroprocesorem, aby uzyskać maksymalne ciśnienie 170 psi we wszystkich bombach przez czas 10 minut jako końcowy etap mineralizacji. Analit po ostygnięciu przenoszono do szkła miarowego (50 ml), po czym próbkę poddawano dodatkowemu sączeniu.

Oznaczenia na zawartość pierwiastków wykonano spektrometrem ICP-D 824 Hilger (Anglia). Opracowano sekwencyjny program wykonujący pomiar emisji dla odpowiednich metali z uwzględnieniem efektów matrycowych. Do kalibracji i rekalkibracji krzywych wzorcowych użyto wielopierwiastkowego wzorca ICP (MERCK 11355).

## Wyniki i dyskusja

Stwierdzono, że krocionóg *Cylindroiulus burzenlandicus* charakteryzuje się niższą zawartością Zn, Fe i Cu, a wyższą Mn, w porównaniu z *Orthomorpha gracilis*. U badanych gatunków równonogów zawartość Zn, Fe i Cu kształtowała się na zbliżonym poziomie, jedynie poziom Mn był niemal dwukrotnie wyższy u *Armadillidium nasutum*, aniżeli u *Porcellio scaber* (tab. 1).

Odnotowane różnice między badanymi gatunkami mogą być związane z odmiennymi, naturalnymi mechanizmami regulacji poziomu metali, tzn. ich pobierania i magazynowania [KRAMARZ 1996]. Potwierdza to odnotowany w badaniach własnych zróżnicowany zakres zawartości pierwiastków w ciele poszczególnych gatunków makrosaprofitów (rys. 1).

Istotną rolę w ograniczaniu transportu pierwiastków do wnętrza organizmu pełnią powłoki ciała. Wśród krocionogów najwyższą sprawnością okrywy ciała jako bariery cechuje się *C. burzenlandicus*. U tych zwierząt tergity, pleuryty i sternity połączone są w pełny pierścień, który dobrze izoluje jamę ciała od szkodliwych czynników [KANIA 1994]. Podobną zależność między tempem przenikania pierwiastków a budową szkieletu zewnętrznego wykazano u innych gatunków bezkręgowców [MIGULA 1991].

Tabela 1; Table 1

Zawartość mikroelementów w ściółce i ciele makrosaprofagów  
Content of microelements in the litter and macrosaprophagan body

Gatunek Species	Grupa Grup	Zawartość mikroelementów (mg·kg <sup>-1</sup> s.m.) Microelement content (mg·kg <sup>-1</sup> DM)			
		Zn	Mn	Fe	Cu
<i>Orthomorpha gracilis</i> C.L. KOCH	K	454	19,35	55,85	202,5
	D	561,5	62,55	97,0	585,6
<i>Cylindroiulus burzenlandicus</i> VERH.	K	101,5	104,6	10,75	125,45
	D	97,01	132,56	16,05	146,9
<i>Porcellio scaber</i> LATR.	K	199	69,7	37,45	231,0
	D	203,5	57,15	31,52	211,0
<i>Armadillidium nasutum</i> B.-L.	K	233,2	122,65	38,6	255,5
	D	215,02	80,25	29,35	307,75
Ściółka; Litter		71,6	85,2	187,3	7,0

Znaczne ilości pierwiastków przenikają do organizmu zwierząt bezkręgowych przez jednowarstwowy nabłonek przewodu pokarmowego. Należy tu jednak zauważyć, że wnikanie tą drogą może być zróżnicowane, bowiem istotną rolę w regulacji dostępności pierwiastków u wielu bezkręgowców pełnią mikroorganizmy przewodu pokarmowego. Zróżnicowany skład mikroflory przewodu pokarmowego może zatem w pewnym stopniu modyfikować pobieranie i wydalanie mikroelementów przez bezkręgowce [MIGULA 1991].

