

---

# *Journal of Elementology*

*Quarterly Reports issued by  
the Polish Society for Magnesium Research*

Volume 12 Number 3 September 2007



**Redaktor Naczelny/Editor in-Chief**

Teresa Wojnowska

Zastępca Redaktora Naczelnego/Deputy Editor in-Chief

Józef Koc

**Komitet Naukowy/Scientific Board**

Manfred Anke (Jena, Niemcy), Wiesław Bednarek (Lublin), Maria H. Borawska (Białystok),

Maria Brzezińska (Szczecin), Jerzy Czapla (Olsztyn), Jan W. Dobrowolski (Kraków),

Alfreda Graczyk (Warszawa), Witold Grzebisz (Poznań), Harsha Ratnaweera (Norwegia)

Sandor A. Kiss (Szeged, Węgry), Tadeusz Koziellec (Szczecin), Andrzej Lewenstam (Turku, Finlandia – Kraków), Magdalena Maj-Żurawska (Warszawa), André Mazur DVN, PhD (St. Genés Champanelle, Francja), Stanisław Mercik (Warszawa), Edward Niedźwiecki (Szczecin),

Kazimierz Pasternak (Lublin), Mikołaj Protasowicki (Szczecin), Franciszek Przała (Olsztyn),

Andrzej Rajewski (Poznań), Zbigniew Rudkowski (Wrocław), Mathias Seifert (Dortmund, Niemcy),

Maria Soral-Śmietana (Olsztyn), Lech Walasek (Bydgoszcz), Zofia Zachwieja (Kraków)

**Redaktorzy/Co-Editors**

Józef Szarek, Stanisław Sienkiewicz, Ireneusz M. Kowalski

**Sekretarze Redakcji/Secretary**

Jadwiga Wierzbowska, Katarzyna Glińska-Lewczuk

**Adres Redakcji/Editorial Office**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

ul. Michała Oczapowskiego 8, 10-719 Olsztyn, tel. +48 089 5233231

<http://www.uwm.edu.pl/jelementol>

Autor strony internetowej: Sławomir Krzebietke

**Wydawnictwo dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego  
oraz wspierane przez Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**

Ark. wyd. 6,4; ark druk. 5,25; pap. offset. kl. III 80 g B-1  
Druk: MIRDRUK, 10-080 Olsztyn, ul. Profesorska 9, tel. 857-90-34

---

## SPIS TREŚCI

**Prace oryginalne**

E. BOROS, J. WYSZKOWSKA, J. KUCHARSKI – <i>Wpływ niklu na wzrost drobnoustrojów na podłożach stałych</i> .....	167
I. PERUCKA, J. NURZYŃSKI, K. OLSZÓWKA – <i>Wpływ <math>CaCl_2</math> na zawartość składników mineralnych w liściach sałaty</i> .....	181
B. PLISZKA, E. MIELESZKO, G. HUSCZA-CIOŁKOWSKA, B. WRÓBLEWSKA-WIERZBICKA – <i>Zawartość związków antocyjanowych i ich właściwości przeciwwutleniające w różnych odmianach kapusty głowiastej czerwonej (<i>Brassica oleracea L. var capitata L. f. rubra</i>)</i> .....	191
S. SZYMCZYK, B. GRABIŃSKA, J. KOC-JURCZYK – <i>Stężenie Zn, Cu, Cd, i Ni w wodach Narwi i wybranych jej dopływów</i> .....	199
J. WIERZBOWSKA, K. ŻUK-GOŁASZEWSKA, A. BOCHENEK – <i>Wpływ nawożenia mineralnego i regulatorów wzrostu na zawartość składników mineralnych w roślinach grochu</i> .....	207
P. ŻARCZYŃSKI, S. SIENKIEWICZ – <i>Zawartość makroelementów w roślinności z pól odłogowanych</i> .....	217

**Praca przeglądowa**

M. BAĆMAGA, J. KUCHARSKI, J. WYSZKOWSKA – <i>Wpływ środków ochrony roślin na aktywność mikrobiologiczną gleby</i> .....	225
---	-----

## CONTENTS

**Original papers**

E. BOROS, J. WYSZKOWSKA, J. KUCHARSKI – <i>Influence of nickel on the growth of microorganisms in solid media</i> .....	167
I. PERUCKA, J. NURZYŃSKI, K. OLSZÓWKA – <i>Effect of <math>CaCl_2</math> on the content of mineral compounds in leaves of lettuce</i> .....	181
B. PLISZKA, E. MIELESZKO, G. HUSCZA-CIOŁKOWSKA, B. WRÓBLEWSKA-WIERZBICKA – <i>Content of anthocyanins and their antioxidative properties in various cultivars of red head cabbage (<i>Brassica oleracea L. var capitata L. f. rubra</i>)</i> .....	191
S. SZYMCZYK, B. GRABIŃSKA, J. KOC-JURCZYK – <i>Concentrations of Zn, Pb, Cu, Cd and Ni in the waters of the Narew river and some of its tributaries</i> .....	199
J. WIERZBOWSKA, K. ŻUK-GOŁASZEWSKA, A. BOCHENEK – <i>Effect of mineral fertilization and growth regulators on the content of mineral components in pea plants</i> ....	207
P. ŻARCZYŃSKI, S. SIENKIEWICZ – <i>Content of macroelements in plants growing on fallow fields</i> .....	217

**Review paper**

M. BAĆMAGA, J. KUCHARSKI, J. WYSZKOWSKA – <i>Influence of plant protection products on the microbiological activity of soil</i> .....	225
---	-----



**Prace oryginalne**

**WPŁYW NIKLU NA WZROST  
DROBNOUSTROJÓW  
NA PODŁOŻACH STAŁYCH**

**Edyta Boros, Jadwiga Wyszkowska, Jan Kucharski**

**Katedra Mikrobiologii  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**

**Abstrakt**

W doświadczeniu laboratoryjnym testowano wpływ niklu na wzrost i rozwój w hodowlach stałych bakterii: *Azotobacter* spp., *Arthrobacter* spp., *Bradyrhizobium* sp. (lupini) i *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, promieniowców: *Streptomyces intermedius*, *Streptomyces fumosus*, *Streptomyces longisporoflavus*, *Streptomyces odoriver* i grzybów: *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. Badania każdego gatunku wykonano na 10 izolatach, w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu wykorzystano dwa rodzaje podłoża mikrobiologicznych: standardeowe oraz wzbogacone w dodatkowe źródło węgla. Nikiel zastosowano w postaci dwóch związków:  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  w następujących dawkach: 2, 10, 50, 100, 250 mg  $\text{Ni}^{2+}$ ·krążek $^{-1}$ .

W badaniach jednoznacznie wykazano, że bakterie były bardziej wrażliwe na wprowadzany do podłoża nikiel niż promieniowce i grzyby. Spośród badanych bakterii największą wrażliwością na nikiel charakteryzowały się *Azotobacter* spp. i *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, a następnie *Arthrobacter* spp. i *Bradyrhizobium* sp. (lupini). Spośród promieniowców najbardziej negatywnie na nikiel dyfundujący z krążka do podłoża reagował *Streptomyces odoriver*. Pod względem negatywnej reakcji na nikiel grzyby można uszeregować następująco: *Rhizopus* spp. < *Penicillium* spp. < *Fusarium* spp. < *Aspergillus* spp.

**Słowa kluczowe:** nikiel, bakterie, promieniowce, grzyby.

---

prof. dr hab. Jan Kucharski, Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki, 10 -727 Olsztyn, tel. 089-49-38, e-mail: jan.kucharski@uwm.edu.pl.; Chair of Microbiology, University of Warmia and Mazury, pl. Łódzki, 10-727 Olsztyn, Poland, phone 089-49-38, e-mail: jan.kucharski@uwm.edu.pl.

---

**INFLUENCE OF NICKEL ON THE GROWTH OF MICROORGANISMS  
IN SOLID MEDIA**

Abstract

In laboratory experiments, the influence of nickel on the growth and development of cultures in solid media was tested. The experiments were carried out on bacteria: *Azotobacter* spp., *Arthobacter* spp., *Bradyrhizobium* sp. (lupini) and *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, actinomycetes: *Streptomyces intermedius*, *Streptomyces fumosus*, *Streptomyces longisporoflavus*, *Streptomyces odoriver*, and fungi: *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. The experiments were conducted on ten isolates of each species in three replications. Two types of microbiological media were used: standard and enriched with an additional carbon source. Nickel was applied in the form of two compounds:  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , in the following doses: 2, 10, 50, 100, 250 mg  $\text{Ni}^{2+} \cdot \text{disc}^{-1}$ .

The results of the experiment explicitly indicate that the bacteria proved to be more sensitive to nickel applied to the media than the actinomycetes and fungi. Among the tested bacteria *Azotobacter* spp. and *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* were the most vulnerable to nickel. Following them were *Arthobacter* spp. and *Bradyrhizobium* sp. (lupini). Among the actinomycetes, *Streptomyces odoriver* showed the most negative reaction to nickel diffusing from the disc into the substrate. As regards negative reaction to nickel, fungi can be put in the following order: *Rhizopus* spp. < *Penicillium* spp. < *Fusarium* spp. < < *Aspergillus* spp.

**Key words:** nickel, bacteria, actinomycetes, fungi.

## WSTĘP

Badania GRABOWSKIEGO i in. (1997) dowodzą, że metale ciężkie mogą obniżać aktywność metaboliczną mikroorganizmów związaną z intensywnością oddychania i szybkością wzrostu. Według tych autorów, oddziaływanie toksyczne metali na drobnoustroje można uszeregować następująco:  $\text{Cu} < \text{Pb} < \text{Zn} < \text{Cd} < \text{Hg} < \text{Ni} < \text{Co} < \text{Cr}_{(\text{VI})}$ .

Drobnoustroje mogą tolerować obecność ksenobiotyków w zależności od wrodzonych właściwości fizjologicznych. Niektóre mikroorganizmy, cechujące się dużą odpornością, wytworzyły różne mechanizmy obronne, np. zdolność wytwarzania siarkowodoru umożliwiającą wytrącanie niektórych metali ciężkich w postaci trudno rozpuszczalnych siarczków, w wyniku których stężenie jonów rozpuszczonego metalu zmniejsza się do poziomu, który nie wpływa na metabolizm komórki (WHITE i in. 1997). Poza tym różnice w składzie metabolitów drobnoustrojów mają wpływ na reakcje obronne mikroorganizmów, które mogą tworzyć z metalem chelaty lub trwałe osady (BADURA 1999). Ta dezaktywacja może zachodzić zarówno wewnętrz kórnika drobnoustrojów, jak i na jej powierzchni. Mechanizm obronny komórki przed metalami ciężkimi może być związany z obecnością odpowiednich plazmidów „R” oraz z oddziaływaniem na zmianę wartościowości jona metalu (CHMIELOWSKI, KŁAPCIŃSKA 1984, BARABASZ i in. 1997). Mikroorganizmy mogą unieszkodliwiać metale ciężkie, zmieniając ich sto-

pień utlenienia lub przeprowadzając je w postać lotną w wyniku metylaacji, lub wytwarzając otoczki śluzowe, które zawierając w swoim składzie grupy fosforanowe kwasów obdarzone są ładunkiem ujemnym (CHMIEŁOWSKI 1991, BOSECHER 1997). Przenikanie metali ciężkich do komórek lub adsorpcja na ich powierzchni wpływa na liczebność i aktywność drobnoustrojów.

Celem było określenie wpływu wzrastających dawek dwóch związków niklu wprowadzanych do podłoża na wzrost różnych grup drobnoustrojów.

## MATERIAŁ I METODYKA

W doświadczeniu badano wpływ niklu na rozwój drobnoustrojów na podłożach stałych, określając wielkość średnicy stref zahamowania wzrostu (w mm) wokół krążka nasyconego tym metalem. Testowano następujące drobnoustroje: bakterie (*Azotobacter* spp., *Arthobacter* spp., *Bradyrhizobium* sp. (lupini) i *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*), grzyby (*Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp.), promieniowce (*Streptomyces intermedius*, *Streptomyces fumosus*, *Streptomyces longisporoflavus*, *Streptomyces odorifer*). Hodowlę drobnoustrojów przeprowadzono na następujących podłożach:

- bakterie: *Azotobacter* spp.:  $K_2HPO_4$  – 1,5 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,3 g, NaCl – 0,3 g,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  – 2 mg,  $MnSO_4 \cdot 7H_2O$  – 2 mg,  $CaCO_3$  – 3,0 g, sacharoza – 15,0 g,  $H_2O$  – 1 dm<sup>3</sup>, agar – 7 g, pH – 7–8 (podłoże FENGLEROWEJ 1965), *Arthobacter* spp.:  $Ca(H_2PO_4)_2$  – 0,25 g,  $K_2HPO_4$  – 1,0 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,25 g,  $(NH_4)_2SO_4$  – 0,25 g, kazeina – 1,0 g, ekstrakt drożdżowy – 0,7 g, glukoza – 1,0 g, agar – 15 g, pH – 7,0 (pożywka MULDERA, ANTHEUMISSE 1963), *Bradyrhizobium* sp. (lupini) i *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*: mannositol – 10 g,  $KH_2PO_4$  – 0,5 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,2 g, NaCl – 0,1 g,  $CaCO_3$  – 3,0 g, ekstrakt drożdżowy – 0,4 g,  $H_2O$  – 1 dm<sup>3</sup>, agar – 15 g, pH – 6,8 (pożywka YEMB – VINCENT 1970);
- grzyby:  $KH_2PO_4$  – 1,0 g, glukoza – 10 g, pepton – 5 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,5 g, róż bengalski – 3,3 cm<sup>3</sup> (1% roztwór wodny, agar – 20,0 g,  $H_2O$  – 1 dm<sup>3</sup>, pH – 5,9 (pożywka MARTINA 1950);
- promieniowce: skrobia rozpuszczalna – 10 g, kazeina – 0,3 g,  $KNO_3$  – 2,0 g, NaCl – 2,0 g,  $KH_2PO_4$  – 2,0 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,05 g,  $CaCO_3$  – 0,02 g,  $FeSO_4$  – 0,01 g, agar – 20,0 g,  $H_2O$  – 1 dm<sup>3</sup>, pH – 7,0 (podłoże Kustera i Willamsa wg PARKINSON i in. 1971).

Badania każdego gatunku (rodzaju) wykonano na 10 izolatach, w trzech powtórzeniach. Doświadczenie przeprowadzono wykorzystując standardowy skład pożywek oraz pożywki o zwiększym o 50% źródle węgla. Testowane drobnoustroje: *Azotobacter* spp. i grzyby hodowano na skosach agarowych w temp. 28°C przez 48 h, bakterie – 72 h, a promieniowce – 168 h. Następ-

nie uzyskane hodowle przeszczepiono na skosy z odpowiednią pożywką i ponownie inkubowano w identycznych warunkach. Zmyw ze skosów wykonano za pomocą  $5 \text{ cm}^3$  0,85-procentowego wodnego roztworu NaCl. Następnie zmyw w ilości  $5 \text{ cm}^3$  dodano do schłodzonych właściwych pożywek. Pożywki ze zmywanymi rozłożono na płytki Petriego w ilości  $15 \text{ cm}^3$ . Nikiel w postaci  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  umieszczano na krążku bibułowy o średnicy 6 mm pipetą automatyczną w następujących dawkach: 2, 10, 50, 100, 250  $\mu\text{g Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ . Na 1 krążek nanoszono  $5 \text{ mm}^3$  roztworu.

Na płytki Petriego wraz z odpowiednią pożywką zawierającą testowany izolat drobnoustrojów nakładano po 3 krążki. Hodowlę poddano inkubacji w temp.  $28^\circ\text{C}$ . Grzyby hodowano 24 h, promieniowce – 72 h, a bakterie – 48 h. Następnie mierzono średnice stref zahamowania wzrostu drobnoustrojów przez dyfundującą do podłoża nikiel.

Wyniki opracowano statystycznie posługując się wielokrotnym testem rozstępu Duncana, z wykorzystaniem analizy wariancji trzyczynnikowej. Analizę statystyczną wykonano pakietem Statistica (StatSoft, Inc. 2003).

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Z badań wykonanych w warunkach *in vitro* wynika, że reakcja bakterii: *Azotobacter* spp., *Arthobacter* spp., *Bradyrhizobium* sp. (lupini), *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*; grzybów: *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp.; promieniowców: *Streptomyces intermedius*, *Streptomyces fumosus*, *Streptomyces longisporoflavus*, *Streptomyces odorifer* na wzrastające dawki niklu była zróżnicowana w zależności od stopnia zanieczyszczenia podłoża tym metalem, od rodzaju związku chemicznego, w którym on występował, oraz rodzaju podłoża (tab. 1–3). Drobnoustroje wykazały zróżnicowaną wrażliwość na nikiel dyfundujący z krążka do podłoża.

Spośród badanych drobnoustrojów bakterie charakteryzowały się największą wrażliwością na stosowane związki niklu (tab. 1). Wśród nich *Azotobacter* spp. i *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, u których już dawka  $2 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$  powodowała pojawięcie się strefy zahamowania wzrostu. U pozostałych bakterii (*Arthobacter* spp. i *Bradyrhizobium* sp. (lupini)) zahamowanie wzrostu stwierdzono dopiero pod wpływem dawki  $10 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ . Badania GILLER i in. 1998, GUIBAUD i in. 2005, LOPES i in. 2005, SCHMIDT i in. 2005, DOSANJH, MICHEL 2006, LIHOR i in. 2006 potwierdzają uzyskane wyniki, że nikiel wywołuje duże zmiany w populacji bakterii.

Negatywny wpływ niklu (niezależnie od rodzaju związku chemicznego, w którym on występował) na bakterie, mierzony średnicą stref zahamowania wzrostu, nasilał się wraz ze wzrostem dawki niklu na krążek. Zjawisko takie obserwowano w przypadku podłów standardowych i wzbogaconych

Tabela 1  
Table 1

Średnica stref zahamowania wzrostu bakterii w zależności od związku niklu,  
jego dawki i rodzaju podłoża (mm)

Diameters of the zones of inhibited growth of bacteria in relationship to the nickel compound,  
its dose and the type of medium (mm)

Dawka Ni ( $\mu\text{g} \cdot \text{krążek}^{-1}$ ) Ni dose ( $\mu\text{g} \cdot \text{disc-1}$ )	<i>Bradyrhizobium</i> sp. (lupini)	<i>Rhizobium</i> <i>leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i>	<i>Azotobacter</i> spp.		<i>Arthrobacter</i> spp.			
	rodzaj podłoża – type of medium							
	S	S + C	S	S + C	S	S + C	S	S + C
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$								
2	0	0	10	6	26	30	0	0
10	14	17	17	16	43	37	12	12
50	26	26	28	24	61	52	19	21
100	32	30	33	29	69	58	25	27
250	41	38	40	38	73	64	30	32
<i>r</i>	0.86	0.82	0.88	0.90	0.79	0.86	0.84	0.83
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$								
2	0	0	11	0	32	27	0	0
10	15	16	19	15	45	40	12	12
50	28	26	28	26	62	52	19	21
100	33	31	34	31	69	57	23	26
250	40	37	40	36	72	64	29	33
<i>r</i>	0.82	0.81	0.88	0.80	0.79	0.84	0.84	0.85
NIR <sub>0.01</sub> LSD <sub>0.01</sub>	<i>a</i> – 1.01; <i>b</i> – 0.64; <i>c</i> – 0.64; <i>a</i> · <i>b</i> – 1.43; <i>a</i> · <i>c</i> – 1.43; <i>b</i> · <i>c</i> – 0.91; <i>a</i> · <i>b</i> · <i>c</i> – 2.03	<i>a</i> – 1.34; <i>b</i> – 0.85; <i>c</i> – 0.85; <i>a</i> · <i>b</i> – 1.89; <i>a</i> · <i>c</i> – 1.89; <i>b</i> · <i>c</i> – 1.20; <i>a</i> · <i>b</i> · <i>c</i> – 2.68	<i>a</i> – 1.48; <i>b</i> – 0.94; <i>c</i> – 0.94; <i>a</i> · <i>b</i> – 2.09; <i>a</i> · <i>c</i> – 2.09; <i>b</i> · <i>c</i> – 1.32; <i>a</i> · <i>b</i> · <i>c</i> – 2.96	<i>a</i> – 1.13; <i>b</i> – 0.71; <i>c</i> – 0.71; <i>a</i> · <i>b</i> – 1.59; <i>a</i> · <i>c</i> – 1.59; <i>b</i> · <i>c</i> – 1.01; <i>a</i> · <i>b</i> · <i>c</i> – 2.25				

S – podłoże standardowe (standard medium),

S + C – podłoże wzbogacone w dodatkowe źródło węgla (medium enriched with an additional carbon source);

NIR dla (LSD for): *a* – dawki Ni (Ni dose), *b* – związku niklu (nickel compound),

*c* – rodzaju podłoża (type of medium);

*r* – współczynnik korelacji istotny dla (coefficient of correlation significant at):  $p < 0.01$ ;

$n = 270$

Tabela 2  
Table 2

Średnica stref zahamowania wzrostu promieniowców w zależności od związku niklu,  
jego dawki i rodzaju podłoża (mm)  
Diameters of the zones of inhibited growth of actinomycetes in relationship to the nickel  
compound, its dose and the type of medium (mm)

Dawka Ni ( $\mu\text{g} \cdot \text{krażek}^{-1}$ ) Ni dose ( $\mu\text{g} \cdot \text{disc-1}$ )	<i>Streptomyces intermedius</i>		<i>Streptomyces odoriver</i>		<i>Streptomyces longisporoflavus</i>		<i>Streptomyces fumosus</i>	
	rodzaj podłoża – type of medium							
	S	S + C	S	S + C	S	S + C	S	S + C
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$								
2	0	0	8	0	0	0	0	10
10	16	12	15	11	16	14	12	14
50	26	21	27	21	28	26	19	24
100	30	25	30	26	32	30	21	30
250	35	32	35	30	38	35	28	35
r	0.78	0.85	0.84	0.81	0.80	0.79	0.83	0.89
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$								
2	0	0	9	0	0	0	0	0
10	15	13	16	13	17	15	14	14
50	26	24	26	23	26	26	20	24
100	30	27	31	25	31	30	23	30
250	36	34	36	31	36	34	28	34
r	0.80	0.82	0.86	0.80	0.78	0.77	0.79	0.80
NIR <sub>0.01</sub> LSD <sub>0.01</sub>	$a - 1.31;$ $b - 0.83;$ $c - 0.83;$ $a \cdot b - 1.86;$ $a \cdot c - 1.86;$ $b \cdot c - 1.18;$ $a \cdot b \cdot c - 2.63$		$a - 1.53;$ $b - 0.97;$ $c - 0.97;$ $a \cdot b - 2.17;$ $a \cdot c - 2.17;$ $b \cdot c - 1.37;$ $a \cdot b \cdot c - 3.07$		$a - 1.40;$ $b - 0.88;$ $c - 0.88;$ $a \cdot b - 1.98;$ $a \cdot c - 1.98;$ $b \cdot c - 1.25;$ $a \cdot b \cdot c - 2.80$		$a - 1.22;$ $b - 0.77;$ $c - 0.77;$ $a \cdot b - 1.73;$ $a \cdot c - 1.73;$ $b \cdot c - 1.10;$ $a \cdot b \cdot c - 2.45$	

S – podłoże standardowe (standard medium),

S + C – podłoże wzbogacone w dodatkowe źródło węgla (medium enriched with an additional carbon source);

NIR dla (LSD for): a – dawki Ni (Ni dose), b – związku niklu (nickel compound),  
c – rodzaju podłoża (type of medium);

r – współczynnik korelacji istotny dla (coefficient of correlation significant at):

$p < 0.01$ ;  $n = 270$

Tabela 3  
Table 3

Średnica stref zahamowania wzrostu grzybów w zależności od związku niklu,  
jego dawki i rodzaju podłoża (mm)  
Diameters of the zones of inhibited growth of fungi in relationship to the nickel compound,  
its dose and the type of medium (mm)

Dawka Ni ( $\mu\text{g} \cdot \text{krażek}^{-1}$ ) Ni dose ( $\mu\text{g} \cdot \text{disc}^{-1}$ )	<i>Rhizopus</i> spp.		<i>Penicillium</i> spp.		<i>Aspergillus</i> spp.		<i>Fusarium</i> spp.	
	rodzaj podłoża – type of medium							
	S	S + C	S	S + C	S	S + C	S	S + C
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$								
2	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	15	15	15	15
100	12	12	16	15	21	19	20	19
250	20	19	24	22	28	27	27	24
r	0.95	0.95	0.94	0.93	0.90	0.90	0.89	0.86
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$								
2	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	11	16	14	16	15
100	13	15	15	15	22	19	21	20
250	20	21	24	22	28	25	26	26
r	0.94	0.92	0.95	0.92	0.88	0.89	0.86	0.88
NIR <sub>0.01</sub> LSD <sub>0.01</sub>	a - 0.76; b - 0.48; c - 0.48;  a · b - 1.07; a · c - 1.07; b · c - 0.68; a · b · c - 1.51	a - 0.65; b - 0.41; c - 0.41;  a · b - 0.93; a · c - 0.93; b · c - 0.59; a · b · c - 1.31	a - 0.91; b - 0.57; c - 0.57;  a · b - 1.28; a · c - 1.28; b · c - 0.81; a · b · c - 1.81	a - 0.74; b - 0.47; c - 0.47;  a · b - 1.05; a · c - 1.05; b · c - 0.67; a · b · c - 1.49				