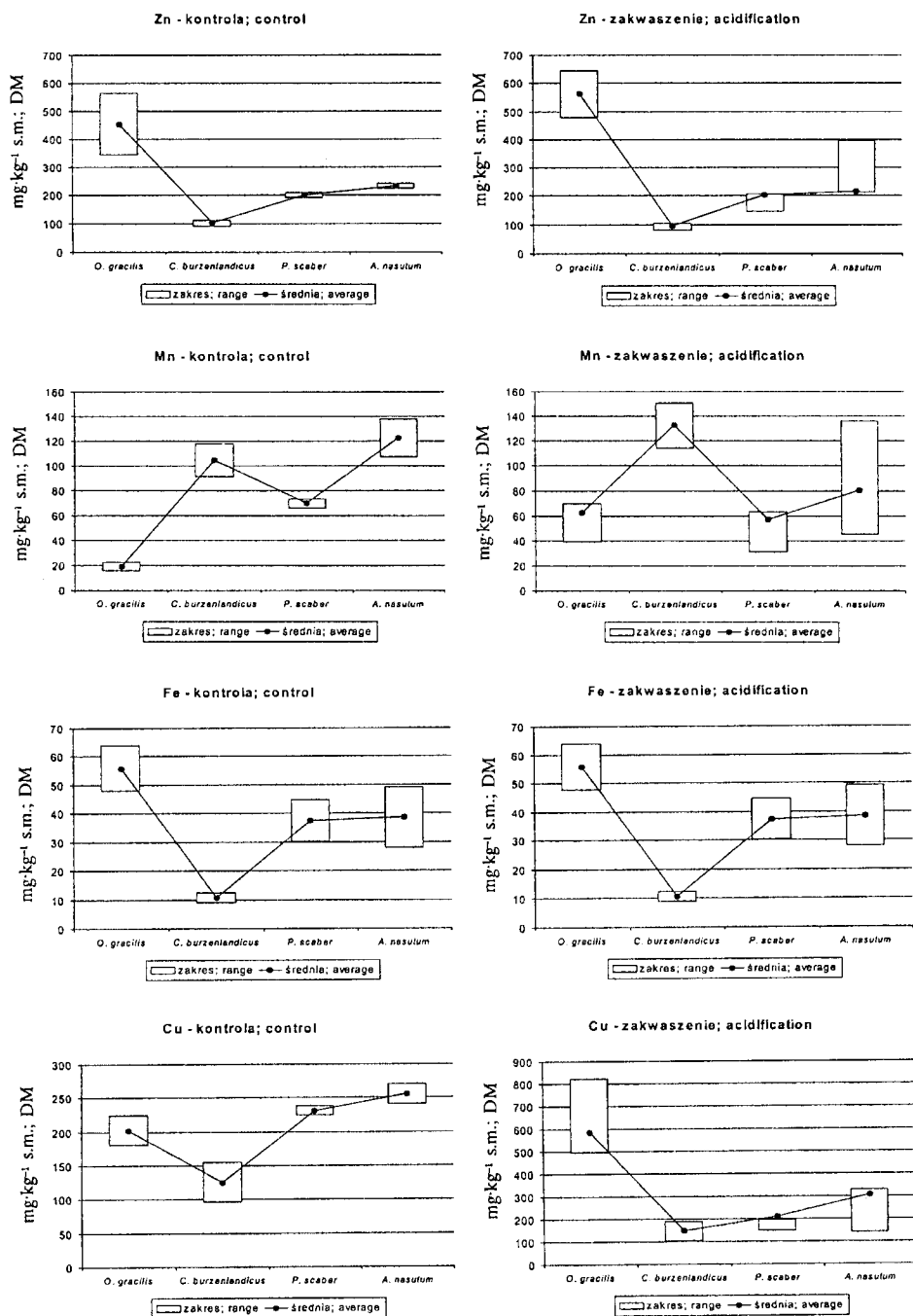
Pierwiastkiem najbardziej kumulowanym w organizmie makrosaprofagów była miedź. Zawartość tego mikroelementu w ciele zwierząt była od 18 do 36 razy większa w porównaniu ze ściółką. Poziom cynku w ciele był wyższy niż w ściółce kilka razy. Stosunkowo niewielką kumulację manganu odnotowano u *C. burzenlandicus* i *A. nasutum*. Zawartość żelaza u wszystkich gatunków była niższa niż w ściółce (tab. 1).

Dane te mogą świadczyć o zróżnicowanym zapotrzebowaniu makrosaprofagów na poszczególne mikroelementy.