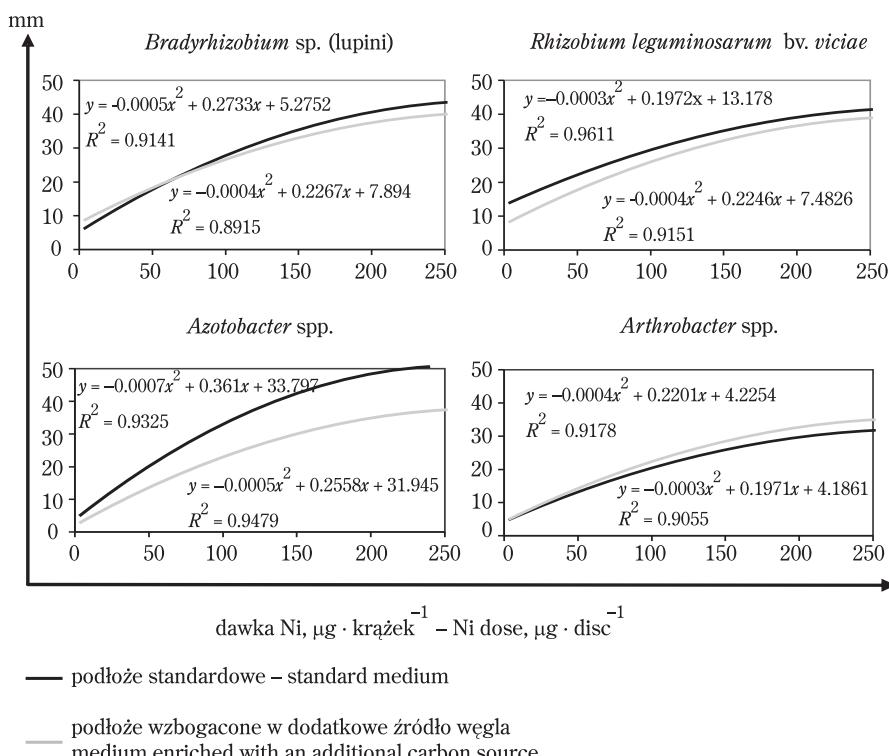
S – podłoże standardowe (standard medium),

S + C – podłoże wzbogacone w dodatkowe źródło węgla (medium enriched with an additional carbon source);

NIR dla (LSD for): a – dawki Ni (Ni dose), b – związku niklu (nickel compound),  
c – rodzaju podłoża (type of medium);

r – współczynnik korelacji istotny dla (coefficient of correlation significant at):

p < 0.01; n = 270

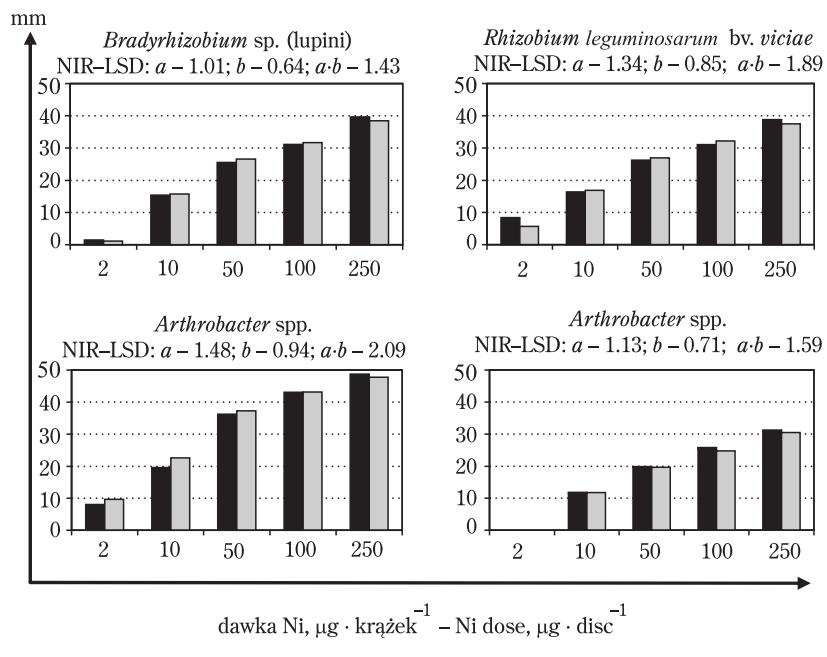


Rys. 1. Średnica stref zahamowania wzrostu bakterii w zależności od rodzaju podłoża i dawki niklu (mm)

Fig. 1. Diameters of the zones of inhibited growth of bacteria in relationship to the type of medium and the dose of nickel (mm)

w dodatkowe źródło węgla (rys. 1). Po aplikacji najwyższej dawki chlorku niklu ( $250 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ ), średnice stref zahamowania wzrostu bakterii wynosiły: *Bradyrhizobium* sp. (lupini) – 39,5 mm, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* – 39 mm, *Azotobacter* spp. – 68,5 mm, *Arthrobacter* spp. – 31 mm, a w przypadku siarczanu niklu odpowiednio: 38,5 mm, 38 mm, 68 mm i 31 mm (rys. 2).

Promieniowce, podobnie jak bakterie, okazały się również wrażliwe na nadmierne ilości niklu (tab. 2). Najbardziej negatywnie na nikiel dyfundujący do podłoża z krążka reagował *Streptomyces odoriver*, gdyż już najniższa dawka chlorku i siarczanu niklu ( $2 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ ) w przypadku pożywki optymalnej wpływała na nie inhibicyjnie. Na pozostałe promieniowce istotnie negatywnie oddziaływało dopiero stężenie  $10 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ , i w miarę zwiększania dawki niklu pogłębiało się jego toksyczne działanie. Reakcje promieniowców na zanieczyszczenie niklem była negatywna zarówno w hodowlach na podłożu standardowym, jak i wzbogaconym



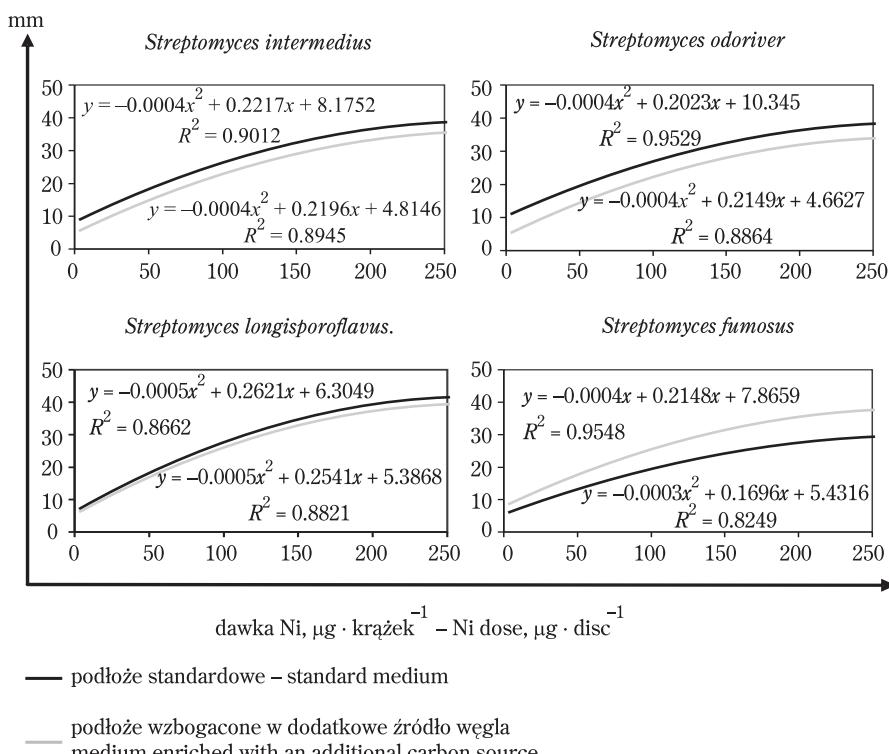
NIR dla (LSD for):  $a$  – dawki Ni – Ni dose,  $b$  – rodzaju podłoża – nickel compound

Rys. 2. Średnica stref zahamowania wzrostu bakterii w zależności od związku niklu i jego dawki (mm)

Fig. 2. Diameters of the zones of inhibited growth of bacteria in relationship to the of nickel compound and its dose (mm)

w dodatkową ilość węgla (rys. 3). Przy czym *Streptomyces intermedius*, *Streptomyces longisporoflavus* oraz *Streptomyces odoriver* nieco lepiej znośny zanieczyszczenie niklem, gdy rosyły na podłożu wzbogaconym w węgiel, natomiast *Streptomyces fumosus* reagował odwrotnie. Jego wzrost był bardziej hamowany przez nikiel dyfundującą z krążka do podłoża wzbogacanego. Na poszczególne gatunki promieniowców, w przeciwnieństwie do bakterii, rodzaj dyfundującego związku niklu miał wpływ niewielki (rys. 4). Na *Streptomyces odoriver* i *Streptomyces fumosus* praktycznie nie oddziaływał, natomiast wzrost *Streptomyces intermedius* nieco silniej hamował chlorek niklu, a *Streptomyces longisporoflavus* – siarczan niklu.

Spośród badanych mikroorganizmów grzyby okazały się najmniej wrażliwe na zanieczyszczenie podłoża niklem (tab. 3). Ujemne działanie niklu dyfundującego do podłoża na *Aspergillus* spp. i *Fusarium* spp. zaobserwowano dopiero pod wpływem  $50 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ , a *Rhizopus* spp. i *Penicillium* spp. –  $100 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ . Zależności takie wystąpiły zarówno w przypadku podłów standardowych, jak i wzbogaconych w węgiel, niezależnie od rodzaju związku niklu. Rodzaj podłoża w niewielkim

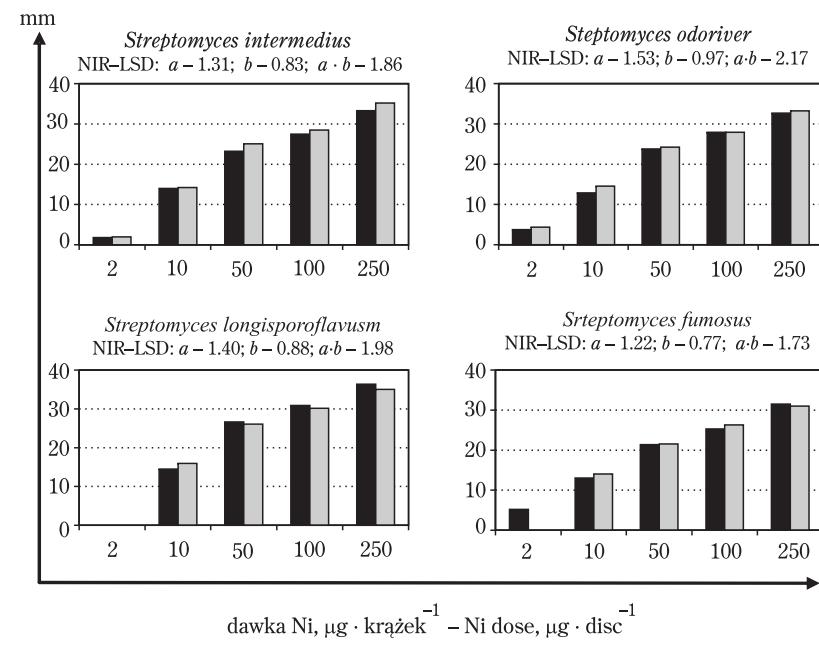


Rys. 3. Średnica stref zahamowania wzrostu promieniowców w zależności od rodzaju podłoża i dawki niklu (mm)

Fig. 3. Diameters of the zones of inhibited growth of actinomycetes in relationship to the type of medium and the dose of nickel (mm)

stopniu modyfikował wielkość stref zahamowania wzrostu grzybów (rys. 5). Nieco lepiej wyższe dawki niklu znosiły grzyby (*Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*), rozwijające się na podłożu z obfitszą ilością węgla niż w pożywce standardowej. Pod względem negatywnej reakcji na nikiel grzyby można uszeregować następująco: *Rhizopus* spp. < *Penicillium* spp. < *Fusarium* spp. < *Aspergillus* spp. (rys. 6), przy czym ich wzrost w zasadzie nie zależał od rodzaju związku niklu, lecz przede wszystkim od dawki  $\text{Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ .

Według BURGSTALLERA, SCHINNERA (1993), GALUS (1997) oraz MICHALCEWICZ, ŚWIATŁY (2003), grzyby lepiej tolerują zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi niż bakterie. Ich oporność związana jest z wieloma mechanizmami, do których należy m.in. zdolność do biernego lub aktywnego wydalania metali z komórki oraz produkcji znacznej ilości melaniny (SKŁODOWSKA 2000). Według GALUS (1997), niektóre z metali ciężkich mogą stymlować wzrost grzybni (Al, Fe, Mo, Pb), a inne (Cd, Co, Ni, Se) ją hamować.



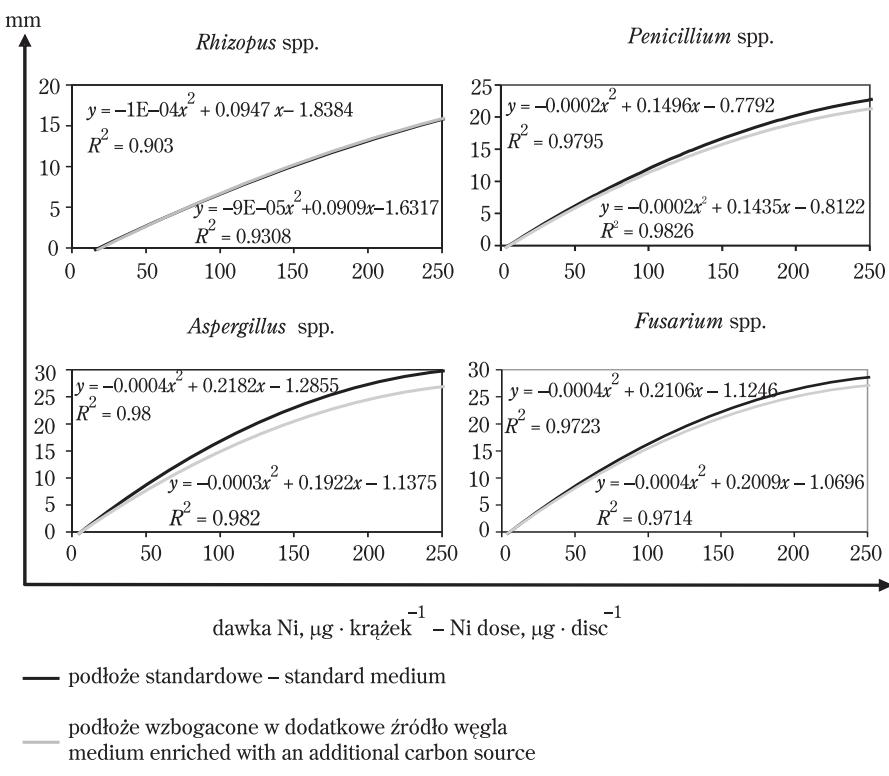
Rys. 4. Średnica stref zahamowania wzrostu promieniowców w zależności od związku niklu i jego dawki (mm)

Fig. 4. Diameters of the zones of inhibited growth of actinomycetes in relationship to the nickel compound and its dose (mm)

Z badań jednoznacznie wynika, że bakterie okazały się bardziej wrażliwe na nikiel niż promieniowce i grzyby. Do podobnych wniosków doszła wswoich badaniach WYSZKOWSKA (2002). Stwierdziła, że także chrom(VI) silniej ogranicza wzrost i rozwój bakterii niż promieniowców i grzybów.

## WNIOSKI

1. Na podłożach stałych najbardziej wrażliwe na wzrastające dawki chlorku i siarczanu niklu ( $2, 10, 50, 100, 250 \text{ mg Ni}^{2+} \cdot \text{krążek}^{-1}$ ) okazały się bakterie, nieco mniej promieniowce, a najmniej grzyby.
2. Nikiel stosowany zarówno w postaci chlorku, jak i siarczanu niklu wykazał podobne negatywne działanie na wzrost badanych drobnoustrojów. Bakterie okazały się bardziej wrażliwe na chlorek niklu, natomiast w

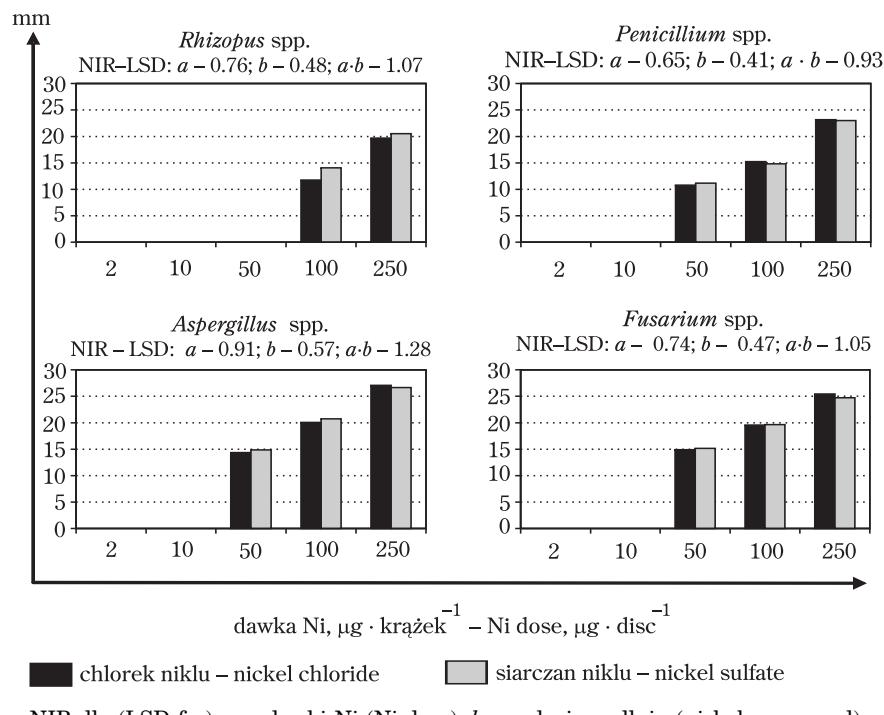


Rys. 5. Średnica stref zahamowania wzrostu grzybów w zależności od rodzaju podłoża i dawki niklu (mm)

Fig. 5. Diameters of the zones of inhibited growth of fungi in relationship to the type of medium and the dose of nickel (mm)

przypadku promieniowców rodzaj dyfundującego do podłożu związku niklu miał niewielki wpływ na *Streptomyces odoriver* i *Streptomyces fumosus*, z kolei wzrost *Streptomyces intermedius* nieco silniej hamował chlorek niklu, a *Streptomyces longisporoflavus* – siarczan niklu. Wzrost grzybów w zasadzie nie zależał od rodzaju związku niklu, lecz zależał, przede wszystkim, od jego dawki.

3. Rodzaj podłoża w niewielkim stopniu modyfikował wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii i grzybów. Promieniowce: *Streptomyces intermedius*, *Streptomyces longisporoflavus* oraz *Streptomyces odoriver* nieco lepiej znosiły zanieczyszczenie niklem, gdy rosły na podłożu wzbogaconym w dodatkową ilość węgla, w porównaniu z podłożem standardowym, natomiast *Streptomyces fumosus* reagował odwrotnie.



Rys. 6. Średnica stref zahamowania wzrostu grzybów w zależności od związku niklu i jego dawki (mm)

Fig. 6. Diameters of the zones of inhibited growth of fungi in relationship to the nickel compound and its dose (mm)

## PIŚMIENIICTWO

- BADURA L. 1999. *Czy znamy wszystkie uwarunkowania toksycznego oddziaływanie metali ciężkich na bakterie*. Na pograniczu chemii i biologii. T. III, ss. 57-66.
- BARABASZ W., GALUS A., OPALIŃSA-PISKORZ J., SEPIOŁ J., TOMASIK P. 1997. *Wpływ jonów metali na wzrost oraz akumulację Cd, Ni i Li w biomasie grzybni Aspergillus flavus LINK*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 448a: 15-20.
- BOSECKER K. 1997. *Bioleaching: metal solubilization by microorganisms*. FEMS Microbiol. Rev., 30: 591-604.
- BURGSTALLER W., SCHINNER F. 1993. *Leaching of metals with fungi*. J. Biotech, 27: 91-116.
- CHMIELOWSKI J. 1991. *Mechanizmy lugowania i akumulacji metali przez drobnoustroje*. Biotechnologia, 3/4: 13-14.
- CHMIELOWSKI J., KŁAPCIŃSKA B. 1984. *Mechanizmy pobierania metali przez drobnoustroje*. Post. Mikrobiol., 23(2): 63-87.
- DOSANJH N.S., MICHEL S.L.J. 2006. *Microbial nickel metalloregulation: NikRs for nickel ions*. Curr. Opin. Chem. Biol., 10:123-130.
- FENGLEROWA W. 1965. *Simple method for counting Azotobacter in soil samples*. Acta Microbiol. Pol., 14(2): 203-206.

- GALUS A. 1997. Wpływ chromu(III) i (VI) oraz jego interakcji z innymi metalami na wzrost biomasy grzybni *Aspergillus flavus*. W: *Drobnoustroje w środowisku, występowanie, aktywność i znaczenie*. Red. W. BARABASZ, AR Kraków, ss. 169-180.
- GRABOWSKI J., SCULLY P.P., EDWARDS R., SAADAWY S.E., LATOSIŃSKA M. 1997. *Toksyczność metali dla mikroorganizmów – badania metodą fluorogennego substratu*. Biotechnologia, 1(36): 25-36.
- GILLER K.E., WITTER E., MCGRATH S.P. 1998. *Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review*. Soil Biol. Biochem., 30(10/11): 1389-1414.
- GUIBAUD G., COMTE S., BORDAS F., DUPUY S., BAUDU M. 2005. *Comparison of the complexation potential of extracellular polymeric substances (EPS), extracted from activated sludges and produced by pure bacteria strains, for cadmium, lead and nickel*. Chemosphere, 59: 629-638.
- LIHOR O. ABRAHAM, YANJIE LI, DEBORAH B. ZAMBIE. 2006. *The metal- and DNA-binding activities of Helicobacter pylori NikR*. J. Inorg. Biochem., 100: 1005-1014.
- LOPES F.A., MORIN P., OLIVEIRA R., MELO L.F. 2005. *The influence of nickel on the adhesion ability of Desulfovibrio desulfuricans*. Colloids and Surfaces B: Biointerfacces, 46: 127-133.
- MARTIN J. 1950. *Use of acid rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi*. Soil Sci., 69: 215-233.
- MICHALCEWICZ W., ŚWIATŁY E. 2003. Wpływ jonów miedzi oraz ołówku na wzrost i rozwój wybranych grzybów glebowych. Zesz. Probl. Nauk Rol., 492: 197-204.
- MULDER E.G., ANTHEUMISSE J. 1963. *Morphologie, physiologie et ecologie des Arthrobacter*. Ann. de Institut Pasteur, 105: 46-74.
- PARKINSON D., GRAY F.R.G., WILLIAMS S.T. 1971. *Methods for studying the ecology of soil microorganism*. Blackweel Scientific Publications Oxford and Edinburgh, IBP Handbook 19.
- SCHMIDT A., HAFTERBURG G., SINERIZ M., MERTEN D., BUCHEL G., KOTHE E. 2005. *Heavy metal resistance mechanisms in actinobacteria for survival in AMD contaminated soils*. Chemie der Erde, 65 Sl: 131-144.
- SKŁODOWSKA A. 2000. *Biologiczne metody ługowania metali ciężkich – biohydrometallurgia*. Post. Mikrobiol., 39: 73-89.
- Statsoft, Inc. 2003. Statistica (data analysis software system), version 6.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- VINCENT J.M. 1970. *A manual for the practical study of root-nodule bacteria*. IBP Handbook, 15 Blackweel, Oxford.
- WHITE C., SAYER J.A., GADD G.M. 1997. *Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: key biogeochemical processes for treatment of contamination*. FEMS Microbiol. Rev., 20: 503-516.
- WYSZKOWSKA J. 2002. *Biologiczne właściwości gleby zanieczyszczonej chromem sześciowartościowym*. Wyd. UWM, Rozpr. i Monogr., 65: 1-134.

## WPŁYW $\text{CaCl}_2$ NA ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W LIŚCIACH SAŁATY

Irena Perucka<sup>1</sup>, Józef Nurzyński<sup>2</sup>, Katarzyna Olszówka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pracownia Fitochemii, Katedra Chemii

<sup>2</sup>Katedra Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych  
Akademia Rolnicza w Lublinie

### Abstrakt

Badano wpływ stosowania  $\text{CaCl}_2$  na gromadzenie się bioskładników mineralnych: magnezu, wapnia, potasu, miedzi, cynku, żelaza i manganu w świeżych liściach sałaty. Rośliny opryskiwano zróżnicowanymi ilościami roztworu  $\text{CaCl}_2$  oraz stosowano doglebowo różne dawki jonów potasowych w formie  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Sałatę zebrano po 30 dniach od wysiewu.

Wpływ badanych czynników na poziom bioskładników w sałacie był różny. Po zastosowaniu podstawowej dawki  $\text{K}_2\text{SO}_4$  stwierdzono wzrost zawartości jonów wapnia i cynku pod wpływem jednokrotnego oprysku  $\text{CaCl}_2$  oraz spadek zawartości jonów miedzi pod wpływem dwukrotnego oprysku  $\text{CaCl}_2$  w stosunku do kontroli. Potraktowanie roślin jonami wapniowymi miało większy wpływ na zmiany zawartości składników mineralnych po zastosowaniu podwójnej dawki jonów potasu. W tym przypadku zaobserwowano wzrost zawartości jonów żelaza i manganu pod wpływem jonów wapniowych (jednokrotny i dwukrotny oprysk  $\text{CaCl}_2$ ) w stosunku do kontroli. W przypadku podwójnej dawki jonów potasu stwierdzono również spadek zawartości jonów wapniowych na skutek dwukrotnego oprysku  $\text{CaCl}_2$  w stosunku do kontroli. Nie stwierdzono wpływu jonów wapnia i potasu na zawartość jonów magnezu w liściach sałaty.

Słowa kluczowe: *Lactuca sativa L.*, mikroelementy, makroelementy, jony wapnia.

---

prof. dr hab. Irena Perucka, Katedra Chemii, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Akademicka 15,  
20-950 Lublin, tel. (081) 445 65 50

---

**EFFECT OF  $\text{CaCl}_2$  ON THE CONTENT OF MINERAL COMPOUNDS  
IN LEAVES OF LETTUCE**

Abstract

The influence of  $\text{CaCl}_2$  application on accumulation of mineral bio-compounds: magnesium, calcium, potassium, copper, zinc, iron and manganese, in fresh lettuce leaves was investigated. The experiments involved spraying plants with different doses of calcium ions and adding different doses of potassium ions to the soil. The lettuce plants were harvested 30 days after seedling.

The effect of the test factors on the level of bio-compounds was varied. Increased content of calcium and zinc ions was found after the application of the basic dose of  $\text{K}_2\text{SO}_4$  and single  $\text{CaCl}_2$  treatment whereas decreased content of copper ions occurred under the influence of double calcium chloride spray relative to the control. The  $\text{CaCl}_2$  treatment on plants had stronger influence on the change in the content of mineral bio-compounds if accompanied by a double dose of  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . In this case the content of iron and manganese ions occurred under the influence of calcium ions (single and double  $\text{CaCl}_2$  treatments) compared with the control. Decreased content of  $\text{Ca}^{2+}$  ions was observed as a result of the double  $\text{CaCl}_2$  treatment compared with the control. No effect of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{K}^+$  ions on the content of  $\text{Mg}^{2+}$  ions in lettuce leaves was noticed.

**Key words:** *Lactuca sativa L.*, microelements, macroelements, calcium ions.

## WSTĘP

Sałata (*Lactuca sativa* L.) jest rośliną jednoroczną, powszechnie uprawianą zarówno w polu, jak i pod osłonami. Częścią jadalną są liście, spożywane najczęściej w stanie surowym, o wysokiej wartości dietetycznej.

Sałata wzmacnia organizm, wzbogacając go o cenne witaminy i minerały. Liście sałaty zawierają 0,4 – 1,2% cukrów, 1,2 – 2,3% białka, a także liczne kwasy organiczne, aktywne enzymy, prowitaminę A, witaminy B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, PP, K, C oraz znaczną ilość składników mineralnych, zwłaszcza wapnia, magnezu, mangany, żelaza, miedzi, siarki, fosforu, potasu i jodu (ORŁOWSKI, KOŁOTA 1999).

Do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin potrzebna jest optymalna ilość przyswajanych mikroelementów, przede wszystkim żelaza, mangany, miedzi, cynku, boru i molibdenu. Cechą wspólną wszystkich mikropierwiastków jest to, że pobrane przez roślinę lub człowieka w nadmiarze, działają szkodliwie. Szczególną szkodliwością odznaczają się metale ciężkie, głównie ołów, kadm, nikiel, rtęć oraz cynk i miedź. Cynk i miedź są składnikami pokarmowymi niezbędnymi dla roślin, ale w dużych stężeniach działają szkodliwie. Szkodliwość metali ciężkich dla zwierząt i człowieka objawia się m.in. zatruciem organizmu, chorobą nerek i wątroby oraz działaniem rakotwórczym (NURZYŃSKI 1999). Deficyty zarówno Fe, jak i Mn są odpowiedzialne za chlorozę liści i mniejszą szybkość fotosyntezy, i w konsekwencji zahamowanie wzrostu. Deficyt żelaza prowadzi do zwiększonego pobierania innych jonów metali z kadmem włącznie (PODAR i in. 2005).

Na ilość składników mineralnych w roślinach ma wpływ wiele czynników obejmujących genotyp, właściwości gleby, warunki środowiskowe i oddziaływanie między składnikami pokarmowymi. Biodostępność mikroskładników można zwiększyć albo przez wzrost ilości substancji w pokarmach roślinnych, co zwiększa absorpcję i wykorzystanie mikroskładników, albo przez spadek ilości szkodliwych składników dietetycznych, które hamują absorpcję mikroskładników (HOUSE 1999). Znaczny wpływ na poziom składników mineralnych ma dolistne dokarmianie roślin. W doświadczeniu zastosowano dolistne zasilanie sałaty roztworem  $\text{CaCl}_2$ . Jak wskazują badania innych autorów, jony wapnia wpływają na wydłużenie trwałości ziemniaków, jabłek i melonów dzięki zdolności stabilizacji ściany komórkowej (LUNA-GUZMAN i in. 1999, 2000).

Celem pracy było określenie wpływu stosowania dolistnego  $\text{CaCl}_2$  na jakość sałaty, wyrażoną zawartością bioskładników mineralnych. W badaniach uwzględniono także wpływ zwiększonego stężenia potasu na jakość sałaty roślin kontrolnych i potraktowanych jonami wapniowymi.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były liście sałaty odmiany Omega pochodzące z doświadczenia wazonowego, przeprowadzonego w szklarni Katedry Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych AR w Lublinie. Doświadczenie wykonano w dwóch seriach. W pierwszej serii ( $K_1$ ) w uprawie sałaty zastosowano do gleby podstawową dawkę jonów  $\text{K}^+$  (w formie roztworu  $\text{K}_2\text{SO}_4$  w ilości 250 mg na wazon pojemności 2 dm<sup>3</sup>), natomiast w drugiej ( $K_2$ ) dawkę podwójną. Jony wapniowe wprowadzano na rośliny w formie oprysku roztworem chlorku wapniowego o stężeniu 0,1 mol dm<sup>-3</sup>. W obu seriach zastosowano następujące kombinacje: 0 – próba kontrolna, oprysk roślin woda;  $\text{Ca}_1$  – jednorazowy oprysk roślin roztworem 0,1M  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{Ca}_2$  – dwukrotny oprysk roztworem 0,1 M  $\text{CaCl}_2$ . Rośliny zebrane po 30 dniach od wysiewu.

Analizowane liście sałaty rozdzielono, umyto w wodzie destylowanej i spopielono na sucho w piecu muflowym, w temp. 300 – 500°C. Próbkę popiołu 20 mg roztwarzano 5 cm<sup>3</sup> kwasu solnego (36%), rozcieńczonego wodą destylowaną w stosunku 1:1. Otrzymany roztwór odparowano do sucha, a następnie dodano 5 cm<sup>3</sup> gorącego kwasu solnego o stężeniu 0,1 mol dm<sup>-3</sup>, przesączeno i uzupełniono do objętości 10 cm<sup>3</sup> tym samym roztworem kwasu solnego. Z tak przygotowanego roztworu podstawowego sporządzono rozcieńczenia 10- i 100-krotne. Wszystkie bioskładniki oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA).

Oznaczenie pierwiastków techniką ASA przeprowadzono na podstawie krzywej wzorcowej. Do oceny istotności różnic między średnimi zastosowano metodę analizy wariancji. Istotność różnic oceniono testem Tuckeya, przyjmując 5% prawdopodobieństwo błędu.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Na poziom biopierwiastków w liściach sałaty miały wpływ stosowane w różnych ilościach jony potasu i wapnia. Ich wpływ na zawartość mikro- i makroskładników był zróżnicowany.

Na podstawie badań stwierdzono, że liście sałaty poddane działaniu podstawowej dawki  $K^+$  zawierały najwięcej suchej masy (6,23%) – tab. 1. Zastosowanie jonów  $Ca^{2+}$  nie miało istotnego wpływu na zmiany zawartości suchej masy sałaty. Zanotowano jedynie spadek zawartości suchej masy (o ok. 15%) w stosunku do kontroli na skutek jednokrotnego oprysku  $CaCl_2$  i po zastosowaniu podstawowej dawki  $K^+$ .

Tabela 1  
Table 1

Wpływ  $CaCl_2$  i  $K_2SO_4$  na zawartość suchej masy, popiołu oraz wybranych makroskładników mineralnych w liściach sałaty  
Effect of  $CaCl_2$  and  $K_2SO_4$  on dry mass, ash and Mg, Ca, K in leaves of lettuce

Obiekt Object	Sucha masa Dry mass (%)		Popiół Ash (%)		Makroskładniki – Macroelements (g·kg <sup>-1</sup> )					
					Mg		Ca		K	
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
0	6.23b	5.30a	13.96a	18.00c	6.27b	4.57a	7.95c	6.66b	42.9a	63.8c
Ca <sub>(1)</sub>	5.28a	5.69a	14.34a	16.48b	5.70a	4.41a	9.93d	6.21b	42.9a	55.8b
Ca <sub>(2)</sub>	6.32a	5.67a	13.58a	15.74b	5.08a	4.68a	7.99c	5.37a	41.8a	51.3b
NIR dla Ca <sub>(1,2)</sub>	0.699		1.097		1.75		1.34		6.12	
NIR dla K <sub>(1,2)</sub>	0.495		0.724		1.15		0.89		4.04	

Objaśnienia – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $P=0,05$   
Explanations – values marked with the same letters are not significantly different at  $P=0.05$

Wpływ jonów  $K^+$  na zawartość suchej masy sałaty zaznaczył się w próbkach kontrolnych, których nie potraktowano roztworem zawierającym  $Ca^{2+}$ . Podwójna dawka jonów  $K^+$  spowodowała spadek zawartości suchej masy w stosunku do dawki podstawowej o ok. 15%. Na zawartość popiołu w materiale roślinnym duży wpływ miało zastosowanie jonów  $K^+$ , których podwójna dawka wpłynęła na wzrost jego zawartości w roślinach z różnych kombinacji. Największy wzrost, o ok. 29%, zanotowano w próbce kontrolnej. Jony  $Ca^{2+}$  miały istotnie większy wpływ na zmiany zawartości popiołu w badanym materiale w przypadku zastosowania podwójnej dawki jonów  $K^+$ . W tych warunkach zaobserwowano spadek zawartości popiołu w stosunku do próbki kontrolnej ze wzrostem ilości użytego  $CaCl_2$ , największy o ok. 12,5% w przypadku podwójnej dawki jonów  $Ca^{2+}$ .

Z badań wynika, że najwięcej magnezu (0,627%) zawierały liście sałaty roślin kontrolnych zasilanych podstawową dawką K<sup>+</sup> (tab. 1). Zastosowanie podwójnej dawki K<sup>+</sup> oraz dolistne stosowanie CaCl<sub>2</sub> spowodowało obniżenie poziomu magnezu w porównaniu z kontrolą.

Inni autorzy w swoich badaniach wykazali, że zawartość Mg w liściach sałaty była nieco niższa i wynosiła 3,4 – 4,0 g w 1 kg suchej masy. Ilość ta zależała od zawartości potasu w pożywce (NURZYŃSKI i in. 1998).

W badaniach przeprowadzonych przez NOWAK i WOJTASIK (1998) zawartość Mg w sałacie z próby kontrolnej wynosiła 0,147% suchej masy w pierwszym terminie zbioru, natomiast w drugim terminie zbioru zawartość ta nieco wzrosła i wynosiła 0,158% s.m.

W przypadku zawartości wybranych mikro- i makroskładników w odmianach sałaty „Salinas”, „Mini-Green” i „Valmaine”, badanych przez WAYCOTT i RYDER (1994), wykazano istotne różnice odmianowe. U odmiany „Valmaine” stwierdzono najwyższą zawartość magnezu – 15,3 mg w 100 g świeżego materiału. U odmiany „Mini-Green” zawartość Mg wynosiła 8,24 mg, natomiast u „Salinas” 6,34 mg w 100 g świeżego materiału.

W badaniach zmian zawartości jonów wapniowych w liściach sałaty wykazano, że najwięcej Ca (9,93 g w 1 kg s.m.) zawierała sałata poddana działaniu podstawowej dawki jonów K<sup>+</sup> i jednokrotnemu opryskowi jonami Ca<sup>2+</sup> (tab. 1). Rośliny z tej serii doświadczeń zawierały o ok. 25% więcej wapnia w stosunku do kontroli,

Dwukrotne dolistne stosowanie chlorku wapnia, w przypadku zastosowania podstawowej ilości potasu, nie spowodowało zmiany zawartości Ca w stosunku do próby kontrolnej. W przypadku podwójnej dawki jonów K<sup>+</sup>, wpływ jonów wapnia stwierdzono po dwukrotnym oprysku CaCl<sub>2</sub>, który wywołał spadek zawartości Ca o ok. 19% w stosunku do kontroli.

Wyniki badań innych autorów z zastosowaniem zróżnicowanego nawożenia potasem wykazały, że zawartość wapnia w liściach sałaty była na podobnym poziomie, jaki uzyskano w badaniach własnych (NURZYŃSKI i in. 1998).

W badaniach NOWAK i WOJTASIK (1998) zawartość Ca w sałacie z próby kontrolnej wynosiła 0,69% s.m. w pierwszym terminie zbioru, natomiast w drugim terminie zbioru zawartość ta wzrosła i wynosiła 1,37% s.m.

Według WAYCOTT i in. (1994), zawartości wapnia w 100 g świeżej masy poszczególnych odmian były następujące: 27,4 mg u odmiany „Valmaine”, 13,2 mg – „Mini-Green” i 10,3 mg – „Salinas”.

W badaniach własnych wykazano, że w liściach sałaty poddanych działaniu podwójnej dawki jonów K<sup>+</sup>, bez oprysku jonami Ca<sup>2+</sup>, zawartość potasu była najwyższa – 63,8 g w 1 kg s.m. (tab. 1).

Jony Ca<sup>2+</sup> miały istotny wpływ na zmiany zawartości K jedynie po zastosowaniu podwójnej dawki jonów K<sup>+</sup>. Zaobserwowano spadek zawartości K pod wpływem CaCl<sub>2</sub> w stosunku do kontroli.

Zastosowanie różnej ilości jonów  $K^+$  miało istotny wpływ na zawartość K w liściach sałaty. Podwójna dawka jonów  $K^+$  spowodowała we wszystkich kombinacjach wzrost zawartości K. Jednak wzrost ten (o ok. 48%) był największy w przypadku próbek kontrolnych bez oprysku  $CaCl_2$  i zmniejszał się ze wzrostem ilości użytego  $CaCl_2$ .

Z badań NURZYŃSKIEGO i in. (1998) wynika, że zawartość K w liściach sałaty pochodzących z doświadczenia o zróżnicowanym nawożeniu potasowym, była wyższa od wyników otrzymanych przez nas i wałała się w granicach 7,59 – 9,31 g w 100 g s.m. Ten sam autor w swoich badaniach (NURZYŃSKI 2005) wykazał, że ważnym czynnikiem wpływającym na jakość warzyw jest forma stosowania potasu w ich uprawie. Stwierdził, że warzywa, które zasilano roztworem  $KCl$ , zawierały mniej potasu niż te, które zasilano  $K_2SO_4$ .

W badaniach NOWAK i WOJTASIK (1998) zawartość K w sałacie dla próby kontrolnej wynosiła 3,29% s.m. w pierwszym terminie zbioru, natomiast w drugim terminie zbioru zawartość ta nieco wzrosła i wynosiła 3,98% s.m. Autorzy ci stwierdzili, że zawartość badanych makroskładników (K, Ca i Mg) w sałacie zależała od terminu jej uprawy i była większa w sałacie uprawianej w terminie jesiennym niż w terminie wiosennym.

Według WAYCOTT i RYDER (1994), zawartości potasu wyrażone w 100 g świeżej masy poszczególnych odmian były następujące: 210 mg odmiana „Valmaine”, 147,0 mg „Mini-Green” i 121,0 mg „Salinas”.

Z badań przeprowadzonych przez SOUNDY i in. (2001) wynika, że nawożenie potasem powoduje wzrost jego zawartości w liściach sałaty z 41,09 g  $kg^{-1}$  w przypadku roślin kontrolnych do 48,7 g  $kg^{-1}$  po zastosowaniu potasu w ilości 60 mg  $dm^{-3}$ . Bez zastosowania potasu, rośliny rosące na podłożu torf + wermikulit miały wyższą zawartość tego pierwiastka w liściach (30,3 g  $kg^{-1}$ ) niż rośliny rosące na podłożu torf + wełna skalna (2,7 g  $kg^{-1}$ ). Prawdopodobnie jest to spowodowane wyższą zawartością potasu w podłożu. W przypadku dawki potasu 60 mg  $dm^{-3}$ , wzrost jego zawartości w liściach sałaty zanotowano na obu podłożach, jednak szczególnie był on widoczny u roślin rosnących na torfie z wełną skalną.

BARTA i TEBBITTIS (2000) wykazali, że istotnym czynnikiem w gromadzeniu się składników mineralnych jest naświetlanie i faza rozwoju roślin. Zawartość wapnia w liściach poddanych naświetleniu zwiększyła się od 1,0 do 2,1 mg  $g^{-1}$  s.m. podczas wzrostu liści od 5 do 30 mm, natomiast w liściach nienawiścietlanych obniżyła się od 1 do 0,7 mg  $g^{-1}$  s.m.. Zawartość magnezu zarówno w liściach naświetlanych, jak i nienawiścietlanych, była zbliżona i wynosiła ok. 3,5 mg  $g^{-1}$  s.m. i nie zmieniała się podczas rozwoju liści. Zarówno w liściach naświetlanych, jak i nienawiścietlanych zawartość potasu zwiększyła się z 40 do ok. 60 g  $kg^{-1}$  s.m. w czasie wzrostu liści.

Wyniki badań otrzymane w doświadczeniu są podobne i dotyczą jakości sałaty analizowanej po 30 dniach od wysiewu.

Analizując poziom jonów miedzi w roślinach, największą jej ilość ( $12,6 \text{ mg kg}^{-1}$  g s.m.) wykazano w liściach sałaty potraktowanych podstawową dawką jonów  $\text{K}^+$ , bez opryskiwania  $\text{CaCl}_2$  (tab.2). Zastosowanie do listne  $\text{Ca}^{2+}$  spowodowało zmniejszenie zawartości Cu w liściach sałaty. Stwierdzono, że podwójna dawka jonów  $\text{Ca}^{2+}$  spowodowała obniżenie zawartości Cu w liściach sałaty potraktowanych podstawową dawką jonów  $\text{K}^+$  o ok. 48% w stosunku do kontroli. Zastosowanie zróżnicowanych dawek potasu nie miało natomiast wpływu na zawartość Cu w badanym materiale roślinnym. W żadnej kombinacji doświadczalnej nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w zawartości tego mikroskładnika pod wpływem zwiększonej ilości jonów  $\text{K}^+$ .

Tabela 2  
Table 2

Wpływ  $\text{CaCl}_2$  i  $\text{K}_2\text{SO}_4$  na poziom Cu, Zn, Fe, Mn w liściach sałaty  
Effect of  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{K}_2\text{SO}_4$  on the levels of Cu, Zn, Fe, Mn in leaves of lettuce

Obiekt Object	Składniki mineralne – Mineral compounds ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )							
	Cu		Zn		Fe		Mn	
	$\text{K}_1$	$\text{K}_2$	$\text{K}_1$	$\text{K}_2$	$\text{K}_1$	$\text{K}_2$	$\text{K}_1$	$\text{K}_2$
0	1.26b	1.12b	11.54a	13.78b	21.59a	22.50a	6.01a	6.34a
$\text{Ca}_{(1)}$	0.89a	0.79a	14.30b	12.11a	17.01a	30.37b	5.29a	8.57b
$\text{Ca}_{(2)}$	0.65a	0.75a	12.02a	12.41a	26.75b	29.35b	7.60b	7.95b
NIR dla $\text{Ca}_{(1,2)}$	0.406		2.656		6.976		1.81	
NIR dla $\text{K}_{(1,2)}$	0.268		1.753		4.604		1.195	

Objaśnienia – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $P=0,05$   
Explanations – values marked with the same letters are not significantly different at  $P=0.05$

MARTYN i in. (1998) analizując zawartość metali ciężkich w liściach sałaty, stwierdzili, że poziom miedzi wahał się od 1,36 do 1,68 mg w 100 g s.m. w przypadku zastosowania zwiększonego nawożenia potasowego. Są to wartości nieco wyższe od otrzymanych w badaniach własnych. AGTE i in. (2000) donoszą, że zawartość miedzi w sałacie jest na poziomie ok. 0,006 mg na 100 g świeżego materiału. Według danych WAYCOTT i RYDER (1994), zawartość miedzi w 100 g świeżej masy u poszczególnych odmian była następująca: 0,0306 mg u odmiany „Valmaine”, 0,0201 mg u „Mini-Green” i 0,0204 mg u „Salinas”.

Najwyższą zawartość Zn, 143,0 mg w 1 kg s.m., odnotowano w liściach sałaty potraktowanej podstawową dawką jonów  $\text{K}^+$  i jednokrotnie opryskiwanych jonami  $\text{Ca}^{2+}$  (tab. 2).

Wpływ jonów  $\text{Ca}^{2+}$  na zawartość Zn zaznaczył się w roślinach jednokrotnie opryskanych  $\text{CaCl}_2$ , w przypadku podstawowej dawki jonów  $\text{K}^+$ .

Odnutowano w nich wzrost zawartości tego mikroskładnika (o ok. 24%) w stosunku do kontroli. Zastosowanie zwiększonej dawki K<sup>+</sup> nie miało wpływu na zawartość Zn w sałacie, którą traktowano podwójną dawką Ca<sup>2+</sup>.

Badania zawartości Zn w liściach sałaty przeprowadzone przez MARTYNĄ i in. (1998) wykazały, że zawartość tego mikroskładnika wała się od 5,7 do 10,2 mg w 100 g s.m., po zastosowaniu zwiększonej dawki potasu. Według AGTE i in. (2000), zawartość cynku w sałacie wynosiła ok. 0,331 mg na 100 g świeżego materiału.

Według WAYCOTT i RYDER (1994), zawartość cynku w badanych odmianach sałaty wała się od 0,236 mg do 0,150 mg w 100 g świeżej masy.

ELLESS i in. (2000) przedstawili w swej pracy zawartości wybranych mikroskładników w sałacie rzymskiej. Zawartość Zn w 1 g suchej biomasy tej odmiany wynosiła 0,07 mg.

Na podstawie wyników stwierdzono, że najwięcej Fe w 1 kg s.m. za-wierały liście sałaty potraktowane podwójną dawką jonów K<sup>+</sup> oraz jedno-krotnie i dwukrotnie opryskane CaCl<sub>2</sub>, 303,7 mg (tab. 2). Stwierdzono tak-że wpływ stosowania różnej ilości CaCl<sub>2</sub> na zmiany zawartości Fe w liściach sałaty w przypadku podstawowej dawki jonów K<sup>+</sup>. Dwukrotny oprysk CaCl<sub>2</sub> spowodował wzrost ilości tego składnika w stosunku do roślin kontrolnych. Wobec podwójnej dawki jonów K<sup>+</sup>, oprysk CaCl<sub>2</sub> spowodował wzrost zawartości Fe w stosunku do kontroli, jednak bez zróżnicowania pod względem ilości zastosowanego CaCl<sub>2</sub>.

Jony K<sup>+</sup> miały znaczący wpływ na zawartość Fe w liściach sałaty w próbach potraktowanych jednokrotnym opryskiem CaCl<sub>2</sub>. Zastosowanie podwójnej dawki K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> spowodowała istotny statystycznie wzrost zawartości Fe w stosunku do dawki podstawowej.

Uzyskane wyniki są znacznie niższe w porównaniu z otrzymanymi przez innych autorów (MARTYN i in. 1998). AGTE i in. (2000) donoszą o zawartości żelaza w sałacie w ilości 0,521 mg na 100 g świeżego materiału. Według WAYCOTT i RYDER (1994), zawartości żelaza były zróżnicowane w zależności od odmian i wynosiły od 0,898 mg do 0,229 mg w 100 g świeżej masy. Zawartość żelaza w sałacie rzymskiej, zgodnie z wynikami ELLESS i in. (2000) wynosiła 0,9 mg w 1 g suchej biomasy.

W badaniach własnych zanotowano zróżnicowaną reakcję roślin na dzia-łanie Ca<sup>2+</sup> i K<sup>+</sup>, wyrażoną odmienną akumulacją Zn i Fe. Zwiększonemu poziomowi Zn towarzyszyło zmniejszenie pobierania Fe. To stwierdzenie jest zgodne z badaniami HE i in. (2004), którzy wykazali, że dodatek Zn i Se, a także Pb i Cd ma antagonistyczny wpływ na akumulację Fe w sałacie z doświadczenia wazonowego.

Wyniki badań poziomu manganu wykazały, że najwięcej tego pierwiastka (85,7 mg kg<sup>-1</sup> s.m.) zawierały liście sałaty potraktowane podwójną dawką potasu i jednokrotnie opryskane jonami Ca<sup>2+</sup> (tab. 2). W przypadku podstawowej dawki jonów K<sup>+</sup>, dwukrotny oprysk CaCl<sub>2</sub> spowodował wzrost

zawartości Mn w stosunku do oprysku jednokrotnego o ok. 43%. Po zastosowaniu podwójnej dawce jonów K<sup>+</sup>, oprysk jonami Ca<sup>2+</sup> spowodował wzrost zawartości Mn w stosunku do kontroli, jednak nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic na skutek użycia różnej ilości jonów Ca<sup>2+</sup>. Jony K<sup>+</sup> miały także wpływ na zmiany zawartości Mn w liściach sałaty jednokrotnie opryskanych CaCl<sub>2</sub>. Podwójna dawka jonów K<sup>+</sup> spowodowała wzrost zawartości Mn w stosunku do dawki podstawowej tych jonów.

MARTYN i in. (1998) wykazali, że kumulacja Mn w liściach sałaty w przypadku zastosowania zwiększonej dawki potasu, wynosiła 32,83 – 45,90 mg w 100 g s.m.

Zawartość manganu w sałacie rzymskiej, określona przez ELLESS i in. (2000), była podobna do zawartości uzyskanej w badaniach własnych i wynosiła 0,1 mg w 1 g suchej biomasy.