U krocionogów ze środowiska o pH obniżonym o dwie jednostki, stwierdzono wzrost zawartości oznaczonych mikroelementów, za wyjątkiem Zn u *C. burzenlandicus*, u którego poziom tego pierwiastka nie zmienił się. U równonogów, ogólnie biorąc, zaznaczyła się tendencja spadkowa. Tylko u *Porcellio scaber* nie odnotowano zmian w zawartości cynku, a u *Armadillidium nasutum* wystąpił dość wyraźny wzrost zawartości miedzi (tab. 1).

Różnice między krocionogami a równonogami mogą być związane z odmienną wrażliwością zwierząt na zakwaszenie środowiska. Jak podaje UNKIEWICZ-WINIARCZYK [1999] wrażliwość badanych gatunków na zakwaszenie, oceniana na podstawie wartości LC<sub>50</sub> przedstawia się następująco:

*Porcellio scaber* – *Armadillidium nasutum* – *Orthomorpha gracilis* – *Cylindroiulus burzenlandicus*.



Rys. 1. Zawartość mikroelementów ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w ciele makrosaprofagów  
 Fig. 1. Contents of microelements in macroprophagons' bodies ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  DM)

Większa wrażliwość równonogów na zakwaszenie może wynikać z mniejszej zawartości węglanu wapnia w powłokach ich ciała. Wykazano, że przy kontakcie naskórkowym kwas wchodzi w reakcję z węglanem wapnia wysycającym kutikulę zwierząt bezkręgowych, co stanowi dość istotny mechanizm obronny. Krocionogi przebywając w ściółce zakwaszonej mobilizują czynnie węglan wapnia, odnotowano bowiem zwiększenie ilości wapnia u osobników przetrzymywanych w ściółce skażonej kwasem siarkowym [TRACZ i in. 1992].

Reasumując można stwierdzić, że badane gatunki ściółkowo-glebowe, żyjące w naturalnie zakwaszonym środowisku, wykształciły prawdopodobnie pewne mechanizmy przystosowawcze i dlatego mogą, w określonym zakresie, tolerować zwiększoną kwasowość środowiska.

### Wnioski

1. Zawartość oznaczonych mikroelementów – Zn, Mn, Fe i Cu u badanych makrosaprofagów była zróżnicowana w zależności od gatunku.
2. Badane makrosaprofagi wykazywały wysoki stopień kumulacji miedzi, nieco mniejszy cynku, w niewielkim stopniu kumulowały mangan, natomiast poziom żelaza był u tych organizmów o wiele niższy niż w ściółce.
3. Obniżenie pH o około  $\pm 2$  jednostki, generalnie, zwiększało zawartość oznaczonych mikroelementów u krocionogów, a zmniejszało u równonogów.

### Literatura

- GERE G. 1955. *The examination of the feeding biology and the humificative function of Diplopoda and Isopoda*. Acta. Biol. Hung. 6: 257–271.
- KANIA G. 1994. *Mechanizmy obronne dwuparców (Diplopoda, Myriapoda)*. Przegląd Zoologiczny 37: 202–214.
- KRAMARZ P. 1996. *Biomagnifikacja czy detoksykacja – sposoby regulacji poziomu metali u bezkręgowców glebowych*. Wiad. Ekol. 42: 79–90.
- MIGULA P. 1991. *Strategie adaptacji bezkręgowców do środowisk zanieczyszczonych metalami*. Biotechnologia 3–4: 13–14.
- PETERSEN H., LUXTON M. 1982. *A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes*. Oikos 39: 297–388.
- SEASTEDT R., TATE C.M. 1981. *Decomposition rates and nutrient contents of arthropod remains in forest litter*. Ecology 62: 13–19.
- SPRENGEL T. 1986. *Die Doppelfüßler (Diplopoda) eines Kalkbuchenwaldes und ihre Funktion beim Abbau der Laubstreu*. Doctor thesis, Göttingen: 113 ss.
- TEUBEN H. 1991. *Interactions between animals and microorganism during decomposition of pine litter*. Doctor thesis, Univ. Amsterdam: 124 ss.
- TRACZ H. 1993. *Problemy udziału Diplopoda w dekompozycji materii organicznej borów świeżych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 87 ss.