## WNIOSKI

1. Stwierdzono, że zastosowanie zróżnicowanych dawek K nie miało istotnego wpływu na poziom Cu, Fe i Mn w liściach sałaty, natomiast spowodowało obniżenie poziomu magnezu i wapnia oraz wzrost zawartości potasu i cynku.
2. Oprysk roślin sałaty roztworem CaCl<sub>2</sub> o różnym stężeniu wpłynął na wzrost zawartości żelaza i manganu oraz obniżenie poziomu miedzi i magnezu, natomiast nie miał istotnego wpływu na poziom potasu w roślinach dokarmianych podstawową dawką potasu.
3. Zasianie dolistne roślin roztworem CaCl<sub>2</sub> i dokarmianych podwójną dawką potasu spowodowało mniejsze pobieranie potasu, miedzi i cynku oraz zwiększoną akumulację żelaza i manganu. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu na poziom magnezu.

## PIŚMIENIICTWO

- AGTE V.V., TARWADI K.V., MENGAL S., CHIPRONKAR S.A. 2000. *Potential of traditionally cooked green leafy vegetables as natural source for supplementation of eight micronutrients in vegetarian diets.* J. Food Composit. Anal., (13): 885-891
- BARTA D.J., TIBBITTS T.W. 2000. *Calcium localization and tipburn development in lettuce leaves during early enlargement.* J. Amer. Soc. Hort. Sci., 125(3): 294-298.
- ELLESS M.P., BLAYLOCK M.J., HUANG J.W., GUSSMAN C.D. 2000. *Plants as a natural source of concentrated mineral nutritiona supplements.* Food Chem., 71: 181-188.
- HE P.P., LV X.Z., WANG G.Y. 2004. *Effects of Se and Zn supplementation on the antagonism against Pb and Cd in vegetables.* Environ. Int., 30: 167-172.
- HOUSE W.A. 1999. *Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc.* Field Crops Res., 60:115-154.

- 
- LUNA-GUZMAN I., BARRETT D. M. 2000. *Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes.* Postharvest Biol. Technol., 19: 61-72.
- LUNA-GUZMAN I., CANTWELL M., BARRETT D. M. 1999. *Fresh-cut cantaloupe: effects of  $CaCl_2$  dips and heat treatments on firmness and metabolic activity.* Postharvest Biol. Technol., 17: 201-213.
- MARTYN W., MOLAS J., ONUCH-AMBORSKA J. 1998. *Oddziaływanie hortisolu o różnej zawartości metali ciężkich na jakość biologiczną sałaty odmiany Bona.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., (461): 279-289.
- NOWAK W., WOJTAŚIK A. 1998. *Wpływ nawożenia mineralnego i biohumusu na zawartość niektórych składników mineralnych w warzywach.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., (461):323-329.
- NURZYŃSKI J. 2005. *Wpływ nawożenia różnymi formami nawozów potasowych na plon oraz skład chemiczny podłoża i liści warzyw.* Nawozy i Nawożenie, (3): 448-456.
- NURZYŃSKI J. 1999. *Nawożenie a skład chemiczny warzyw.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., (466): 31-40.
- NURZYŃSKI J., MICHAŁÓJC Z., KALBACZYK M. 1998. *Wpływ nawożenia potasowego na plon i skład chemiczny sałaty.* ZZesz. Probl. Post. Nauk Rol., (461): 243-246.
- ORŁOWSKI M., KOŁOTA E. 1999. *Warzywa liściowe. Uprawa warzyw.* AR Szczecin, 3: 100-102
- PODAR D., RAMSEY M.H. 2005. *Effect of alkaline pH and associated Zn on the concentration and total uptake of Cd by lettuce: comparison with predictions from the CLEA model.* Sc. Total Environ., 347:53-63.
- SOUNDY P., CANTLiffe D.J., HOCHMUTH G.J., STOFFELLA P.J. 2001. *Nutrient requirements for lettuce transplants using a floatation irrigation system II. Potassium.* HortScience, 36(6):1071-1074.
- WAYCOTT W., RYDER E.J. 1994. „Ice Cube”, „Blush” and „Mini-Green”: Miniature Crisphead Lettuce Cultivars. HortScience, 29(4):333-334.

**CONTENT OF ANTHOCYANINS  
AND THEIR ANTIOXIDATIVE  
PROPERTIES IN VARIOUS CULTIVARS  
OF RED HEAD CABBAGE  
(*Brassica oleracea* L. var *capitata* L. f. *rubra*)**

**Barbara Pliszka, Emilia Mieleszko,  
Grażyna Huszcza-Ciołkowska,  
Brygida Wróblewska-Wierzbicka<sup>1</sup>**

**Chair of Chemistry, Chair of Horticulture  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn**

**Abstract**

Red head cabbage comes in many varieties, which differ from one another in the length of vegetative period, yield quality and general biological value. The aim of our study has been to determine the content of anthocyanins in extracts from three different cultivars of red head cabbage (cv. Koda, Haco POL and Kissendrup SWE) and to examine their antioxidative activity. It was found that the content of anthocyanins in extracts from red head cabbage was significantly varied, depending on a cultivar. Extracts from cv. Kissendrup SWE contained significantly more anthocyanins, whereas those obtained from cv. Koda had the smallest content of those compounds. Anthocyanins extracted from cv. Haco POL red cabbage demonstrated the highest antioxidative capacity. Weak correlation was shown between the content of anthocyanins and their antioxidative capacity ( $R^2$  from 0.278 to 0.297).

**K e y w o r d s:** anthocyanins, antioxidative activity, cultivars of red head cabbage (Koda, Haco POL, Kissendrup SWE).

---

dr Barbara Pliszka, Chair of Chemistry, University of Warmia and Mazury, pl Łódzki 4, 10-957 Olsztyn, Poland, e-mail: basiap@uwm.edu.pl, phone: (89) 523-44-47

---

**ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW ANTOCYJANOWYCH I ICH WŁAŚCIWOŚCI  
PRZECIWUTLENIAJĄCE W RÓŻNYCH ODMIANACH KAPUSTY GŁOWIASTEJ CER-  
WONEJ (*Brassica oleracea* L. var *capitata* L. f. *rubra*)**

Abstrakt

Kapusta głowiasta czerwona ma wiele odmian, które różnią się długością okresu wegetacji, jakością plonu i ogólną wartością biologiczną. Celem pracy było oznaczenie zawartości związków antocyjanowych w ekstraktach trzech odmian kapusty głowiastej czerwonej (Koda, Haco POL, Kissendrup SWE) i zbadanie ich aktywności antyoksydacyjnej. Stwierdzono, że zawartość antocyjanów w ekstraktach z kapusty głowiastej czerwonej istotnie zależała od odmiany kapusty. Ekstrakty z kapusty odmiany Kissendrup SWE zawierały istotnie najwięcej antocyjanów, a najmniej ekstrakty z kapusty odmiany Koda. Antocyjany wyodrębnione z kapusty odmiany Haco POL wykazywały największą aktywność przeciwutleniającą. Wykazano słabą korelację między zawartością związków antocyjanowych a ich aktywnością antyoksydacyjną ( $R^2$  od 0,278 do 0,297).

Słowa kluczowe: antocyjany, aktywność antyoksydacyjna, odmiany kapusty głowiastej czerwonej (Koda, Haco POL, Kissendrup SWE).

## INTRODUCTION

Diets which contain vegetables can prevent several major degenerative diseases of man. Red and yellow vegetables deserve particular attention as they are highly antioxidative (FURUTA et al. 1997). For example, red cabbage has much higher antioxidative activity than white cabbage (PROTEGGENTE *et al.* 2002, STRATIL *et al.* 2006). The colour of red cabbage is derived from the antioxidants the vegetable contains, which are acylated cyanidin derivatives. DEGENHARDT *et al.* (2000) report that acylated anthocyanins from red cabbage are highly antioxidative. It may be expected that they are more active than non-acylated anthocyanins (TAMURA, YAMAGAMI 1994). Recent discoveries in the field have demonstrated various positive effects of anthocyanins on human health, based mainly on the antioxidative properties of these compounds (CHU *et al.* 2002, ŽITŇANOVÁ *et al.* 2006).

However, it must be remembered that antioxidative properties of vegetables and fruit are varied and cultivar-dependent within the same species of plants (EHLENFELDT, PRIOR 2001). Thus, evaluation of cultivars seems a recommendable direction in the search of the most superior sources of antioxidative compounds.

Red head cabbage has many cultivars, which differ from one another in yield quality and general biological value (GRZESIEK 1996). The cultivars of red cabbage most often grown in Poland, listed in the national register of cultivated crops and vegetables, are: Koda, Haco POL, Kissendrup SWE, Langendijker Dauer (CZARNOCKA 1985, KAWECKI, KRYŃSKA 1995).

In our research we examined red cabbage as a source of anthocyanins, a very important group of antioxidative compounds. Widespread use of red cabbage as a source of anthocyanins can bring about relatively large advantages. For one thing, acylated anthocyanins, which are found in red cabbage, are biologically more active than many other compounds in this group (FURUTA et al. 1997, KUNACHOWICZ et al. 2003, TAMURA, YAMAGAMI 1994). The choice of red cabbage is also economically viable as this plant, in comparison to other edible plants rich in anthocyanins, is inexpensive to grow, yields quickly and its cultivation, harvest and storage are not difficult (CZARNOCKA 1985, GAJEWSKI 2001).

The basic aim of the study was to determine the content of anthocyanins in extracts of three red head cabbage cultivars and to analyse their antioxidative activity. For extraction of anthocyanins from red cabbage we used a solution of citric acid, which is safe for human health. In addition, we looked for possible correlations between the content of anthocyanin compounds and their antioxidative activity.

## MATERIAL AND METHODS

The test material consisted of three cultivars of red head cabbage, different in the length of vegetative period: Koda (an early cultivar), Haco POL (medium early) and Kissendrup SWE (medium late). The cultivars were grown in a one-year trial in the garden of the Experimental Station of the University of Warmia and Mazury in Olsztyn. The plant material was stored frozen until analyses.

Extracts from red head cabbage were obtained from frozen samples by maceration with citric acid solution of pH 2. Extracts were purified by solid-phase extraction (SPE), first in a large Bondesil C<sub>18</sub> loaded column followed by a Sephadex LH-20100 gel packed column. The eluates were concentrated in a vacuum steamer and lyophilised.

The total content of anthocyanins in extracts from red head cabbage was determined according to WRÖLSTAD (1976). Quantitative determination of anthocyanins consisted of measuring the difference in the absorbance of the extracts in buffer solutions of 1 and 4.5 pH at the wavelength of  $\lambda_{\text{max}}=525$  (W method).

The content of anthocyanins in extracts of red head cabbage was determined according to NIKETIĆ-ALEKSIĆ, HRAZDINA (1972). Quantitative determination of anthocyanins consisted of measuring the difference in the absorbance of the extracts in a 0.1 mol · dm<sup>-3</sup> HCl solution at the wavelength of  $\lambda_{\text{max}}=525$  nm (H method).

The concentrations of anthocyanins resulting from either of the above determination methods were recalculated into the amounts of cyanidin 3,5-di-glucoside, which is one of the major anthocyanins in red cabbage.

The total antioxidative capacity was determined by the TAS method (MILLER et al. 1993). The method is based on generation of ABTS<sup>•+</sup> cation-radicals, which are inhibited by antioxidants. The absorbance of each set was measured at a wavelength of 600 nm after 3 minute incubation at 37°C. The results are given as TEAC values ( $\mu\text{mol Troloxo} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ ).

Anti-radical effect was determined by the method elaborated by YEN, HUNG (2000). The method was based on determination of the efficiency of scavenging DPPH<sup>•</sup> (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) synthetic free radicals in solutions of anthocyanin preparations. The results are given as inhibition percentages.

The results obtained in three replications underwent statistical analysis using Duncan's test at the significance level of  $\alpha = 0.05$ . In addition to this, linear regression analysis was performed and correlation coefficients calculated for the dependences between the content of anthocyanin compounds and their antioxidative activity in red cabbage extracts, at  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

The research comprised determination of anthocyanins in red cabbage extracts by two methods. The three cultivars of red head cabbage analysed contained varied concentrations of anthocyanin compounds as determined by the two methods: **W** method (WRÖSTAD, 1976) and **H** method (NIKETIĆ-ALEKSIĆ, HRAZDIN, 1972) – Fig. 1.

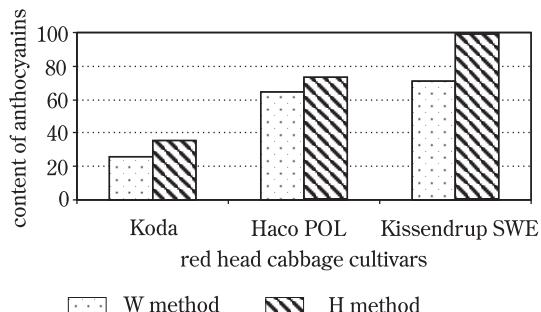


Fig. 1. Content of anthocyanins ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  fresh leaf matter) in different red head cabbage cultivars

In the analysed extracts from red head cabbage, the concentrations of anthocyanins determined by **W** method were statistically significantly varied depending on the cabbage cultivars. The highest content of anthocyanins was determined in the extract obtained from cv. Kissendrup SWE and the smallest one was discovered in the extract from cv. Koda. Similar

dependences were demonstrated when H method was applied for determination of anthocyanins. The later the cabbage cultivar, the higher the content of anthocyanins. The content of anthocyanins in fruit and vegetables depends on a plant species and inheritable traits of a botanical and breeding cultivar (EHLENFELDT, PRIOR 2001). It can also be conditioned by environmental factors, agronomic practice and maturity of edible parts of plants (KIM et al. 2004, PICCAGLIA et al. 2002).

The method of obtaining anthocyanin preparations from red head cabbage applied in the present study enabled us to isolate anthocyanin pigment characterised by high antioxidative activity (Table 1).

Table 1  
Antioxidative activity of anthocyanins in different  
red head cabbage cultivars

Cultivar	Antioxidative activity	
	TEAC ( $\mu\text{mol Troloxo} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ )	DPPH $^{\bullet}$ (% inhibition)
Koda	25.9 <sup>c*</sup>	85.50 <sup>a</sup>
Haco POL	31.9 <sup>a</sup>	86.28 <sup>a</sup>
Kissendrup SWE	28.3 <sup>b</sup>	82.24 <sup>b</sup>

\*Data marked with different letter differ significantly at  $\alpha = 0.05$   
(separately for each column)

Some statistically significant differences were determined between the three red cabbage cultivars in terms of total antioxidative capacity. The highest TEAC was ascribed to the anthocyanin preparation isolated from cv. Haco POL cabbage whereas the lowest one was found in the case of cv. Koda. PODSEDEK et al. (2006), who examined two cultivars of red head cabbage, reported the following TEAC values (in  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ):  $12.64 \pm 0.21$  for cv. Kissendrup and  $9.81 \pm 0.45$  for cv. Koda. In our studies, the results were analogous but the antioxidative capacity of the anthocyanin preparations was higher: TEAC values (in  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ) was 28.3 for cv. Kissendrup SWE and 25.9 for cv. Koda.

In addition to this, we observed very high free radical scavenging activity of the anthocyanin preparations from the three different red cabbage cultivars towards DPPH $^{\bullet}$ . The DPPH scavenging efficiency of the anthocyanins found in cv. Koda and Haco POL red cabbage did not differ statistically. However, the anthocyanins isolated from cv. Kissendrup SWE were significantly less efficient in this capacity. The dependence of antioxidative activity on the method of its determination did not allow us to put the three analysed cultivars in some unambiguous order. Antioxidative activity increases as the concentration of an antioxidant goes up, but this relationship holds true only up to some level, which is dependent on

both the antioxidant itself and the test used to determine its antioxidant capacity. As other research has demonstrated, the highest antioxidant activity occurs at  $0.5\text{--}0.8 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-1}$  of antioxidants in an extract. At higher concentration of anthocyanins, antioxidative activity decreases (PLISZKA et al. 2005).

KAUR, KAPOOR (2002) report that red cabbage belongs to vegetables characterised by moderate antioxidative capacity (<70%). Antioxidative activity of ethanol extracts is 69.3% whereas that of aqueous ones is 47.8%. In our research we obtained aqueous extracts of anthocyanins of high antioxidative capacity (>80%) Tab. 1. Antioxidative properties are affected by a number of factors, including anthocyanin extraction methods. Typically, anthocyanins are extracted using acidified organic solvents such as methanol, acetone or their mixtures with water (KÄHKÖNEN et al. 2001, ROBERTS, GORDON 2003). Our previous studies (PLISZKA et al. 2003, 2005) showed that application of citric acid for extraction of anthocyanins has favourable influence on their antioxidative properties. The present investigations have confirmed this observations. Another advantage of this method is that no extra antioxidant has to be used during the extraction process as citric acid can perform this role (GROMOVAYA et al. 2002).

In our present study we also looked at the correlation between the content of anthocyanins and their antioxidative capacity in extracts from different red cabbage cultivars, irrespective of the determination method applied. Some weak correlation was found between the content of anthocyanins and their total antioxidative capacity ( $R^2 = 0.297$ ) and anti-radical efficiency ( $R^2=0.278$ ).

WAŽBIŃSKA et al. (2006), who examined extracts from European elder, received very high positive correlation between the content of anthocyanins and their antioxidative properties ( $R^2=0.982$ , confidence level 99%). Similar and also very high correlation ( $R^2=0.932$ ) was reported by WADA, OU (2002).

KAUR, KAPOOR (2002), KÄHKÖNEN et al. (2001), PODSEDEK et al. (2006) demonstrated that the effect of polyphenolic compounds found in fruit and vegetable extracts on their antioxidative properties is varied ( $R^2$  from 0.30 to 0.93). Contrary to this, HASSIMOTTO et al. (2005) reported that there was no correlation whatsoever between the total content of phenols or vitamin C and the antioxidative properties of those compounds, suggesting that antioxidative properties were a product of combined effect of various synergistically and antagonistically acting compounds.

## CONCLUSIONS

1. Content of anthocyanins in extracts from red head cabbage depended significantly on a cabbage cultivar. Extracts from cv. Kissendrup SWE contained significantly most anthocyanins whereas those obtained from cv. Koda had the smallest concentration of anthocyanins. In general, the later the cabbage cultivar, the higher the content of anthocyanins.
2. Anthocyanins extracted from cv. Haco POL red cabbage showed the highest total antioxidative capacity (statistically significant) as well as very high free radical scavenging efficiency.
3. Among the three red cabbage cultivars tested, the lowest (statistically significant) antioxidative capacity was determined for the anthocyanins extracted from cv. Koda and the weakest (statistically significant) free radical scavenging efficiency was revealed by the anthocyanins derived from cv. Kissendrup SWE.
4. Weak correlation was found between the content of anthocyanin compounds and their antioxidative activity.

## REFERENCES

- CHU Y.F., SUN J., WU X., LIU RH. 2002. *Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables*. J. Agric. Food Chem., 50(23): 6910-6916.
- CZARNOCKA H. 1985. *Warzywa kapustne*. PWRiL, Warszawa, ss. 72-77.
- DEGENHARDT A., KNAPP H., WINTERHALTER P. 2000. *Separation and purification of anthocyanins by higher-speed countercurrent chromatography and screening for antioxidant activity*. J. Agric. Food Chem., 48: 338-343.
- EHLENFELDT, M.K., PRIOR R.L. 2001. *Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry*. J. Agric. Food Chem., 49(5): 2222-2227.
- FURUTA S., NISHIBA Y., SUDA I. 1997. *Fluorometric assay for screening antioxidative activity of vegetables*. J. Food Sci., 62(3): 526-528.
- GAJEWSKI M. 2001. *Przechowalnictwo warzyw*. Wyd. SGGW. Warszawa, ss. 141-142.
- GROMOVAYA V.F., SHAPOVAL G.S., MIRONYUK I.E. 2002. *Antiradical and antioxidant activity of biologically active carboxylic acids*. Russ. J. Gen. Chem., 72(5): 774-777.
- GRZESIEK H. 1996. *Warzywa kapustne: kapusta głowiasta biała, kapusta głowiasta czerwona, kapusta włoska, kapusta brukselska, kalaflor, brokul. Synteza wyników doświadczeń odmianowych*. 1995. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Słupia Wielka, październik 1996, Zesz. 1084.
- HASSIMOTTO N.M.A., GENOVESE M.I., LAJOLO F.M. 2005. *Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps*. J. Agric. Food Chem., 53: 2928-2935.
- KAUR C., KAPOOR H.C. 2002. *Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables*. Int. J. Food Sci. Tech., 37: 153-161.
- KAWECKI Z., KRYŃSKA W. 1995. *Sadownictwo i warzywnictwo*. PWN, Warszawa, ss. 252.
- KÄHKÖNEN M.P., HOPIA A.I., HEINONEN M. 2001. *Berry phenolics and their antioxidant activity*. J. Agric. Food Chem., 49: 4076-4082.

- KIM D.O., PADILLA-ZAKOUR O.I., GRIFFITHS P.D. 2004. *Flavonoids and antioxidant capacity of various cabbage genotypes at juvenile stage.* J. Food Sci., 69(9): 685-689.
- KUNACHOWICZ H., NADOLNA I., IWANOW K., PRZYGODA B. 2003. *Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw.* Inst. Żywn. i Źyw. w Warszawie. PZWL, Warszawa.
- MILLER N.J., RICE-EVANS C., DAVIES M.J., GOPINATHAN V., MILNER A. 1993. *A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates.* Clin. Sci., 84: 407-412.
- NIKETIĆ-ALEKSIĆ G.K., HRAZDINA G. 1972. *Quantitative analysis of the anthocyanin content in grape juices and wines.* Lebensm. Wiss. Technol., 5(5): 163-165.
- PICCAGLIA R., MAROTTI M., BALDONI G. 2002. *Factors influencing anthocyanin content in red cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata* L. f *rubra* (L) Thell).* J. Sci. Food Agr., 82: 1504-1509.
- PLISZKA B., MIELESZKO E., HUSCZA-CIOŁKOWSKA G., KARCZYŃSKI F. 2003. *Skład i potencjał antyoksydacyjny antocyjanów ekstrahowanych kwasem cytrynowym z owoców aronii.* Biul. Nauk., UWM, 22: 71-76.
- PLISZKA B., WAŻBIAŃSKA J., PUCZEL U., HUSCZA-CIOŁKOWSKA G. 2005. *Biologicznie czynne związki polifenolowe zawarte w owocach różnych odmian hodowlanych i dziko rosnących bzu czarnego.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 507: 443-449.
- PODSEDEK A., SOSNOWSKA D., REDZYNIA M., ANDERS B. 2006. *Antioxidant capacity and content of *Brassica oleracea* dietary antioxidants.* Int. J. Food Sci. Tech., 41 (Suppl 1): 49-58.
- PROTEGGENTE A.R., PANNALA A.S., PAGANGA G., BUREN L.V., WAGNER E., WISEMAN S., PUT F.V.D., DACOMBE C., RICE-EVANS C.A. 2002. *The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition.* Free Radical Res., 36(2): 217-233.
- ROBERTS W.G., GORDON M.H. 2003. *Determination of the total antioxidant activity of fruits and vegetables by a liposome assay.* J. Agric. Food Chem., 51: 1486-1493.
- STRATIL P., KLEJDUS B., KUBÁŇ V. 2006. *Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables-evaluation of spectrophotometric methods.* J.Agric. Food Chem., (54): 607-616.
- TAMURA H., YAMAGAMI A. 1994. *Antioxidative activity of monoacylated anthocyanins isolated from Muscat Bailey A grape.* J. Agric. Food Chem., 42: 1612-1615.
- WADA L., OU B. 2002. *Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries.* J. Agric. Food Chem., 50: 3495-3500.
- WAŻBIAŃSKA J., PLISZKA B., PŁOSZAJ B. 2006. *Content of anthocyanins and antioxidative activity in fruit of wild elder (*Sambucus nigra* L.) growing on different soil objects.* Fruit Growing, 18(1): 161-164.
- WRÖSTAD R.E. 1976. *Color and pigment analyses in fruit products.* Station Bulletin 624, Agricultural Experiment Station Oregon State University, Corvallis, OR.
- YEN G.-C., HUNG C.-Y. 2000. *Effects of alkaline and heat treatment on antioxidative activity and total phenolics of extracts from Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.).* Food Res. Int., 33: 487-492.
- ŽITŇANOVÁ I., RANOSTAJOVÁ S., SOBOTOVÁ H., DEMELOVÁ D., PECHÁN I., ĎURAČKOVÁ Z. 2006. *Antioxidative activity of selected fruits and vegetables.* Biologia, 61(3): 279-284.

## **CONCENTRATIONS OF Zn, Pb, Cu, Cd AND Ni IN THE WATERS OF THE NAREW RIVER AND SOME OF ITS TRIBUTARIES**

**Sławomir Szymczyk, Bożena Grabińska,  
Justyna Koc-Jurczyk**

**Department of Land Reclamation and Environmental Management  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn**

### **Abstract**

In the paper, the effects of differences in land use of a catchment and settlements on the variability of heavy metals concentrations (Zn, Pb, Cu, Cd, Ni) in the Narew River and some of its tributaries such as the Biebrza, upper Narew, Pisa, Omulew and Rozoga rivers were studied. The investigations continued from 1997 to 2002. The areas dewatered by the watercourses differ considerably in terms of environmental features (forests, wetlands, bogs and water reservoirs), land use (arable lands, grasslands) and population (man-made areas). The total catchment of the Narew River at the cross-section in Zamski Kościelne was also taken into account.

The urban areas make up from 0.5% of the Rozoga River to 2.5% of the upper Narew catchment. Water samples were collected quarterly (April, July, October and January) from four study sites located near the river mouth and were analyzed for Zn, Pb, Cu, Cd and Ni by the AAS method. The results showed that concentrations of Pb, Cu, Cd and Ni increased along the Narew River due to the accumulation of the elements in water. A significant influence on high heavy metal concentrations in water was produced by the town of Białystok, a source of large amounts of municipal pollutants discharged into the river. This mainly affected the content of Zn, as the highest pollution with this element was detected in the upper Narew River. The lowest Zn concentrations were observed in the Omulew River water, where forests dominated in the area, covering more than 48% of the catchment. The research showed that wetlands and lakes significantly decreased Pb, Cu, Cd and Ni concentrations in flowing water, but the presence of large inhabited areas with dense population and municipal pollution increased concentrations of heavy metals in river water.

**Key words:** heavy metals, Narew River, tributaries, land use.

---

**STEŻENIE Zn, Pb, Cu, Cd I Ni W WODACH NARWI I WYBRANYCH  
JEJ DOPŁYWÓW**

Abstrakt

W pracy badano wpływ zróżnicowanego użytkowania obszaru zlewni oraz osadnictwa na zmienność stężenia metali ciężkich (Zn, Pb, Cu, Cd, Ni) w wodach Narwi i wybranych jej dopływów: Biebrzy, górnej Narwi, Pisy, Omulwi i Rozogi. Odprowadzają one wody z obszarów (zlewnie częstkowe) znacząco zróżnicowanych pod względem warunków przyrodniczych (lasy, obszary podmokłe, bagna, zbiorniki wodne), sposobu użytkowania (grunty orne, użytki zielone) i zaludnienia terenu (tereny zantropogenizowane). Uwzględniono również zlewnię całkowitą Narwi po punkt pomiarowy w Zambskach Kościelnych. Na obszarze badań tereny zurbanizowane zajmują od 0,5% powierzchni w zlewni Rozogi do 2,5% w zlewni górnej Narwi. Badania obejmowały lata 1997–2002. Próbki wody pobierano z nurtu rzeki w punktach przyjściowych cztery razy w roku: wiosną (kwiecień), latem (lipiec), jesienią (październik) i zimą (styczeń). Oznaczenia Zn, Pb, Cu, Cd i Ni wykonano metodą absorpcyjną spektrometrii atomowej. Wykazano, że wraz z biegiem rzeki Narwi, w wyniku kumulacji pierwiastków w wodzie, wzrastało stężenie Pb, Cu, Cd i Ni. Na wzrost stężenia metali ciężkich znaczący wpływ wywarła obecność w zlewni dużej jednostki osadniczej – miasta Białystok. Było to związane z dopływem większej ilości zanieczyszczeń bytowych powodujących wzrost stężenia Zn w górnej Narwi. Najniższe stężenie Zn stwierdzono w wodach odpływających Omulwią, w której zlewni dominowały lasy – ponad 48% powierzchni. Wykazano również, że występowanie terenów bagiennych, torfowych i zbiorników w zlewni wpływa na zmniejszenie stężenia Pb, Cu, Cd i Ni w wodach rzecznych, ale obecność dużych jednostek osadniczych i związany z tym dopływ zanieczyszczeń bytowych powoduje zwiększenie stężenia badanych metali ciężkich w wodzie rzecznej.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, Narew i jej dopływy, użytkowanie zlewni.

## INTRODUCTION

It is commonly believed that the main causes of increasing surface water pollution are intensive agricultural production, increased urbanisation and industrialisation and transport (KOC 1994, PISTELOK, GALAS 1999, VINK et al. 1999, LÄÄNE et al. 2005).

Among the many threats that water ecosystems are exposed to, heavy metals are a serious risk factor. Although they play an important physiological role in living organisms, once they exceed a certain threshold level, they become dangerous. Excessive amounts of heavy metals inhibit biological processes involved in the self-cleaning of river waters, and may also threaten health of aqueous organisms (LIN, CHEN 1998, HERMANOWICZ et al. 1999). The concentration of heavy metals in the Narew River is associated with the agricultural use of the rivers catchment and with some urbanized areas near the river. Heavy metals are found in artificial fertilizers and chemical pest control preparations; they are also present in certain waste products used in farming (FALENCKA-JABŁOŃKA 1991, GRABIŃSKA et al. 2005b, KOC 1994). Wastewater and sewage discharged from villages or towns as well as from food processing industry plants

located in the Narew River catchment are another essential factor adding to the water pollution (SKORBIŁOWICZ 2005).

The present study dealt with the diversified utilization and urbanization of the river's catchment and the effect of these factors on the content of heavy metals in the waters of the Narew and some of its tributaries. Another reason for undertaking such analyses was the fact that the waters carried by the Narew supply the Warsaw agglomeration (the Zegrzyń water reservoir).

## AREA OF THE STUDY

Determination of heavy metals (Zn, Pb, Cu, Cd and Ni) was carried out for five partial catchments, i.e. the Biebrza ( $7\ 057\ km^2$ ), the upper Narew ( $6\ 077\ km^2$ ), the Omulew ( $2\ 053\ km^2$ ) and the Rozoga ( $493\ km^2$ ) as well as for the complete catchment of the Narew river to the measuring point at Zambski Kościelne ( $27\ 782\ km^2$ ). All these catchments are highly diversified in terms of land use and population density (Table 1).

Table 1

Land use in the catchments (%)

Land use	Omulew	Rozoga	Pisa	Biebrza	Upper Narew	Narew
Man-made areas	1.25	0.52	0.90	1.13	2.70	1.51
Arable lands	18.10	24.27	32.38	37.88	31.5	34.68
Meadows and pastures	29.40	41.98	20.52	28.54	29.3	28.18
Forest	48.17	32.91	37.72	25.15	34.78	31.58
Wetland zones	0.86	–	0.48	5.08	1.26	1.79
Water bodies	2.22	0.32	8.00	2.22	0.46	2.26

The land cover of the Narew catchment, which lies in the extra-glacial zone, is composed predominantly of old-glacial land cover and some young post-glacial land. The whole of the upper Narew catchment lies in old post-glacial landscape, while the rivers of Omulew, Rozoga, Pisa and Biebrza drain catchments in transition zone between old and young post-glacial landscape.

The morphogenesis of the latter catchments comprise high plains without lakes, sandurs and high plains with lakes. As regards the type of use, the Narew River catchment is an agricultural and forested catch-

ment. The diversity of farming conditions within the river catchment has several causes: varied geomorphological parameters, different soil and climatic conditions, various land cover and differences in the sozologic infrastructure. One thing that is characteristic of this area is the low level of urbanization and industrialization. The share of the urbanized land in the partial catchments investigated ranged from 2.7% in the upper Narew catchment to 0.5% in the Rozogi River catchment (GRABIŃSKA et al. 2005a).

## METHODS

The research period covered years 1997–2002. Water samples were collected from the river current four times a year: in April (spring), July (summer), October (autumn) and January (winter). In the tributary rivers, water samples were taken from sites located at the river inflows. Two sampling sites were established on the Narew: at Strękowa Góra (262 km of the river flow), which was a site representative for the partial Narew catchment, and at the measuring point in Zamski Kościelne, which closed the area selected for the investigations. Determinations of Zn, Pb, Cu, Cd and Ni were conducted by atomic absorption spectrophotometry (HERMANOWICZ et al. 1999). Volumes of the annual load of metals flowing away from the area under study ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) were worked out as the sum of products of mean water flows in the watercourses and corresponding mean concentrations of a given element. The results of the determinations were processed statistically using analysis of variance.

## RESULTS

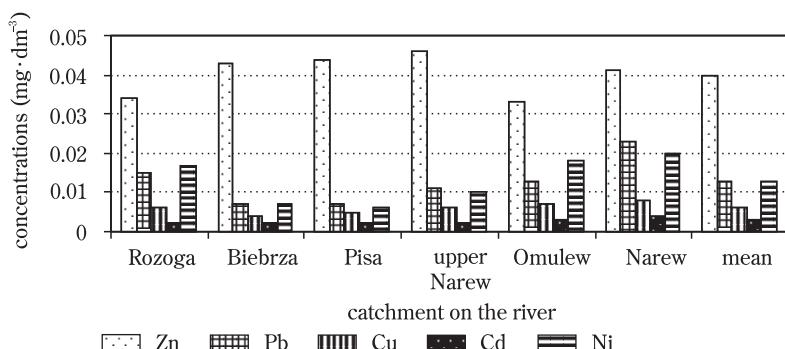
The study demonstrated that the highest concentrations of lead, copper, cadmium and nickel occurred in the Narew river at the point closing the area selected for examinations (in Zamski Kościelne), which may be due to the progressing accumulation of elements in the river waters along its flow (Tab. 2, Fig. 1).

The highest zinc concentration along with elevated levels of the other metals were detected in the water of the upper Narew (sampling site at Strękowa Góra), where the Białystok agglomeration lies. Elevated levels of metals also occurred in the waters of the rivers Omulew and Rozoga, whose catchments differ in terms of use (agricultural and forested, respectively) but contain approximately the same share of rusty and pozolic soils, formed from sands and sandy gravel (GRABIŃSKA et al. 2005a).

Table 2

Effect of land use on heavy metal concentrations in waters in each catchments ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

Catchment of the river	Land use	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni
Rozoga	agricultural	0.006-0.088	0.002-0.030	0.001-0.014	0.000-0.005	0.005-0.038
Biebrza	agricultural and forested	0.003-0.082	0.002-0.041	0.001-0.013	0.000-0.011	0.001-0.017
Pisa Upper Narew	forested and agricultural	0.003-0.070	0.003-0.030	0.001-0.023	0.000-0.012	0.001-0.009
		0.003-0.070	0.003-0.044	0.003-0.021	0.001-0.009	0.001-0.057
Omulew	forested catchment	0.010-0.076	0.004-0.027	0.002-0.014	0.000-0.005	0.005-0.027
Narew	agricultural and forested	0.011-0.084	0.004-0.027	0.002-0.014	0.000-0.005	0.005-0.027



Land use catchments of the river: agricultural – Rozoga; agricultural and forested – Biebrza; agricultural and forested – Pisa; forested and agricultural – upper Narew; Forested catchment – Omulew; agricultural and forested – Narew

Fig. 1. Effect of land use on heavy metal concentrations in waters in each catchment

The lowest amounts of Pb, Cu, Cd and Ni were determined in the waters flowing out of the agricultural and forested catchments (the Biebrza and the Pisa rivers), with the highest share of wetland zones and lakes. The inflow of cleaner water with the Biebrza River current resulted in a local decrease in the unit outflow of heavy metals carried away with the Narew River. The lowest Zn concentration was determined in the waters flowing away in the Omulew River, whose catchment is characterized by a rather high percentage of semi-natural lands (61.3%) in the total surface area (Fig. 1).

The analysis enabled the authors to corroborate the opinion that presence of muddy, peat or wetlands in a river catchment depressed concentration of heavy metals in river waters. On the other hand, presence of large human settlements and consequent discharge of municipal wastewater and sewage increase concentrations of elements in river waters.

It was also found out that an increase in Cu corresponded to highly significant ( $\alpha < 0.01$ ) increase in the expected quantities of Pb and Ni as well as Cd and Pb and Ni in the water of the Narew River (sampling site in Zambski Koscielne). Very highly significant positive correlation was also discovered between the concentrations of Pb and Ni. Significant negative correlations were determined for Zn versus Cu, Pb and Ni.

The results seem to suggest that the concentration of heavy metals in the Narew and its tributary rivers examined is low, possible to term as natural (ŚWIDERSKA-BRÓZ 1987).

## CONCLUSIONS

1. Although concentrations of Pb, Cu, Cd and Ni in the studied water are characteristic for non-polluted environment, the research showed increase along the Narew River due to the accumulation of the elements in water.
2. Significant influence on the Zn concentrations in water was produced by the town of Białystok, a source of considerable amounts of municipal pollutants discharged into the river.
3. Wetlands and lakes significantly decrease Pb, Cu, Cd and Ni concentrations in flowing water, but the presence of large inhabited areas with a dense population and consequent municipal pollution increased concentrations of the heavy metals in river water.

## REFERENCES

- FALENCKA-JABŁOŃSKA M. 1991. *Zagrożenia środowiska przyrodniczego w Polsce a rolnictwo i gospodarka żywnościowa*. Narodowy Fundusz Ochrony Środ. i Gospod. Wodnej, Warszawa, ss. 18-23.
- GRABIŃSKA B., KOC J., GLIŃSKA-LEWCZUK K. 2005. *Zasianie wód rzecznych składnikami mineralnymi ze zlewni rolniczych na przykładzie Narwi i jej dopływów*. J. Elementol., 10(1): 41-50.
- GRABIŃSKA B., KOC J., SZYMČZYK S.. 2005. *Wpływ czynników naturalnych i sposobu użytkowania zlewni na zawartość ołówku w wodach rzecznych na przykładzie Narwi i wybranych jej dopływów*. J. Elementol., 10(3): 701-710. Cz. II.
- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J., DOŻAŃSKA W., KOZIOROWSKI B., ZERBE J. 1999. *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Wyd. Arkady, Warszawa, ss. 205-208.
- LÄÄNE A., KRAAV E., TITOVA G. 2005. *Baltic Sea – GIWA Regional assessment 17*. University of Kalmar on behalf of United Nations Environment Programme, ss. 88.

- 
- KOC J. 1994. *Zagrożenia środowiska rolniczego*. ODR, Olsztyn
- KOC J., ROCHWERGER A. 1996. *Zawartość cynku w wodach powierzchniowych i gruntowych terenów rolniczych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 434: 463-468.
- PISTELOK F., GALAS W. 1999. *Zinc pollution of the Przemsza River and its tributaries*. Pol. J. Environ. Stud., 8(4).
- SKORBIOWICZ E. 2005. *Oddziaływanie punktowych źródeł zanieczyszczeń na zawartość ołowiu, kadmu i cynku w osadach dennych wybranych rzek województwa podlaskiego*. J. Elementol., 10(2): 385-393.
- ŚWIDERSKA-BRÓZ M. 1987. *Wpływ działalności człowieka na zanieczyszczenie wód powierzchniowych metalami ciężkimi*. Gosp. Wod., 5: 114-116.
- VINK R., BEHRENDT H., SALOMONS W. 1999. *Development of the heavy metal pollution trends in several European rivers: an analysis of point and diffuse sources*. Wat. Sci. Tech., 39: 215-223.



## **EFFECT OF MINERAL FERTILIZATION AND GROWTH REGULATORS ON THE CONTENT OF MINERAL COMPONENTS IN PEA PLANTS**

**Jadwiga Wierzbowska<sup>1</sup>, Krystyna Żuk-Gołaszewska<sup>2</sup>,  
Anna Bochenek<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>**Chair of Agricultural Chemistry and Environmental Protection**

<sup>2</sup>**Chair of Agrotechnology and Crop Production Management**

<sup>3</sup>**Chair of Plant Physiology and Biotechnology**

**University of Warmia and Mazury in Olsztyn**

### **Abstract**

The aim of the study has been to determine the effect of mineral fertilization and growth regulators on the content of mineral components in plants of two pea cultivars. The research was based on a two-factor pot trial. Two cultivars of pea were grown: cv. Poker (sugar pea with traditional foliage) and cv. Wenus (a general use, narrow-leaf cultivar). The effect of traditional fertilization with single NPK fertilizers was compared to that with multi-component fertilizers: Polifoska 6 and Amofoska 3 (alone or with the growth regulators: auxins IBA and NAA, triaconanol, L-tryptophan, adenine and cytokinin BA). Seeds of sugar pea cultivar Poker contained more phosphorus, potassium and calcium than those of universal cv. Wenus. Higher concentration of potassium in vegetative organs was found in cv. Wenus. Fertilization with Polifoska 6 increased the content of phosphorus in seeds and vegetative organs whereas Amofoska 3 stimulated mainly the accumulation of potassium. The growth stimulators tended to depress the content of phosphorus, potassium and magnesium in seeds but raised their levels in vegetative organs. Cultivar Poker, a traditional pea variety, was characterised by a more desirable distribution of phosphorus, potassium, calcium and magnesium than narrow-leaf cv. Wenus. Mineral fertilization, compared to the control, stimulated more strongly the uptake of phosphorus than that of calcium and consequently lead to the narrowing of the mol calcium to phosphorus ratio.

---

dr hab. Jadwiga Wierzbowska, Chair of Agricultural Chemistry and Environmental Protection, University of Warmia and Mazury, ul. M. Oczapowskiego 8, 10-744 Olsztyn, Poland, e-mail: jawierz@uwm.edu.pl

In contrast, the growth regulators improved that ratio owing to the increased transfer of calcium to seeds. Cv. Wenus was characterised by a broader K : (Ca + Mg) ratio in all examined aerial organs than cv. Poker. Mineral fertilization considerably increased these values.

**Key words:** pea, cultivars, growth regulators, mineral components, phosphorus, potassium, calcium, magnesium.

## INTRODUCTION

Owing to the symbiosis with nodule bacteria, pea - like all other papilionaceous plants - can take advantage of atmospheric oxygen, which makes it somewhat independent from the concentration of oxygen in soil. For the proper growth and development, beside nitrogen, pea needs optimum quantities of all other nutrients. The chemical composition of pea seeds is largely shaped under the influence of genetic traits (KOTECKI et al. 1996) as well as rates and form of fertilizers (MICHAŁOJC 1997, 1998).

Yield volume and quality of pea can be improved by proper fertilization as well as the use of growth stimulators. The effectiveness of the latter depends on several factors including the way they are supplied. Growth stimulators can be used both in seed covers (WIERZBOWSKA 2006C) and together with mineral fertilizers (WIERZBOWSKA ŻUK-GOŁASZEWSKA 2006).

The aim of this study has been to determine the effect of fertilization and growth regulators on the content of mineral components in plants of two pea cultivars.

## MATERIAL AND METHODS

A two-factor pot experiment was set up according to a completely random design with three replication in a greenhouse at the University of Warmia and Mazury in Olsztyn. Pea was grown in modified Kick-Braukmann pots filled with 10 kg light soil of the granulometric composition of heavy loamy sand. Soil was slightly acidic in reaction ( $\text{pH} = 5.52$  in 1 mol  $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-1}$ ) and was very abundant in available nutrients ( $\text{P} = 170$ ,  $\text{K} = 207$  and  $\text{Mg} = 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Two pea cultivars were grown: a traditional sugar variety (cv. Poker) and a general use narrow-leaf variety (cv. Wenus). The following fertilization variants were applied: without fertilization (K), traditional NPK fertilization (NPK), Polifoska 6 (P6), Amofoska 3 (A3) and a multi-component fertilizer with growth regulators: Amofoska 3 + IBA ( $\alpha$ -indolebutyric acid) (A3+IBA), Amofoska 3 + NAA ( $\alpha$ -naphtylacetic acid) (A3+NAA), Amofoska 3 + tria (triacontanol) (A3+tria), Amofoska 3 + try (L-tryptophan) (A3+try), Amofoska 3 + ade (adenine) (A3+ade), Amofoska 3 + BA (benzyladenine) (A3 + BA).

The NPK fertilization treatment consisted of 0.3 g N (ammonium nitrate), 1.0 g P (triple superphosphate) and 2.8 g K (potassium salt) per pot. Polifoska 6 was applied at a dose of 6 g (0.36 N) and Amofoska 3 at 10 g per pot. Acryl amide gel, which Amofoska 3 was coated with directly before seeding, was used as a carrier of the growth regulators. The fertilizers were point introduced to soil prior to seeding. The following doses of the growth regulators were used: IBA and NAA 10 mg each, tria – 5.2 mg, try – 90 mg, ade – 40 mg and BA – 30 mg per pot.

The plant material underwent the following determinations: phosphorus by the vanadium-molybdenum method, magnesium by ASA and calcium and potassium by ESA.

## RESULTS AND DISCUSSION

Concentration of mineral components in seeds is a cultivar-specific trait. Higher concentration of phosphorus, potassium and calcium was determined in seeds of sugar pea cultivar Poker, whereas seeds of general use cultivar Wenus contained slightly more magnesium (Tab. 1). Among the fertilization treatments tested, Polifoska 6 had the most favourable effect on the content of phosphorus as it raised its concentration in seeds of the sugar pea cultivar by 50% versus the control and by 30% compared to the NPK treatment. In seeds of general use cv. Wenus, the increase was 37 and 9%, respectively. The growth regulators applied in conjunction with Amofoska 3 decreased the content of phosphorus in seeds below the

Table 1  
Tabela 1

Content of mineral components in pea seeds ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.)  
Zawartość składników mineralnych w nasionach grochu ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)

Object	Cv. Poker				Cv. Wenus			
	P	K	Mg	Ca	P	K	Mg	Ca
K	4.77	11.69	3.02	2.32	3.85	10.57	4.00	1.32
NPK	5.51	14.83	4.00	2.52	4.86	13.75	3.94	1.12
P6	7.20	15.20	3.82	2.32	5.29	14.29	3.79	1.12
A3	6.57	15.39	4.10	2.42	4.09	12.70	4.10	1.12
A3 + IBA	4.61	15.39	3.57	2.32	4.23	13.05	3.97	1.12
A3 + NAA	5.18	13.93	4.31	2.52	3.92	11.86	3.97	1.12
A3 + tria	4.50	15.02	3.57	2.32	3.62	11.86	3.97	1.22
A3 + try	4.09	13.84	3.87	1.97	3.62	11.69	3.84	1.17
A3 + ade	4.66	15.67	3.35	2.22	3.87	12.88	3.49	1.27
A3 + BA	3.85	15.20	3.89	2.32	3.92	11.86	4.05	1.12
Mean for cultivar	5.09	14.62	3.75	2.32	4.13	12.45	3.91	1.17

values obtained from the treatment involving Amofoska 3 application alone, and in many cases the content of the minerals was less than the control. Fertilization, and Polifoska 6 application in particular, contributed to an over 30% increase in the concentration of potassium in seeds versus the control. Similar results were obtained when Amofoska 3 was applied to fertilize sugar pea cv. Poker. Amofoska 3 favoured the accumulation of magnesium in seeds of both pea varieties. The growth regulators, in most cases, decreased the content of potassium and magnesium in comparison to the seeds of pea plants fertilized exclusively with Amofoska 3. The level of calcium in seeds depended primarily on a pea cultivar and was less affected by the fertilization and growth regulator application.

Analogously to pea seeds, the concentration of minerals in aerial vegetative parts of pea plants was correlated with a pea cultivar (Tab. 2).

Table 2  
Tabela 2

Content of mineral components om aerial vegetative parts of pe (g·kg<sup>-1</sup>d.m.)  
Zawartość składników mineralnych w nadziemnych organach wegetatywnych grochu  
(g·kg<sup>-1</sup>s.m.)

Object	Pea pods				Stems				Leaves			
	P	K	Mg	Ca	P	K	Mg	Ca	P	K	Mg	Ca
Poker												
K	0.17	25.58	3.02	10.92	0.35	25.11	2.33	10.72	0.77	16.58	2.56	24.45
NPK	0.20	33.99	4.00	16.22	0.44	50.54	3.11	17.42	0.88	38.10	5.42	44.81
P6	0.21	36.20	3.82	10.42	0.86	54.57	3.18	19.72	1.48	40.06	5.53	50.29
A3	0.22	38.76	4.10	14.92	0.42	43.84	3.54	18.52	0.88	42.31	6.27	45.59
A3 + IBA	0.29	42.02	3.57	13.32	0.60	45.40	3.45	21.32	1.16	46.74	6.17	43.63
A3 + NAA	0.20	33.17	4.31	13.02	0.34	48.26	4.15	24.92	0.61	41.05	8.08	47.94
A3 + tria	0.26	51.20	3.57	18.52	0.57	48.90	3.40	21.82	0.86	46.74	5.32	42.46
A3 + try	0.19	46.34	3.87	18.22	0.72	48.26	4.07	22.42	0.86	45.68	5.32	44.42
A3 + ade	0.77	47.61	3.35	20.72	0.55	45.71	3.79	18.82	0.78	39.08	5.53	35.80
A3 + BA	0.29	56.65	3.89	18.92	0.66	48.26	4.15	19.82	1.28	54.51	6.49	47.94
Mean for cultivar	0.28	41.15	3.75	15.52	0.55	45.88	3.52	19.55	0.95	41.09	5.67	42.73
Wenus												
K	0.15	40.82	4.00	16.22	0.20	24.24	1.68	9.62	0.29	17.23	3.01	24.45
NPK	0.60	65.69	3.94	13.92	0.45	49.88	1.85	9.32	0.68	51.95	3.41	28.76
P6	1.34	62.36	3.79	12.92	0.95	52.54	2.43	9.32	1.30	43.85	4.06	29.15
A3	0.38	67.58	4.10	17.82	0.15	49.88	1.94	5.22	0.58	52.79	3.86	30.32
A3 + IBA	0.80	62.00	3.97	16.12	0.67	52.20	1.49	7.32	0.62	47.01	3.44	16.23
A3 + NAA	0.62	54.23	3.97	12.92	0.31	51.20	2.13	7.32	0.61	48.63	4.46	35.80
A3 + tria	0.55	58.76	3.97	8.32	0.39	53.89	2.02	9.82	0.60	45.94	4.01	27.97
A3 + try	0.56	52.87	3.84	5.72	0.26	40.23	1.79	7.82	0.44	45.15	3.17	26.41
A3 + ade	0.60	52.54	3.49	12.92	0.35	49.23	1.61	6.62	0.51	46.21	2.29	25.23
A3 + BA	0.34	57.35	4.05	12.02	0.30	51.20	1.70	8.62	0.51	44.37	2.20	25.62
Mean for cultivar	0.59	57.42	3.91	12.89	0.40	47.49	1.86	7.83	0.61	44.31	3.39	26.99

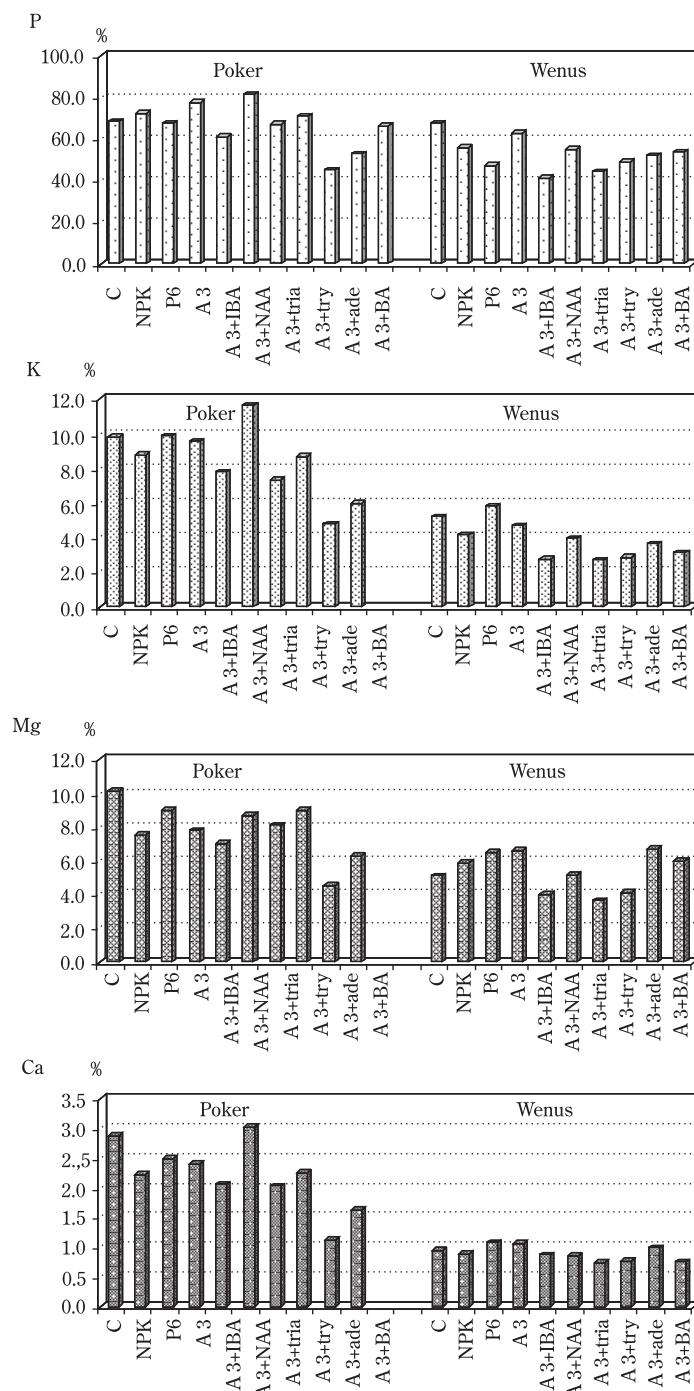


Fig. 1. Index of mineral components accumulation

Except potassium, higher levels of the minerals were found in stems and leaves of cv. Poker, which had traditional foliage. Contrary to this, concentration of the minerals in pods was higher in cv. Wenus. Fertilization with Polifoska 6 caused elevated content of phosphorus in vegetative organs while Amofoska 3 lead to higher potassium content. KOCOŃ (2002) found than pea grown under optimum potassium supply conditions was characterised by a higher amount of this element compared to pea plants growing on soil deficient in potassium. Similar results were reported by PODLEŚNA (2000), who tested horse bean.