TRACZ H., GROMYSZ-KALKOWSKA K. 1987. *The role of Ommatoiulus sabulosus L. (Diplopoda) in the circulation of some macro- and microelements in the fresh pine forest.* Ann. Warsaw. Agric. Univ. SGGW-AR, For. a. Wood Technol. 35: 15–20.

TRACZ H., GROMYSZ-KALKOWSKA K., SZUBARTOWSKA E. 1992. *Influence of the environment acidity on Orthomorpha gracilis (Diplopoda).* Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW, For. a Wood Technol. 43: 77–82.

UNKIEWICZ-WINIARCZYK A. 1999. *Wpływ skażeń środowiska na metabolizm oddechowy i reakcje obronne u niektórych makrosaprofagów.* Praca doktorska, UMCS Lublin: 141 ss.

**Słowa kluczowe:** makrosaprofagi, mikroelementy, zakwaszenie środowiska

### Streszczenie

Znaczenie makrosaprofagów dla środowiska ściółkowo-glebowego polega na ich specyficznym udziale w immobilizacji i mobilizacji różnych pierwiastków, co wpływa stabilizująco na komponenty ekosystemu. Ta funkcja stabilizująca jest szczególnie ważna w ekosystemach, w których gleby charakteryzują się dużymi fluktuacjami w dostępności pierwiastków. Makrosaprofagi, poprzez koncentrację wielu mikroelementów, oddziałują stabilizująco na ich krążenie, uwarunkowane z jednej strony magazynowaniem, a z drugiej sukcesywnym uwalnianiem.

Z uwagi na tę rolę makrosaprofagów oraz fakt, że coraz częściej na skutek antropopresji środowisko życia tych zwierząt ulega nadmiernemu zakwaszeniu, oznaczono zawartość Zn, Mn, Fe i Cu u dwóch gatunków krocionogów i dwóch gatunków równonogów przebywających w warunkach o obniżonym pH.

Stwierdzono, że zawartość oznaczonych mikroelementów – Zn, Mn, Fe i Cu u badanych makrosaprofagów była zróżnicowana w zależności od gatunku. Wykazano wysoki stopień kumulacji miedzi, nieco mniejszy cynku i tylko niewielki manganu. Poziom żelaza u badanych zwierząt był o wiele niższy niż w ściółce. Odnotowano, że obniżenie pH, generalnie, zwiększało zawartość oznaczonych mikroelementów u krocionogów, a zmniejszało u równonogów.

### CONTENT OF SOME MICROELEMENTS IN THE BODY OF SOIL MACROSAPROPHAGANS AS AFFECTED BY ENVIRONMENT ACIDITY

*Kazimiera Gromysz-Kalkowska, Ewa Szubartowska,  
Aneta Unkiewicz-Winiarczyk*

Department of Animal Physiology, Institute of Biology,  
Maria Curie-Skłodowska University, Lublin

**Key words:** macrosaprophagans, microelements, environment acidity

### Summary

The importance of macrosaprophagans for the litter-soil environment consists largely in a specific role these organisms play in immobilization and mobili-

zation of various elements. This, in turn, stabilizes the ecosystem's components. This stabilizing function is particularly important in ecosystems with soils exhibiting huge fluctuations in elements' availability. Owing to numerous trace elements macrosaprophagans stabilize their circulation which is dependent on their storing on one hand and their successive release on the other.

Because of this role of macrosaprophagans and the fact that the living environment of these animals undergoes excessive acidification as a result of anthropopressure more and more frequently, the Zn, Mg, Fe and Cu levels were determined in two species of millipedes and two species of isopods living in lower – pH environments.

It was discovered that the amount of determined trace elements – Zn, Mn, Fe and Cu – in examined macrosaprophagans varies depending on their species. A high level of copper accumulation, slightly lower in the case of zinc and low in the case of manganese were observed. The level of iron in examined animals is much lower than in the litter. It was observed that lowering of pH generally increases the content of determined trace elements in millipedes and reduces the content of those elements in isopods.

Prof. dr hab. **Kazimiera Gromysz-Kałkowska**  
Zakład Fizjologii Zwierząt, Instytut Biologii  
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej  
ul. Akademicka 19  
20-033 LUBLIN  
e-mail: [eszubart@biotop.umcs.lublin.pl](mailto:eszubart@biotop.umcs.lublin.pl)