The growth regulators, compared to the results obtained from pea plants fertilized with Amofoska 3 alone, generally increased the concentration of the mineral components in vegetative parts of plants, but their influence was not completely unambiguous and depended on both a pea cultivar and type of a growth stimulator applied (Tab. 2). In her studies on spring wheat WIERZBOWSKA (2006a and b) observed a positive effect of kinetin and auxin on the content of potassium in grain and vegetative organs. In addition, the growth regulators rather modified the content of calcium and magnesium than the mineral fertilization, which was especially evident in vegetative parts of wheat.

Cultivar Poker was characterised by a higher accumulation index of all the elements (Fig. 1). Seeds of this pea cultivar contained on average over 66% of the phosphorus taken up by the plants, ca 8.5% potassium, nearly 8% magnesium and over 2% calcium. The respective values for general use cv. Wenus were: 53% P, ca 4% K, less than 5.5% Mg and less than 1% Ca. Mineral fertilization, and especially the application of Polifoska 6, increased the contribution of seeds in the accumulation of potas-

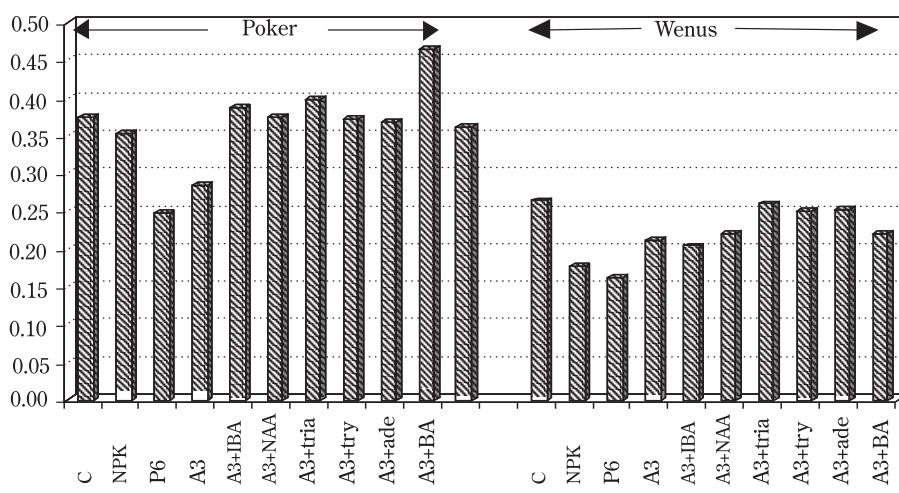


Fig. 2. The Ca : P mol ratio in sowing pea

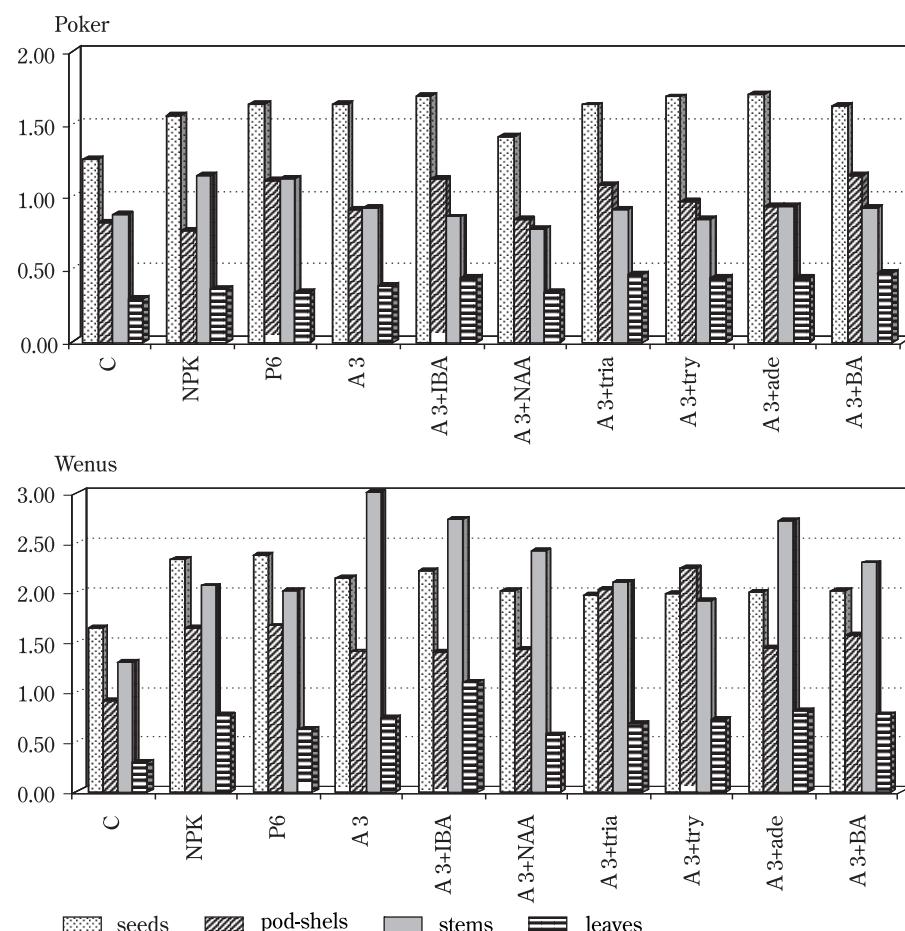


Fig. 3. The K : (Ca + Mg) mol ratios in aerial parts of pea

sium, magnesium and calcium but decreased that of phosphorus. Also the growth regulators, except NAA applied to cv. Poker, tended to depress the share of the mineral components accumulated in pea seeds as compared to the plants treated with Amofoska 3 alone.

The nutritive value depends not only on the concentration of mineral components but also on their mutual ratios. The optimum mol ratio of Ca to P in a diet of an adult human should be 1:1 and in children's diet it is set at 1.2–1.5:1 (SKORUPA, KARCZMAREWICZ 2004). Seeds of sugar pea cv. Poker had a more desirable calcium : potassium ratio than those of general use cv. Wenus (Fig. 2). Mineral fertilization, when compared to the control treatment, stimulated the uptake of phosphorus more strongly than that of calcium and as a result lead to the narrowing of the mol

calcium to phosphorus ratio. In contrast, the growth regulators stimulated the transfer of calcium to seeds and improved the Ca : P ratio.

General use cultivar Wenus was characterised by a broader K : (Ca + Mg) ratio in all the analysed aerial parts of plants than sugar pea cv. Poker (Fig. 3). Mineral fertilization considerably increased these values. The growth regulators applied together with Amofoska 3 modified the ratios between these mineral components but their influence was not unambiguous. According to KRZEBIETKE and SIENKIEWICZ (2004), levels of particular kations and anions as well as their mutual proportions in a plant play a role in shaping the final yield. WIERZBOWSKA (2006b) found out that the K : (Ca + Mg) ratio in spring wheat was broadened under the effect of kinetin and auxin but narrowed following an application of gibberelins.

## CONCLUSIONS

1. Seeds of sugar pea cv. Poker contained more phosphorus, potassium and calcium than seeds of general use cv. Wenus. Higher concentrations of potassium in vegetative organs were determined for cv. Wenus.
2. Fertilization with Polifoska 6 increased the content of phosphorus in seeds and vegetative organs whereas Amofoska 3 favoured mainly the accumulation of potassium.
3. The growth regulators tended to depress the concentration of phosphorus, potassium and magnesium in seeds but raised their levels in vegetative organs.
4. Cultivar Poker, with traditional foliage, had a more desirable distribution of phosphorus, potassium, calcium and magnesium than narrow-leaf cv. Wenus. Mineral fertilization, and especially the treatments involving Polifoska 6, increased the contribution of seeds in the accumulation of potassium, magnesium and calcium but depressed the level of phosphorus in seeds.

## REFERENCES

- KOCOŃ A. 2002. *Niedobór potasu w glebie a dystrybucja tego składnika w roślinach grochu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 481: 315:320.
- KOTECKI A., KOZAK M., STEINHOFF-WRZEŚNIEWSKA A. 1996. *Wpływ przedplonu i ilości wysiewu na plonowanie odmian grochu*. Zesz. Nauk. AR Wrocław., Rol., 68: 196-209.
- KRZEBIETKE S., SIENKIEWICZ S. 2004. *Równowaga jonowa jęczmienia jarego i plon ziarna w warunkach zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego i mineralnego*. J. Elementol., 9(4):617-625.

- 
- MICHAŁOJC Z. 1997. *Wpływ nawożenia azotowo-potasowego na plon oraz skład chemiczny grochu.* Ann. UMCS, Sec. EEE, 5: 179-188.
- MICHAŁOJC Z. 1998. *Wpływ podłoża oraz nawożenia azotem i potasem na plonowanie i skład chemiczny grochu.* Zesz. Nauk. AR Kraków, Sesja Nauk., 57: 219-223.
- PODLEŚNA A. 2000. *Gospodarka potasowa roślin bobiku.* Nawozy i Nawożenie, 4: 43 – 50.
- SKORUPA E., KARCZMAREWICZ E. 2004. *Zapotrzebowanie organizmu na wapń.* Twój Magazyn Medyczny, 8 – [www.osteoforum.org.pl/mm8\\_2004-14.html](http://www.osteoforum.org.pl/mm8_2004-14.html)
- WIERZBOWSKA J. 2006a. *Gospodarka potasem pszenicy jarej w zależności od stosowania regulatorów wzrostu i poziomu nawożenia jej tym składnikiem.* J. Elementol., 11(1):99-107.
- WIERZBOWSKA J. 2006b. *Gospodarka wapniem i magnezem w roślinach pszenicy jarej w warunkach stosowania regulatorów wzrostu i zróżnicowanych dawek potasu.* J. Elementol., 11(1):109-118.
- WIERZBOWSKA J. 2006c. *Wpływ regulatorów wzrostu stosowanych w powłokach nasiennych bobiku na wzrost i strukturę plonu oraz gospodarkę azotu.* Rozpr. i Monogr., 117, UWM Olsztyn.
- WIERZBOWSKA J., ŻUK-GOLASZEWSKA K. 2006. *Effect of mineral fertilization and growth regulators on nitrogen balance and level of sugars in seed pea.* Pol. J. Natur. Sci., 20 (2): 583-594.



## **CONTENT OF MACROELEMENTS IN PLANTS GROWING ON FALLOW FIELDS**

**Piotr Żarczyński, Stanisław Sienkiewicz**

**Chair of Agricultural Chemistry and Environmental Protection  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn**

### **Abstract**

A large area trial involving four methods of soil fallowing (goat's rue, traditional fallow, goat's rue + brome grass, brome grass) was established in the spring 1996. This paper contains the results of our investigations concerning the content of macroelements in plants in the years 2000–2004. The weakest accumulation of nitrogen, potassium and magnesium by mono- and dicotyledonous plants occurred in the traditional fallow field; slightly richer concentration of the macroelements was determined in plants growing on the object sown with brome grass. Goat's rue, both in a monoculture and mixed with brome grass, stimulated plants to accumulate more nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium. Using goat's rue to raise the content of macroelements in plants can prevent transfer of those elements to lower soil layers.

**Key words:** traditional fallowing, goat's rue, brome grass, macroelements.

### **ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENTÓW W ROŚLINNOŚCI Z PÓŁ ODŁOGOWANYCH**

### **Abstrakt**

Doświadczenie łanowe obejmujące cztery sposoby odłogowania gleby (rutwica wschodnia, odłóg klasyczny, rutwica wschodnia + stokłosa bezostna i stokłosa bezostna) założono wiosną 1996 roku. W pracy ujęto wyniki dotyczące zawartości makroelementów w roślinach w latach 2000–2004. Najsłabsze możliwości akumulacji azotu, potasu i magnezu w roślinności jedno- i dwuliścienniej wystąpiły na odłogu klasycznym, tylko nieco „bogatszą” koncentracją charakteryzowały się rośliny z obiektu obsianego stokłosą bezostną. Rutwica wschodnia rosnąca w monokulturze lub w mieszance ze stokłosą bezostną sprzyjała większemu nagromadzeniu w roślinach towarzyszących azotu, fosforu, potasu i magnezu. Rutwica wschodnia poprzez zwiększenie zawartości makroelementów w roślinach może zapobiegać ich przemieszczaniu do niższych warstw gleby.

---

dr inż. Piotr Żarczyński, Katedra Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. Oczapowskiego 8, 10-744 Olsztyn

---

Słowa kluczowe: odlóg klasyczny, rutwica wschodnia, stokłosa bezostna, zawartość makroelementów w roślinach.

## INTRODUCTION

Soil fallowing should be performed in such a way as to be able to restore the productive function of the soil. Soils which are to be set at rest should be the weakest ones and while resting they should be maintained under plant cover. It is therefore necessary to test suitability of both native and foreign species of grass for this purpose. Such studies in Poland are not common. There are more reports on chemical modifications in uncultivated soils but papers on chemism of plants growing on idle lands are rare (ROLA 1995, DZIENIA et al. 1997, KOŚCIK, KALITA 2000, ŁĘTOWSKA, STRĄCZYŃSKA 2001). Preventing unfavourable changes from occurring in fallow soils is essential and growing grasses or mixtures of grasses and papilionaceous plants seems to be a good solution (MARKS et al. 1999). Fallow fields sown with grass are better at protecting soils from loss of available macroelements. Besides, the elements taken up by plants can return to the soil via mineralization of organic matter left on fields (WOJNOWSKA et al. 2003). The relevant references, however, lack detailed reports on the fertilization value of plants used to protect fallow fields. One of the factors in favour of growing specific species of plants on uncultivated arable land is the concentration of macroelements in the biomass thus produced (MALICKI, PODSTAWKA-CHMIELEWSKA 1998).

The objective of this paper has been to trace the concentration of macroelements in the biomass of plants covering fallow land on soil excluded from agricultural use.

## MATERIAL AND METHODS

A large area trials was established in the spring 1996 on soil which was classified as good wheat complex class III a in the Polish soil classification system. The trial was set up in the village Knopin (the commune of Dobre Miasto, the Province of Warmia and Mazury) on a privately-owned farm. This paper presents results obtained in the years 2000-2004. The field set aside for the experiment was used to create four types of fallow land:

- 1) goat's rue (*Galega orientalis* Lam.),
- 2) traditional fallow field,
- 3) goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) with brome grass (*Bromus inermis*),
- 4) brome grass (*Bromus inermis*).

The trial did not involve any agronomic treatments. Samples of plants for chemical analyses were taken from the plant covered objects and the whole biomass was left on the field. Plant samples were collected once every year at the same plant growth and development stage, i.e. in the early flowering stage of goat's rue when the plants had obtained the maximum weight ( $4 \times 1 \text{ m}^2$  from each object). The plant material was separated into mono- and dicotyledonous plants. Concentration of macroelements in the plant material (following wet mineralization in  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) was determined with the following methods – nitrogen by Kjeldahl method, phosphorus by the vanadium-molybdenum method, potassium and calcium by the ESA and magnesium by the ASA.

## RESULTS AND DISCUSSION

Goat's rue grown in a mixture or as a monoculture accumulated comparable amounts of nitrogen (Tab. 1). In the research carried out by SIENKIEWICZ et al. (2005), the N content in green mass of goat's rue was on a somewhat higher level (from  $33.87$  to  $41.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.). Among the dicotyledonous plants, the lowest nitrogen concentration was found in the plants growing on a traditional fallow field. The same tendency was determined for monocotyledonous plants, for example brome grass grown in a monoculture contained nearly 40% more nitrogen than monocotyledonous plants from the traditional fallow land. On the other hand, brome grass grown

Table 1  
Tabela 1

Content of N in plants ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of d.m.)  
Zawartość N w roślinach ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)

Type of plants Rodzaj roślinności	Objects – Objekty				Mean Średnio
	goat's rue rutwica wschodnia	goat's rue + brome grass rutwica wschodnia + stokłosa	brome grass stokłosa bezostna	traditional fallow odłóg klasyczny	
Dicotyledons Rośliny dwuliściennne	33.86	33.59	21.18	16.36	26.25
Monocotyledons Rośliny jednoliściennne	25.36	20.71	19.29	14.92	20.07
Mean	29.61	27.15	20.23	15.64	

LSD<sub>0.05</sub> for type of plant NIR<sub>0.05</sub> – dla rodzaju roślinności – 0.84

LSD<sub>0.05</sub> for treatments NIR<sub>0.05</sub> – dla obiektów – 1.19

LSD<sub>0.05</sub> for interaction NIR<sub>0.05</sub> – dla współdziałania – 1.68

in a mixture with goat's rue accumulated significantly more nitrogen compared to the same plant species grown in a monoculture. This proves that the plant grew under different conditions. The admixture of goat's rue and its decomposing organic matter created an additional source of nitrogen; this contributed to the accumulation of nitrogen in brome grass on a level similar to its content cited by NOWAK, DRASZAWKA-BOLZAN (2003) for darnel fertilized with multi-component fertilizers.

The highest concentration of phosphorus ( $4.17 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.) was found in goat's rue from the object covered exclusively with this plant (Tab. 2). IGNACZAK (1995) reported slightly lower concentrations of P (between 3.10

Table 2  
Tabela 2

Content of P in plants (( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of d.m.)  
Zawartość P w roślinach (( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.))

Type of plants Rodzaj roślinności	Objects – Objekty				Mean Średnio
	goat's rue rutwica wschodnia	goat's rue + brome grass rutwica wschodnia + stokłosa	brome grass stokłosa bezostna	traditional fallow odłóg klasyczny	
Dicotyledons Rośliny dwuliściennne	4.17	3.99	2.67	3.10	3.48
Monocotyledons Rośliny jednoliściennne	3.98	3.01	2.45	2.52	2.99
Mean	4.08	3.50	2.56	2.81	

LSD<sub>0.05</sub> for type of plant NIR<sub>0.05</sub> – dla rodzaju roślinności – 0.18

LSD<sub>0.05</sub> for treatments NIR<sub>0.05</sub> – dla obiektów – 0.26

LSD<sub>0.05</sub> for interaction NIR<sub>0.05</sub> – dla współdziałania – 0.37

and  $3.40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.). Significantly less P was determined in goat's rue grown with brome grass. This may have been caused by the grass competing with other plants. The lowest quantities of phosphorus in dicotyledonous plants occurred in the brome grass object ( $2.67 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.). Analogously to nitrogen, the highest concentration of phosphorus in monocotyledonous plants was found in the field sown with goat's rue. This leads to a conclusion that the presence of this papilionaceous plant stimulated the uptake of phosphorus by brome grass up to the level observed in many fertilized grass species (KOCHANOWSKA, NOWAK 1992).

As regards dicotyledons, significantly highest amounts of potassium were determined in the object sown with brome grass (Tab. 3). The content of K in green mass of goat's rue from a monoculture did not exceed the figures cited by NÓMMSALU (1994), which ranged from 36 to 42 kg

Table 3  
Tabela 3

Content of K in plants ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of d.m.)  
Zawartość K w roślinach ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)

Type of plants Rodzaj roślinności	Objects – Objekty				Mean Średnio
	goat's rue rutwica wschodnia	goat's rue + brome grass rutwica wschodnia + stokłosa	brome grass stokłosa bezostna	traditional fallow odłög klasyczny	
Dicotyledons Rośliny dwuliściennne	32.29	34.86	37.98	34.52	34.91
Monocotyledons Rośliny jednoliściennne	30.08	29.91	23.55	26.60	28.04
Mean	31.19	32.38	30.77	31.56	

LSD<sub>0.05</sub> for type of plant NIR<sub>0.05</sub> – dla rodzaju roślinność i – 1.68

LSD<sub>0.05</sub> for treatments NIR<sub>0.05</sub> – dla obiektów – n.s. - n.i.

LSD<sub>0.05</sub> for interaction NIR<sub>0.05</sub> – dla współdziałania – 3.37

$\text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m., but were evidently higher than those reported by SYMANOWICZ and KALEMBASA (2005). Among monocotyledons, the concentration of potassium was more varied between particular groups of plants. Goat's rue growing with brome grass contributed to a 27% increase in the concentration of potassium in the grass. The study carried out by JELINKOWSKA (1994) revealed a similar response of brome grass to being sown with papilionaceous plants.

The concentration of magnesium in dicotyledons was clearly higher than that in monocotyledons (Tab. 4). Among the dicotyledonous species of plants, goat's rue, both in a monoculture and grown together with brome grass, was characterised by significantly higher accumulation of magnesium compared to the other dicotyledonous plants growing on the object sown with brome grass or on the traditional fallow field. The results we obtained were nearly two-fold higher than the amount of magnesium determined by IGNACZAK (1995) in goat's rue on fallow land. In the monocotyledons from the object sown with goat's rue, the concentration of magnesium was over two-fold higher than in the biomass collected from the traditional fallow object. Brome grass sown together with goat's rue accumulated on average 15% more magnesium than brome grass collected from the monoculture.

In general, dicotyledons contain more calcium than monocotyledons, the fact that our own research confirmed (Tab. 5). The highest level of calcium was observed in dicotyledonous plants growing on the object covered with brome grass. Nearly 1 less calcium was determined in dico-

Table 4  
Tabela 4Content of Mg in plants ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of d.m.)  
Zawartość Mg w roślinach ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)

Type of plants Rodzaj roślinności	Objects – Objekty				Mean Średnio
	goat's rue rutwica wschodnia	goat's rue + brome grass rutwica wschodnia + stokłosa	brome grass stokłosa bezostna	traditional fallow odłóg klasyczny	
Dicotyledons Rośliny dwuliściennne	2.03	2.05	1.78	1.92	1.94
Monocotyledons Rośliny jednoliściennne	1.17	0.75	0.65	0.54	0.78
Mean	1.60	1.40	1.21	1.23	

LSD<sub>0.05</sub> for type of plant NIR<sub>0.05</sub> – dla rodzaju roślinności – 0.06LSD<sub>0.05</sub> for treatments NIR<sub>0.05</sub> – dla obiektów – 0.08LSD<sub>0.05</sub> for interaction NIR<sub>0.05</sub> – dla współdziałania – 0.12Table 5  
Tabela 5Content of Ca in plants ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of d.m.)  
Zawartość Ca w roślinach ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)

Type of plants Rodzaj roślinności	Objects – Objekty				Mean Średnio
	goat's rue rutwica wschodnia	goat's rue + brome grass rutwica wschodnia + stokłosa	brome grass stokłosa bezostna	traditional fallow odłóg klasyczny	
Dicotyledons Rośliny dwuliściennne	11.79	12.67	21.54	14.45	15.11
Monocotyledons Rośliny jednoliściennne	3.59	3.61	2.54	3.73	3.37
Mean	7.69	8.14	12.04	9.09	

LSD<sub>0.05</sub> for type of plant NIR<sub>0.05</sub> – dla rodzaju roślinności – 0.38LSD<sub>0.05</sub> for treatments NIR<sub>0.05</sub> – dla obiektów – 0.54LSD<sub>0.05</sub> for interaction NIR<sub>0.05</sub> – dla współdziałania – 0.76

tyledonous plants sampled from the traditional fallow object. High concentration of this macroelement in dicotyledonous weeds has also been reported by STUPNICKA-RODZYŃKIEWICZ et al. (1996).

Significantly less calcium than in dicotyledons growing on traditional fallow land was observed in goat's rue. Goat's rue separated from the mixture with brome grass accumulated nearly 8% more calcium than the

same plant species growing separately from brome grass (with only a small number of accompanying weeds). Goat's rue had even a stronger effect on the content of calcium in brome grass.

Much more sodium was found in dicotyledons (Tab. 6). The highest significant amount of sodium was determined in the dicotyledonous plants growing on the object covered with brome grass. Slightly lower quantities of this macroelement were determined in plants from the traditional fallow object. Goat's rue from the mixture with brome grass contained on average 26% more sodium compared to the plants from the field sown with goat's rue alone. Similar results were reported by BOBRECKA-JAMRO and SZPUNAR-KROK (1999), who tested a mixture of goat's rue and timothy grass. Among the monocotyledonous species, significantly higher N accumulation was noticed in the plants from the object sown with goat's rue and the plants from the traditional fallow.

Table 6  
Tabela 6

Content of Na in plants ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of d.m.)  
Zawartość Na w roślinach ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)

Type of plants Rodzaj roślinności	Objects – Objekty				Mean Średnio
	goat's rue rutwica wschodnia	goat's rue + brome grass rutwica wschodnia + stokłosa	brome grass stokłosa bezostna	traditional fallow odłóg klasyczny	
Dicotyledons Rośliny dwuliściennne	0.24	0.29	0.45	0.38	0.34
Monocotyledons Rośliny jednoliściennne	0.21	0.18	0.17	0.21	0.19
Mean	0.22	0.24	0.31	0.29	

LSD<sub>0.05</sub> for type of plant NIR<sub>0.05</sub> – dla rodzaju roślinność i – 0.02

LSD<sub>0.05</sub> for treatments NIR<sub>0.05</sub> – dla obiektów – 0.03

LSD<sub>0.05</sub> for interaction NIR<sub>0.05</sub> – dla współdziałania – 0.04

## CONCLUSIONS

1. The weakest capacity to accumulate nitrogen, potassium and magnesium was demonstrated by mono- and dicotyledonous plants from the traditional fallow object, whereas the plants growing on the brome grass object showed the lowest accumulation of phosphorus and magnesium.
2. Goat's rue growing in a monoculture or in combination with brome grass favoured more intense accumulation of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium in the accompanying plants.

3. Owing to the elevated concentration of basic macroelements in plants from the objects sown with goat's rue, smaller amounts of those macroelements were involved in the circulation of nutrients, which meant that their transfer to lower soil layers was partially prevented.

4. Goat's rue can be recommended for sowing on soils temporarily excluded from agricultural production.

#### REFERENCES

- BOBRECKA-JAMRO D., SZPUNAR-KROK E. 1999. Wpływ zróżnicowanego nawożenia wapniowo-magnezo-wego na skład chemiczny mieszanki rutwicy wschodniej z tymotką Łąkową. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 468, 103-108.
- DZIENIA S., DOJSS D., WERESZCZAKA J. 1997. Wpływ płodozmianu i ugorowania na właściwości chemiczne gleby lekkiej. Roczn. Glebozn., 48, 1/2, 15-18.
- IGNACZAK S. 1995. Zastosowanie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) przy zagospodarowywaniu odłogów. Mat. Konf. Nauk ART w Olsztynie, II/IV, Produkcja roślinna, ss. 156-160.
- JELINOWSKA A., MAGNUSZEWSKA K. 1994. Porównanie sposobów siewu mieszanek lucerny z niektórymi gatunkami traw. II Skład chemiczny. Pam. Puł., 104, 75-88.
- KOCHANOWSKA R., NOWAK W. 1992. Zawartość makroskładników w niektórych gatunkach traw Łąkowych. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo, 52, 13-21.
- KOŚCIK B., KALITA E. 2000. Analiza celowości zagospodarowania gruntów wyłączonych z rolniczego użytkowania wieloletnimi gatunkami traw. Pam. Puł. 120, 233-238.
- ŁĘTKOWSKA A., STRĄCZYŃSKA S. 2001. Wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb odłogowanych i użytkowanych rolniczo. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 478, 241-248.
- MALICKI L., PODSTAWKA-CHMIELEWSKA E. 1998. Zmiany fitocenozy i niektórych właściwości gleby zachodzące podczas odłogowania oraz będące efektem zagospodarowania wieloletniego odłogu. Bibl. Fragm. Agron., 5, 97-114.

**Praca przeglądowa**

**WPŁYW ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN  
NA AKTYWNOŚĆ  
MIKROBIOLOGICZNĄ GLEBY**

**Małgorzata Baćmaga, Jan Kucharski,  
Jadwiga Wyszkowska**

**Katedra Mikrobiologii  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**

**Abstrakt**

Środki ochrony roślin należą do substancji toksycznych, które ze względu na powszechność stosowania występują we wszystkich ekosystemach środowiska. Występowanie biocydów w glebie jest związane z nieprawidłową działalnością człowieka. Obecność tych xenobiotyków w glebie jest niebezpieczna dla zasiedlających ją organizmów, głównie mikroorganizmów glebowych. Długotrwałe zaleganie biocydów w glebie oraz ich kumulacja są często przyczyną zmian aktywności mikrobiologicznej gleby, najczęściej w składzie ilościowym mikroflory glebowej i aktywności enzymatycznej. Liczebność drobnoustrojów glebowych i aktywność enzymatyczna należą do wskaźników umożliwiających ocenę zmian zachodzących w zanieczyszczonej glebie oraz zdolności do biodegradacji zanieczyszczeń.

**Słowa kluczowe:** środki ochrony roślin, mikroorganizmy glebowe, aktywność enzymatyczna.

**INFLUENCE OF PLANT PROTECTION PRODUCTS  
ON THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL**

**Abstract**

Plant protection products belong to toxic substances which, due to their widespread application, are found in all environmental ecosystems. The presence of biocides in soil is associated with human error. Presence of xenobiotics in soil poses a threat to organisms which live in it, mainly to soil microorganisms. Long-term presence and accumulation of biocides in soil is

---

prof. dr hab. Jadwiga Wyszkowska, Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 3, 10–727 Olsztyn, e-mail: jadwiga.wyszkowska@uwm.edu.pl

---

often the cause of modifications of the microbiological activity of soil. Most often these substances induce changes to quantities of soil microflora and enzymatic activity. The number of soil microorganisms and enzymatic activity belong to indicators which allow us to estimate changes in polluted soil and biodegradation ability of soil.

**Key words:** plant protection products, soil microorganisms, enzymatic activity.

## **WSTĘP**

Gleba to powierzchniowa warstwa skorupy ziemskiej, która zbudowana jest ze związków mineralnych i substancji organicznych. Powstaje ona w wyniku skomplikowanych procesów glebotwórczych, które zachodzą pod wpływem działania czynników biotycznych i abiotycznych. Gleba należy do najważniejszych elementów ekosystemów lądowych, decydując w dużej mierze o utrzymaniu życia na ziemi. Ze względu na właściwości chemiczne i fizyczne jest ona siedliskiem olbrzymiej ilości żywych organizmów, głównie drobnoustrojów glebowych. Dzięki mikroorganizmom uczestniczy w procesie mineralizacji, który decyduje o jej żyźności (KOBUS 1995, RUSSEL 2005).

Gleba stanowi element środowiska przyrodniczego, który jest najbardziej narażony na działanie zanieczyszczeń występujących w środowisku, w tym również środków ochrony roślin. Biocydy należą do grupy związków chemicznych pochodzenia naturalnego i syntetycznego, które najczęściej są wykorzystywane do niszczenia organizmów szkodliwych (SŁNCHEZ i in. 2004, MENON i in. 2005). Używane są również do zwalczania chorób roślin oraz regulacji ich wzrostu i rozwoju. Dzięki chemicznej ochronie roślin uzyskuje się wysokie plony roślin oraz pożądane cechy jakościowe (WYSZKOWSKI, WYSZKOWSKA 2004ab). Stosowanie przez wiele lat w praktyce rolniczej środków ochrony roślin doprowadziło do ich nagromadzenia się w glebie, co powoduje wiele ubocznych skutków (WĘGOREK 1994, JOHNSEN i in. 2001, WG i in. 2005). Nieumiejętne stosowanie tych preparatów jest często przyczyną zaburzenia wielu procesów, jakie zachodzą w środowisku glebowym (ANDERSON i in. 1994, KASZUBIAK i in. 1994, KLIMACH, WIECZOREK 1998, MICHEL 1999, WYSZKOWSKA 2002abc). Środki ochrony roślin pod wpływem czynników chemicznych, biologicznych i fizycznych ulegają przemianom, w wyniku których powstają produkty rozpadu, często bardziej toksyczne niż produkty wyjściowe (KOTRIKLA i in. 1999, GRIFFITHS i in. 2001, WALKER i in. 2001). Biocydy to substancje o dużej aktywności biologicznej, które nie wpływają obojętnie na liczebność drobnoustrojów i aktywność enzymatyczną gleby (PRZYBULEWSKA i in. 2004). Zalegające w glebie środki ochrony roślin mogą stanowić niebezpieczeństwo dla organizmów bytujących w tym środowisku. Toksykość tych preparatów przejawia się najczęściej zmniejszeniem ich liczebności oraz zmianami aktywności enzymatycznej. Zachwianie równowagi biologicznej gleby jest widoczne w ilości

dostępnych dla roślin pierwiastków w roztworze glebowym, co wiąże się w dużym stopniu z kształtowaniem ilości i jakości płodów rolnych (WYSZKOWSKI, WYSZKOWSKA 2004ab) .

## LICZEBNOŚĆ DROBNOUSTROJÓW GLEBOWYCH

Drobnoustroje odgrywają istotną rolę w środowisku ze względu na ich udział w przemianach związków i obiegu materii w przyrodzie. Dzięki tym organizmom następuje proces mineralizacji związków organicznych, które zawarte są w obumarłych szczątkach roślinnych i zwierzęcych. Mikroorganizmy mają duży udział w rozkładzie substancji toksycznych, do których należą również biocydy (WIELGOSZ i in. 2004). Szczególną rolę w degradacji tych ksenobiotyków odgrywają grzyby glebowe, ze względu na ich wysoką odporność na niesprzyjające warunki środowiska. Mniejszą aktywność niż grzyby w degradacji biocydów przejawiają bakterie i promienowce (BANASZKIEWICZ 2003). Środki ochrony roślin zalegające w środowisku glebowym mogą negatywnie wpływać na organizmy glebowe, powodując modyfikacje w ich składzie ilościowym i jakościowym (NOWAK i in. 1999, MEGHARAJ i in. 2000, DAS i in. 2003). Właściwości mikrobiologiczne i biochemiczne gleby zależą w dużym stopniu od szybkości rozkładu biocydów zalegających w glebie (BERGER 1998, JOHNSON i in. 2001, SØRENSEN i in. 2003). Liczebność drobnoustrojów glebowych jest jednym z parametrów świadczących o aktywności mikrobiologicznej gleby (KOBUS 1995, NOWAK 1996, PRZYBULEWSKA 2004). Zależy ona od wielu czynników, przede wszystkim typu gleby i systemu jej uprawy (MYŚKÓW 1981, DABEK-SZRENIĘWSKA i in. 2004) oraz zawartości substancji organicznej, pH, wilgotności i temperatury (KOBUS 1995, SWĘDRZYŃSKA 2004, MICHALCEWICZ 2004, GÓRSKA, RUSSEL 2004). Stopień toksyczności i szybkość rozkładu biocydów zależą przede wszystkim od ich dawki oraz budowy substancji aktywnej (AWASTHI i in. 2000). Substancja aktywna, będąca podstawowym składnikiem środków ochrony roślin, może być przyczyną zahamowania wzrostu i rozwoju drobnoustrojów. Oddziaływanie tych ksenobiotyków na rozwój drobnoustrojów przejawia się często zaburzeniami w metabolizmie komórki, który związany jest z przenikaniem ich do jej wnętrza (BALICKA 1983, WYSZKOWSKA 2004). Środki ochrony roślin stosowane zgodnie z zaleceniami producenta w dawkach optymalnych przyczyniają się do niewielkich zmian w liczbeności żywych mikroorganizmów. Zaaplikowanie ich do gleby w nadmiarze powoduje zmiany liczbeności poszczególnych grup drobnoustrojów (ANDERSON i in. 1994, KASZUBIAK i in. 1994). Liczebność mikroorganizmów jest jednym z najczęściej stosowanych wskaźników biologicznych związanych z żywnością i produktywnością gleby (FURCZAK, TURSKA 2006). W glebach żywych, zawierających znaczne ilości materii organicznej, liczbeność drobnoustrojów jest zazwyczaj większa niż w glebach ubogich.

Myśkow i in. (1998) donoszą, iż największa liczba bakterii i promieniowców występuje w glebach lessowych, średnia w madach i piasku gliniastym, natomiast najniższa w piasku luźnym. Twierdzą oni również, że rozwój mikroorganizmów glebowych jest ściśle związany z aktywnością niektórych enzymów, głównie dehydrogenaz i fosfatazy alkalicznej. Rozwój mikroorganizmów w glebach organicznych jest również uzależniony od stosunków powietrzno-wodnych. Obniżenie poziomu wód powoduje intensywny rozwój bakterii amonifikacyjnych i grzybów oraz promieniowców (DĄBEK-SZRENIAWSKA i in. 2004).

MICHALCEWICZ (1995) badając próbki glebowe zanieczyszczone biocydami zaobserwowała, że dawka 10-krotnie wyższa od optymalnej powoduje wzrost liczebności bakterii w glebie, natomiast przekroczenie dawki 100-krotnie większej od dawki zalecanej w praktyce rolniczej przyczynia się do zmniejszenia ich liczebności. Zmiany, jakie zachodziły pod wpływem stosowanych preparatów, były niewielkie i zazwyczaj krótkotrwałe. Biocedy użyte w doświadczeniu to herbicydy, fungicydy i insektycydy. Stosowano je do chemicznej ochrony sadu jabłoniowego, bobiku, pszenicy ozimej oraz ziemniaków.

WĘGOREK i in. (1994) badali wpływ środków ochrony roślin na liczebność bakterii eutroficznych, oligotroficznych i *Azotobacter* spp., a także liczebność promieniowców w glebie bielicowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego. Liczebność badanych mikroorganizmów w glebie zanieczyszczonej, w porównaniu z glebą kontrolną, uległa niewielkim zmianom. W przypadku *Azotobacter* spp. widoczny był zarówno wzrost, jak i spadek liczebności pod wpływem stosowanych preparatów, w zależności od uprawianej rośliny i terminu analizy. W badaniach wykazano, że podczas długotrwałego stosowania biocydów zmiany w liczebności drobnoustrojów były niewielkie. Często występowały tylko przez część okresu wegetacyjnego lub zanikały w następnym sezonie.

Środki ochrony roślin nie tylko modyfikują liczebność bakterii i promieniowców, ale również mają wpływ na rozwój grzybów. Negatywny wpływ fungicydów na rozwój grzyba *Trichoderma viride* odnotowali KLIMACH i WIECZOREK (1998). Fungicydy stosowane w dawce od 10 do 800 mg·kg<sup>-1</sup> hamowały rozwój ww. grzyba nawet 2-krotnie.

Według WYSZKOWSKIEJ (2004), znaczne zmiany w życiu biologicznym gleby powodują herbicydy. Autorka badała wpływ herbicydu Triflurotox 250 EC na drobnoustroje glebowe, stosując następujące dawki: 0, 1,5, 3, 4,5, 6, 9 i 12 mm<sup>3</sup>·kg<sup>-1</sup>. Zaaplikowanie do gleby wysokich dawek herbicydu powodowało zmniejszenie średniej liczebności bakterii oligotroficznych, oligotroficznych przetrwalnikówjących, kopiotroficznych przetrwalnikówjących, amonifikacyjnych, immobilizujących azot, celulolitycznych oraz promieniowców i grzybów. Najbardziej wrażliwe okazały się bakterie z rodzaju *Azotobacter*.

WYSZKOWSKA (2002b) badała także zmiany liczebności drobnoustrojów glebowych pod wpływem zanieczyszczenia gleby herbicydem Treflen 480 EC. Autorka zastosowała takie same dawki preparatu jak w poprzednim doświadczeniu. Zanieczyszczenie gleby badanym herbicydem przyczyniło się do zachwania jej równowagi mikrobiologicznej. Spośród wszystkich badanych grup drobnoustrojów, *Azotobacter* spp. był najbardziej wrażliwy na działanie Treflenu 480 EC, podobnie jak w doświadczeniu z Triflurotoksem 250 EC. Na bakterie kopiotroficzne i oligotroficzne testowany preparat nie miał dużego wpływu – liczebność ich uległa niewielkim zmianom.

WYSZKOWSKA i KUCHARSKI (2004b) badając wpływ herbicydu Chwastox Trio 540 SL na różne grupy mikroorganizmów dowiedli, że zastosowanie dawki optymalnej może powodować zmiany w aktywności drobnoustrojów glebowych. Najniższa dawka powodowała wzrost liczebności bakterii kopiotroficznych i promieniowców oraz zmniejszenie liczby grzybów. Dawki wyższe od optymalnej (5- i 10-krotnie) wpływały negatywnie na bakterie z rodzaju *Azotobacter*, bakterie celulolityczne, oligotroficzne, kopiotroficzne przetrwalnikujące oraz grzyby.

Środki ochrony roślin nie wpływają wyłącznie negatywnie na drobno-ustroje glebowe. Nowoczesne preparaty zazwyczaj stwarzają mniejsze zagrożenie dla środowiska i organizmów żywych. NOWAK i in. (1999) wskazują, że nowoczesne herbicydy działały mniej negatywnie niż herbicydy starszej generacji. Dodane do gleby herbicydy pirydynowe wpływały modyfikującą na liczebność poszczególnych grup drobnoustrojów. Najczęściej zmniejszała się liczba bakterii i grzybów, a zwiększała liczba promieniowców. Nowoczesne herbicydy działały zdecydowanie mniej negatywnie niż starszej generacji. Istotny wpływ na liczebność drobnoustrojów miał rodzaj gleby użytej w doświadczeniu. Ograniczenie liczebności mikroorganizmów było bardziej widoczne w glebie lekkiej, a stymulacja w glebie ciężkiej. Badania te wykazały, że nowoczesne preparaty są mniej toksyczne i nie stwarzają zagrożenia dla życia biologicznego gleby.

Zdaniem KASZUBIAKA i DURSKIEJ (2000), biocydy nie działają wyłącznie toksycznie na mikroorganizmy glebowe, mogą one wpływać odżywczo na drobno-ustroje dostarczając im substancji organicznych. Autorzy badali wpływ fungicydu Oxafun T na liczebność bakterii kopiotroficznych, oligotroficznych, asymilujących alkohol metylowy oraz bakterii z rodzaju *Pseudomonas*. Zastosowany w badaniach preparat nie działał negatywnie na bakterie, wręcz przeciwnie – powodował wzrost ich liczebności. W czasie trwania doświadczenia liczebność bakterii oligotroficznych wzrosła o ok. 54%, natomiast bakterii kopiotroficznych i bakterii asymilujących alkohol metylowy była nieco niższa i wynosiła odpowiednio 35 i 30%. Autorzy zaobserwowali, że podczas trwania eksperymentu najczęściej namnożyło się bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, których liczebność wzrosła średnio 5-krotnie.

PIOTROWSKI i ŚLIZAK (1992) badali zmiany liczebności drobnoustrojów amylolitycznych i proteolitycznych pod wpływem działania fungicydów Di-thane M-45 i Oxafun T. Reakcja tych mikroorganizmów – w zależności od rodzaju nawożenia – była pozytywna lub negatywna. Bakterie te najliczniej występoły w glebie nienawożonej. Zastosowanie do gleby badanych fungicydów przyczyniło się do zmniejszenia liczebności bakterii amylolitycznych 2-krotnie w stosunku do prób kontrolnych, niezależnie od stosowanego nawożenia. Po zaaplikowaniu do gleby preparatów wyraźny spadek liczebności bakterii proteolitycznych zaobserwowano w glebie nawożonej NPK i obornikiem.

PRZYBULEWSKA i in. (2004) również badali wpływ środków ochrony roślin na liczebność bakterii lipolitycznych, amylolitycznych i proteolitycznych. W doświadczeniu zaaplikowano trzy preparaty: Roundup 360 SL, Mo-spilan 20 SP i Miedzian 50 WP, stosując następujące dawki: 1, 10, 100 i  $1000 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Autorzy stwierdzili, że istotny wpływ na rozwój badanych mikroorganizmów ma m.in. temperatura, wilgotność oraz dostęp substancji odżywczej. Największy wpływ na działanie biocydów miała temperatura. Zastosowane w doświadczeniu preparaty wywierały większy wpływ na liczebność badanych bakterii w temp.  $25^\circ\text{C}$  niż w temp.  $37^\circ\text{C}$ . Największe różnice pod wpływem zmian temperatury widoczne były po zastosowaniu fungicydu i insektycydu.

Zdaniem JASTRĘBSKIEJ i KUCHARSKIEGO (2005), fungicydy mogą przyczynić się do zachwiania równowagi mikrobiologicznej gleby. Autorzy badali wpływ dwóch fungicydów Unix 75 WG i Swing Top 183 SC na liczebność następujących drobnoustrojów glebowych: bakterii oligotroficznych, kopiotroficznych, celulolitycznych, bakterii z rodzaju *Azotobacter* i *Pseudomo-*

Tabela 1  
Table 1

Zmiany liczebności drobnoustrojów pod wpływem herbicydów w %

(wartości dodatnie – przyrost, ujemne – zmniejszenie)

Changes in counts of microorganisms under the effect of herbicides expressed in % (positive values – increase, negative – decrease)

(wg WYSZKOWSKA 2002a,b, WYSZKOWSKA 2004, WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2004b)

Herbicyd Herbicide	Olig	Cop	Oligp	Copp	Az	Cel	Act	Fun
Triflurotox 250 EC	-30.24	-9.97	-34.01	-34.84	-55.88	-39.19	-43.39	-52.90
Treflan 480 EC	-40.13	-10.91	-9.19	-30.37	-100.0-	-19.43	-41.84	-63.62
Chwastox Trio 540 SL	-17.44	12.56	-34.85	-20.46	-43.41	-24.01	1.06	-38.34

Olig – bakterie oligotroficzne – oligotrophic bacteria, Cop – bakterie kopiotroficzne – copiotrophic bacteria, Oligp – bakterie oligotroficzne przetrwaliwujące – oligotrophic sporulating bacteria, Copp – bakterie kopiotroficzne przetrwaliwujące – copiotrophic sporulating bacteria, Az – *Azotobacter* spp., Cel – bakterie celulolityczne – celulolytic bacteria, Act – promieniowce – actinomycetes, Fun – grzyby – fungi

nas oraz grzybów i promieniowców. Oddziaływanie stosowanych preparatów na drobnoustroje zależało od dawki, czasu zalegania w glebie i sposobu użytkowania gleby. Zastosowanie dawki zalecanej przez producenta wpływało pozytywnie na liczebność bakterii kopiotroficznych. Fungicyd Swing Top 183 SC zwiększył ich liczebność o 20% w glebie obsianej i o 17% w nieobsianej, natomiast Unix 75 WG zwiększył ich liczebność odpowiednio o 48 i 20%. Zaaplikowanie do gleby dawki wyższej od optymalnej (10- i 100-krotnie) hamowało namnażanie się bakterii oligotroficznych, bakterii z rodzaju *Azotobacter* i *Pseudomonas* oraz promieniowców.

Środki ochrony roślin mogą powodować wiele niepożądanych zmian w środowisku glebowym, powodując zachwianie jej równowagi. Parametrem, który pozwala na ocenę działania tych preparatów na środowisko, jest liczebność drobnoustrojów (tab. 1).

## AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNA GLEBY

Środki ochrony roślin to substancje chemiczne, które w wyniku świadomej i przemyślanej działalności człowieka gromadzą się w glebie, powodując wiele ubocznych efektów. Biocydy są używane na całym świecie głównie do ochrony roślin, co polega na kontrolowaniu lub niszczeniu chwastów, owadów, grzybów i innych szkodników. Zarówno akumulacja w glebie, jak i rozproszenie w środowisku tych ksenobiotyków wpływa negatywnie na wszystkie jego elementy, prowadząc do ich degradacji (McDONALD i in. 1999, SŘNCHEZ i in. 2004). Środki ochrony roślin ze względu na wysoką aktywność biologiczną są często przyczyną niszczenia organizmów pozytycznych, nie będących celem ich zwalczania (GYLDANKAERNE, JORGENSEN 2000). Negatywny wpływ tych ksenobiotyków na środowisko glebowe zależy przede wszystkim od właściwości fizykochemicznych gleby, rodzaju preparatu oraz czasu ich zaledania w glebie (AWASTHI i in. 2000, DURSKA 2004, SŘNCHEZ i in. 2004, WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2004b). Występowanie biocydów w glebie zależy także od rodzaju i struktury chemicznej substancji aktywnej, która decyduje o tempie jego degradacji w środowisku. Ich nadmiar wywiera negatywny wpływ na aktywność biologiczną gleby, której wyznacznikiem jest aktywność enzymatyczna. Aktywność enzymatyczna jest jednym z wielu podstawowych procesów, podtrzymujących i regenerujących urodzajność gleb. Organizmy glebowe poprzez swoją aktywność odgrywają decydującą rolę w kształtowaniu środowiska glebowego i produktywności agroekosystemów (KIELISZEWSKA-ROICKA 2001, GAJDA i in. 2004). Aktywność enzymatyczna, obok liczebności drobnoustrojów, jest wskaźnikiem biologicznej aktywności gleby (DABEK-SZRENIAWSKA i in. 2004). Enzymy glebowe odgrywają bardzo ważną rolę w środowisku. Uczestniczą w obiegu substancji odżywczych i są odbiciem działalności mikroorganizmów,

---

jako wskaźnika zmian zachodzących w glebie (DICK i in. 2000). Wielu autorów twierdzi, iż aktywność enzymatyczna jest ściśle związana z ogólną liczebnością drobnoustrojów, która jest miernikiem aktywności mikrobiologicznej gleby (MYŚKÓW i in. 1996, GAJDA i in. 2004). Enzymami decydującymi o jakości i żyzności gleby są dehydrogenazy (TRASAR-CAPEDA i in. 2000, WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2004), ureaza oraz fosfataza kwaśna i alkaliczna (WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2004), a także katalaza (SHIYIN i in. 2004) i arylofosfataza (KUCHARSKI 1997). Aktywność enzymatyczna pozwala na obserwację kierunku przemian metabolicznych w glebie, dokonujących się pod wpływem środków ochrony roślin. Głównym źródłem enzymów glebowych są zarówno drobnoustroje, jak i organizmy wyższe, czyli rośliny i zwierzęta (KUCHARSKI 1997). W zależności od rodzaju flory i fauny zasiedlających glebę, enzymy różnią się często wieloma właściwościami: profilem, pH, podatnością na działanie inhibitorów oraz odpornością na protolizę (GOŁĘBIOWSKA, GRZYB-MIKLEWSKA 1991, KOPER, PIOTROWSKA 1996). Aktywność enzymatyczna gleby jest uwarunkowana zawartością substancji organicznej, która nie zawsze jest odzwierciedleniem ilości dostępnych dla roślin form mineralnych w glebie. Enzymy wskutek wiązania z koloidami mineralnymi i organicznymi stają się bardziej trwałe i oporne na denaturację i proteolizę (GOŁĘBIOWSKA, GRZYB-MIKLEWSKA 1991). Aktywność enzymatyczna, podobnie jak liczebność drobnoustrojów, jest uzależniona od czynników środowiska, do których należą: rodzaj gleby, system uprawy, nawożenie, wilgotność oraz gatunek uprawianej rośliny (DĄBEK-SZRENIEWSKA i in. 2004, KUCHARSKI i in. 2004). Bardzo istotny wpływ na enzymy glebowe wywiera odczyn gleby. Spośród wszystkich enzymów do najbardziej wrażliwych na pH gleby należą fosfataza kwaśna i fosfataza alkaliczna (TRASAR-CAPEDA i in. 2000, DICK i in. 2000). KOBUS (1995) twierdzi, że zahamowanie aktywności proteaz w glebie świadczy o zaniku mikroorganizmów biorących udział w rozkładzie białek.

Z danych literaturowych (FURCZAK i in. 1997, BIELIŃSKA i in. 2000, DĄBEK-SZRENIEWSKA 2004) wynika, że aktywność enzymów zależy od rodzaju gleby i zawartości substancji organicznej. Autorzy twierdzą, że gleby organiczne charakteryzują się wyższą aktywnością dehydrogenaz niż gleby mineralne, ponieważ zawierają więcej węgla organicznego, który ma zarówno bezpośredni, jak i bezpośredni wpływ na aktywność enzymów glebowych. Dostrzeganie do gleby substancji organicznej sprzyja rozwojowi mikroorganizmów, co wiąże się ze zwiększeniem aktywności enzymów, głównie dehydrogenaz (GLIŃSKI i in. 1983).

KUCHARSKI (1997) uważa, że zwiększenie aktywności enzymów można również osiągnąć przez nawożenie mineralne, chociaż większy wzrost aktywności drobnoustrojów obserwuje się w przypadku nawożenia organicznego. ANDRZEJEWSKI (1993) donosi, iż nawożenie organiczne często niweluje niekorzystne działanie czynników środowiska na aktywność mikroorganizmów glebowych.

Czynnikami mającymi ogromny wpływ na aktywność biologiczną gleby są temperatura i jej wilgotność (KOPER, PIOTROWSKA 1996). Badania NOWAKA i KAKLEWSKIEGO (2003) dowiodły, iż najbardziej wrażliwe na zmiany wilgotności gleby okazały się dehydrogenazy, reduktaza azotanowa i fosfataza zasadowa, natomiast aktywność fosfatazy kwaśnej nie uległa zmianie. KALISZEWSKA-ROKICKA (2001) również podaje, że obniżenie poziomu wody w glebie przyczynia się do zmian jej aktywności enzymatycznej.

Według KOPERA i PIOTROWSKIEJ (1996), poziom aktywności enzymatycznej gleby zmienia się również w zależności od systemu uprawy, terminu poboru próbek oraz rodzaju uprawianych roślin. Z literatury (GLIŃSKI i in. 1983, KOPER, PIOTROWSKA 1996) wynika, iż gleba nie uprawiana odznacza się znacznie wyższą aktywnością niż gleba uprawiana. Podobne wyniki odnotowali DICK i in. (1994), którzy badali wpływ uprawy na aktywność trzech enzymów: fosfatazy,  $\beta$ -glukozydazy i amidazy.

Aktywność enzymatyczna gleby może być determinowana zanieczyszczeniami, jakie dostają się do gleby, w tym biocydami. Środki te kumulują się w glebie i mogą wpływać na zmianę aktywności enzymatycznej gleby – hamować lub stymulować (STRZELEC 1986, NOWAK 1995, KUCHARSKI 1997). Stan aktywności biologicznej gleby odzwierciedla dehydrogenazy, gdyż są one najbardziej wrażliwe na działanie biocydów (DICK i in. 2000, MANON i in. 2005).

Według WYSZKOWSKIEJ i KUCHARSKIEGO (2004a), znaczne modyfikacje w aktywności biologicznej gleby powodują herbicydy. Autorzy badali wpływ działania Triflurotoxu 250 EC na aktywność enzymatyczną gleby w następujących dawkach: 0, 1,5, 3, 4,5, 6, 9 i 12  $\text{mm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Zastosowany w badaniach herbicyd wywierał szkodliwy wpływ na działalność dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i alkalicznej w dawkach od 1,5 do 12  $\text{mm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Toksyczne działanie Triflurotoxu 250 EC zależało od jego koncentracji oraz gatunku uprawianej rośliny. Spośród wszystkich badanych enzymów – dehydrogenazy okazały się najbardziej wrażliwe na działanie środka chwastobójczego. W czasie trwania doświadczenia wegetacyjnego zaobserwowało spadek ich aktywności w zakresie 28,7–72,5%.

W badaniach WYSZKOWSKIEJ (2002c) zanieczyszczenie gleby herbicydem Treflen 480 EC powodowało negatywy wpływ na aktywność dehydrogenaz, ureazy, fosfatazy kwaśnej i alkalicznej. Zastosowanie najwyższej dawki ( $12 \text{ mm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ) zmniejszyło aktywność enzymów od 59,6 do 83,9% w stosunku do prób kontrolnych, które nie zostały potraktowane badanym środkiem chwastobójczym. W glebie analizowanej 7 dni po założeniu doświadczenia aktywność enzymatyczna była wyższa niż po zbiorze roślin, niezależnie od ilości Treflenu 480 EC wprowadzonego do gleby.

Badania WYSZKOWSKIEJ i KUCHARSKIEGO (2004b) dowiodły, że nawet dawka optymalna może powodować zmiany w aktywności enzymatycznej gleby. Herbicyd zastosowano w dawce optymalnej zalecanej przez producenta oraz 5-i 10-krotnie wyższej. Testowany preparat nie powodował zahamo-

wania aktywności wszystkich badanych enzymów. Aktywność enzymów glebowych była mniejsza w obiektach, w których zastosowano wysokie dawki Chwastoxu Trio 540 SL, w stosunku do próbek kontrolnych. Zaaplikowanie do gleby badanego herbicydu zwiększało aktywność dehydrogenaz i ureazy, natomiast hamowało aktywność fosfatazy kwaśnej i alkalicznej.

KUCHARSKI i in. (2004) badając wpływ herbicydu Starane 250 EC na aktywność biologiczną gleby zaobserwowali wyraźny wpływ preparatu na jej aktywność enzymatyczną. Spośród wszystkich przebadanych przez autorów enzymów, najbardziej wrażliwe okazały się dehydrogenazy, których aktywność po zastosowaniu dawki  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  zmniejszyła się o połowę. Czułym enzymem na badany herbicyd okazała się również ureaza. Po zakończeniu doświadczenia aktywność jej obniżała się 3-krotnie. Starane 250 EC nie wywierał istotnego wpływu na działanie fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej.

YAO in. (2006) badali wpływ biocydów acetamipiridu na aktywność enzymatyczną i oddychanie gleby, stosując następujące dawki w  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ : 0,5 (optymalna), 5, 50. Negatywne skutki działania zaaplikowanego do gleby preparatu były widoczne już po zastosowaniu dawki optymalnej. Zanieczyszczenie gleby acetamipridem w początkowym okresie trwania doświadczenia nie powodowało istotnych zmian w aktywności badanych enzymów. Najbardziej wrażliwymi enzymami okazały się fosfatazy i dehydrogenazy, gdyż już w 2. tygodniu doświadczenia odnotowano wyraźny spadek ich aktywności. Aktywność ureazy i katalazy utrzymywała się na stałym poziomie, niezależnie od dawki preparatu.

Tabela 2  
Table 2

Zmiany aktywności enzymów glebowych w % (wartości dodatnie – stymulacja, ujemne – hamowanie)

Changes in the activity of soil enzymes in %  
(positive values – stimulation, negative – inhibition)

(wg WYSZKOWSKA 2002c, WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2004a, WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2004b)

Herbicyd Herbicide	Dehydroge- nazy Dehydroge- nases	Uraza Urease	Fosfataza Phosphatases		Potencjalny biochemiczny wskaźnik żyzności gleby Biochemical index of potential soil fertility
Triflurotox 250 EC	-44.03	-13.48	-15.09	-11.11	-26.47
Treflan 480 EC	-49.25	-18.18	-25.47	-16.67	-23.04
Chwastox Trio 540 SL	1.61	2.81	-9.45	-15.71	-5.70

SUKUL (2006) przeprowadził badania nad wpływem metalaxylu o różnym stężeniu na biochemiczne właściwości gleby. Aktywność enzymatyczna była monitorowana w 10., 30. i 60. dniu po zaaplikowaniu preparatu do gleby. W tym doświadczeniu aktywność dehydrogenaz, fosfatazy, arylosulfatazy i  $\beta$ -glukozydazy początkowo zwiększała się, natomiast w 30. dniu badań odnotowano zmniejszenie ich aktywności wraz ze wzrostem dawek. Najbardziej wrażliwa okazała się ureaza, której spadek aktywności zaobserwowano od 10. do 60. dnia trwania doświadczenia. Autorzy odnotowali także spadek działalności ureazy wraz ze wzrostem koncentracji metalaxylu w glebie.

Biocydy z powodu nieprawidłowego stosowania i wysokiej koncentracji w środowisku mogą modyfikować aktywność biologiczną gleby, prowadząc do zahamowania lub stymulacji enzymów glebowych (tab. 2).

## PODSUMOWANIE

Gleba stanowi element środowiska przyrodniczego, w którym gromadzi się przeważająca część zanieczyszczeń, będąca wynikiem działalności człowieka. Znaczący wpływ na środowisko glebowe wywiera rozwój rolnictwa, którego głównym celem przez dziesiątki lat było uzyskanie maksymalnych plonów. Postępująca antropogenizacja środowiska przyczyniła się do zanieczyszczenia gleby substancjami toksycznymi, w tym środkami ochrony roślin. Biocydy mogą zalegać w glebie nawet kilkanaście lat, a ich nadmiar wpływa negatywnie na aktywność biologiczną gleby, co w rezultacie powoduje spadek jej żywości i urodzajności, a zatem zmniejszenie plonów. Drobnojędroje są sprzymierzeńcami w produkcji rolnej, gdyż biorą udział w różnych procesach biologicznych związanych z gospodarką rolną. Mikroorganizmy glebowe stanowią część składową ekosystemów ziemskich, gdyż biorą czynny udział w utrzymywaniu odpowiedniej jakości gleby, zwiększając jej urodzajność. Mikroorganizmy przyczyniają się do rozkładu materii organicznej i ponownie wprowadzają w obieg składniki pokarmowe, które są niezbędne dla wzrostu i rozwoju roślin. Przetwarzanie i mineralizacja resztek roślinnych oraz zwierzęcych zachodzą głównie w glebie, i dlatego procesy te mają duże znaczenie w rolnictwie. Dbałość o zachowanie warunków dogodnych dla mikroorganizmów sprawia, że gleba staje się żywna, bogata w próchnicę i składniki pokarmowe dostępne dla roślin. Drobnojędroje zasiedlające glebę mają też duże znaczenie dla zdrowotności upraw roślinnych. Obecnie zmiany aktywności glebowej wykorzystuje się jako miarę ubocznego wpływu biocydów na środowisko. Stosowanie tych ksenobiotyków na glebę bardzo często stwarza problemy związane z toksycznymi pozostałościami tych związków w produktach rolnych, co prowadzi do zmniejszenia wartości technologicznej surowców. Niepożąda-

ne efekty stosowania biocydów w rolnictwie są ważne ze względu na aspekty ekologiczne. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu stosowanie chemicznych środków ochrony roślin wiązało się z niebezpieczeństwem negatywnego oddziaływania na środowisko i organizmy żywego. Obecnie nowoczesne pestycydy stosowane z zachowaniem środków bezpieczeństwa nie powodują tak negatywnych skutków jak dawniej. Ważną cechą nowoczesnych środków jest wysoka skuteczność zwalczania w przypadku zastosowania minimalnej dawki. Racjonalne użytkowanie gleby, do którego możemy zaliczyć prawidłowe stosowanie biocydów, mających wpływ na jakość i ilość mikroorganizmów glebowych, może w dużym stopniu przyczynić się do poprawy jakości i ochrony środowiska przyrodniczego. Gleba, jak każdy układ biologiczny, dąży do zachowania równowagi. Uprawiając glebę, należy zwracać szczególną uwagę, aby zachwianie jej równowagi było jak najmniejsze. Uprawa nastawiona wyłącznie na efekty ekonomiczne często prowadzi do degradacji środowiska glebowego, dlatego obecnie odchodzi się od rolnictwa tradycyjnego na rzecz zintegrowanego lub ekologicznego.

## PIŚMIENNICTWO

- ANDERSON T. A., KRUGER E. L., COATS J. R. 1994. *Enhanced degradation of mixture of three herbicides in rizosphere of a herbicide – tolerant plant*. Chemosphere, 28(8): 1551-1557.
- ANDRZEJEWSKI M. 1993. Znaczenie próchnicy dla żywotności gleb. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 411: 11-21.
- AWASTHI N., AHUJA R., KUMAR A. 2000. *Factors influencing the degradation of soil-applied enosulfan isomers*. Soil Biol. Biochem., 32: 1697-1705.
- BALICKA N. 1983. Różne formy wzajemnego oddziaływania drobnoustrojów z herbicydami. Post. Mikrobiol., 22(3/4): 291-299.
- BANASZKIEWICZ T. 2003. Chemiczne środki ochrony roślin – zagadnienia ogólne. Wyd. UWM, Olsztyn, 114 ss.
- BERGER B. M. 1998. *Parameters influencing biotransformation rates of phenylurea herbicides by soil microorganisms*. Pestic. Biochem. Physiol., 60: 71-82.
- BIELIŃSKA E. J., BARAN S., DOMŻAŁ H. 2000. Zastosowanie wskaźników enzymatycznych do oceny wpływu różnych zabiegów agrotechnicznych na poprawę właściwości gleby lekkiej. Fol. Univ. Agric. Stetin. 211 Agric., 84: 35-40.
- DĄBEK-SZRENIAWSKA M. 2004. Zastosowanie modelu FOR w badaniach liczebności bakterii glebowych. Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 59-66.
- DĄBEK-SZRENIAWSKA M., KOZAK M. A., PUDŁO A. A. 2004. Liczebność bakterii i aktywność biochemiczna gleby torfowej i murszowej. Ann. UMCS, Ser., 59(4): 2023-2032.
- DAS A. C., DEBNATH A., MUKHERJEE D. 2003. *Effect of the herbicides oxadiazon and oxyfluorfen on phosphates solubilizing microorganisms and their persistance in rice fields*. Chemosphere, 53: 217-221.
- DICK A. C., SANDOR J. A., EASH N. S. 1994. *Soil enzyme activirtes after 1500 years of terrace agriculture in the Cocla Valley, Peru*. Agr. Ecosys. Environ., 50: 123-131.
- DICK W. A., CHENG L., WANG P. 2000. *Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators*. Soil Biol. Biochem., 32: 1915-1919.
- DURSKA G. 2004. Wpływ zaprawy nasiennej Baytan Uniwersal na występowanie drobnoustrojów w glebie pod uprawą pszenicy ozimej. Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 75-85.

- FURCZAK J., KOŚCIELSKA D. 1997. Ocena ubocznego oddziaływanie fungicydu tetrakonazolu na grzyby saprofityczne oraz aktywność biochemiczna gleby piaszczystej i gliniastej. Rocznik Glebozn., 48(1/2): 49-58.
- FURCZAK J., TURSKA B. 2006. Wpływ różnych systemów uprawy na rozwój mikroorganizmów i zawartość fenoli w glebie płowej. Acta Agroph., 8(1): 59-68.
- GAJDA A., STACHYRA A., MARTYNIAK S. 2004. Aktywność mikrobiologiczna i biochemiczna gleb w doświadczeniu mikropoletkowym. Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 127-134.
- GLIŃSKI J., STEPNIEWSKA Z., KASIAK A. 1983. Zmiany aktywności enzymatycznej gleb w warunkach zróżnicowanej zawartości tlenu i wilgotności. Rocznik Glebozn., 34(1-2): 53-59.
- GOŁĘBIOWSKA D., GRZYB-MIKLEWSKA J. 1991. Kompleks humus-enzym. Post. Nauk Rol., 4(5/6): 105-115.
- GÓRSKA E. B., RUSSEL S. 2004. Występowanie tlenowych, przetrwalnikujących bakterii celulolitycznych w glebach leśnych. Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 177-186.
- GRIFFITHS B. S., RITZ K., WHEATLEY R., KUAN H. L., BOAG B., CHRISTENSEN S., EKELUND F., SØRENSEN S. 2001. Response of sorption process of MCPA to the amount and origin of organic matter in a long-term experiment. Europ. J. Soil Sci., 52: 279-286.
- GYLDANKAERNE S., JORGENSEN S. E. 2000. Modelling the bioavailability of pesticides to soil-dwelling organisms. Ecol. Model., 132: 203-230.
- JASTRZĘBSKA E., KUCHARSKI J. 2005. Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej fungicydami. Mat. 39 Konf. Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław, 5-8 września, 67-68.
- JOHNSEN K., JACOBSEN C. S., TORSVIK V., SORENSEN J. 2001. Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural – a review. Biol. Fertil. Soil., 33: 443-453.
- KASZUBIAK H., DURSKA G. 2000. Effect of Oxafun T seed dressing on bacteria in rhizosphere and non-rhizosphere soil. Pol. J. Environ. Stud., 9(5): 397-401.
- KASZUBIAK H., MUSZYŃSKA M., DURSKA G. 1994. Evaluation of microbial response to herbicides using various methods. Pol. J. Soil Sci., 27(2): 131-136.
- KIELISZEWSKA-ROKICKA B. 2001. Enzymy glebowe i ich znaczenie w badaniach aktywności mikrobiologicznej gleby. Red. H. DAHM, A. POKOJSKA-BURDZIEJ. UMK Toruń, ss. 37-47.
- KLIMACH A., WIECZOREK W. 1998. Ocena wpływu kilku środków ochrony roślin na wybrane organizmy glebowe. Post. Ochr. Rośl., 38(2): 587-589.
- KOBUS J. 1995. Biologiczne procesy a kształtowanie żywotności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 42(1a): 209-219.
- KOPER J., PIOTROWSKA A. 1996. Aktywność enzymatyczna gleby płowej w zależności od uprawy roślin w zmianowaniu i monokulturze. Rocznik Glebozn., 42 (3/4): 89-99.
- KORTIKLA A., GATIDOU G., LEKKAS T. D. 1999. Toxic effects of atriazine, deethyl-atrazine, deisopropyl-atrazine and metolachlor on Chlorella Fusca Var-Fusca. Global Nest. Int. J., 1(1): 39-45.
- KUCHARSKI J. 1997. Relacje miedzy aktywnością enzymów a żywotnością gleby. Drobnoustroje w środowisku - występowanie, aktywność i znaczenie. Red. W. BARABASZ. AR Kraków, ss. 327-347.
- KUCHARSKI J., KARUZO-WANKIEWICZ L., KUCZYŃSKA L. 2004. Wpływ zanieczyszczenia gleby Starane 250 EC na jej mikrobiologiczne właściwości. Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 257-263.
- MCDONALD L., JEBELRIE S., JMADRAMOOTOO C. A., DOODS G. T. 1999. Pesticide mobility on a hillside soil in St. Lucia. Agr. Ecosyst. Environ., 72: 181-188.
- MEGHARAJ M., KANTACHOTE D., SINGLETON I., NAIDU R. 2000. Effect of long-term contamination of DDT on soil microflora with special reference to soil algae and algae transformation DDT. Environ. Pollut., 109: 35-42.

- 
- MENON P., GOPAL M., PARSAD R. 2005. *Effects of chlorpyrifos and quinalpos on dehydrogenase activities and reduction of Fe<sup>3+</sup> in the soils of two semi-arid fields of tropical India.* Agric. Ecosyst. Environ., 108: 73-83.
- MICHALCEWICZ W. 1995. *Wpływ pestycydów stosowanych w chemicznej ochronie roślin uprawnych na niektóre właściwości biologiczne gleby.* Roczn. Glebozn., 46(1/2): 53-64.
- MICHALCEWICZ W. 2004. *Wpływ temperatury i wilgotności na oddziaływanie niektórych herbicydów na biomasę drobnoustrojów w glebie.* Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 317-325.
- MICHEL M. 1999. *Wykrywanie pozostałości środków ochrony roślin w glebie techniką HPLC.* Progr. Plant Protect., 39(1): 253-257.
- MYŚKÓW W. 1981. *Próby wykorzystania wskaźników aktywności mikrobiologicznej do oceny żywności gleby.* Post. Mikrobiol., 20(3/4): 173-192.
- MYŚKÓW W., STACHYRA A., ZIEBIA S., MASIAK D. 1996. *Aktywność biologiczna gleby jako wskaźnik jej żywności i urodzajności.* Roczn. Glebozn., 47(1/2): 89-99.
- NOWAK A., KAKLEWSKI K. 2003. *Wpływ różnych warunków przechowywania gleby na zmiany aktywności wybranych enzymów.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 492: 225-232.
- NOWAK A., MICHALCEWICZ W., PAWLAK B. 1995. *Wpływ nawożenia organicznego na drobnoustroje glebowe. Cz. I Porównanie liczby i aktywności drobnoustrojów biorących udział w przemianach azotu w glebie nawożonej biohumusem, obornikiem oraz słomą.* Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rol., 167 (60): 59-64.
- NOWAK A., ZBIEĆ I., GAWIŃSKA H., HREBIĘN T. 1999. *Wpływ niektórych herbicydów pirydynowych na liczebność drobnoustrojów oraz zawartość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie.* Fol. Univ. Agric. Stetin, Agric., 201 (78): 243-252.
- NOWAK J. 1996. *Interakcje między biodegradacją tetrachlorwinfosu i chlorfenwinfosu a ilością biomasy żywych mikroorganizmów w różnych warunkach temperatury i wilgotności gleby.* Zesz. Nauk. AR Szczec., Rol., 173 (63): 191-199.
- PIOTROWSKI W., ŚLIZAK W. 1992. *Wpływ wybranych antybiotyków i fungicydów na rozwój mikroorganizmów glebowych na tle zróżnicowanego nawożenia III. Rozwój bakterii czynnych w przemianach C i N (doświadczenie in vitro).* Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rol., 178 (31): 33-44.
- PRZYBULEWSKA K., NOWAK A., HOPPEN B. 2004. *Wpływ temperatury na działanie pestycydów na przykładzie aktywności enzymatycznej wybranych bakterii glebowych.* Fol. Univ. Agric. Stetin, Agr., 234 (93): 333-340.
- RUSSEL S. 2005. *Znaczenie badań enzymów w środowisku glebowym.* Acta Agroph. Rozpr. i Monogr., 3: 5-6.
- SÁNCHEZ M. E., ESTRADA I. B., MARTINEZ O., MARTIN-VILLACORTA J., ALLER A., MORÁN A. 2004. *Influence of the application of sewage sludge on the degradation of pesticides in the soil.* Chemosphere, 57: 673-679.
- SHIYIN L., LIXIAO N., PANYING P., CHENG S., LIANSHENG W. 2004. *Effects of pesticides and their hydrolylates on catalase activity in soil.* Bull. Environ. Contam. Toxicol., 72: 600-606.
- SŁĄDKOWSKI S. R., DING G. D., JACOBSEN C. S., WALKER A., AAMAND J. 2003. *Microbial degradation of isoproturon and related phenylurea herbicides in and below agricultural fields.* FEMS Microbiol. Ecol., 45: 1-11.
- STRZELEC A. 1986. *Wpływ właściwości gleb na reakcje ich mikroflory na herbicydy.* Roczn. Glebozn., 37(1): 129-138.
- SUKUL P. 2006. *Enzymatic activities and microbial biomass in soil as influenced by metaxyl residues.* Soil Biol. Biochem., 38: 320-326.
- SWĘDRZYŃSKA D. 2004. *Wpływ karboksyny i tiuramu na aktywność nitrogenazy i rozwój wybranych grup drobnoustrojów glebowych ze szczególnym uwzględnieniem bakterii z rodzaju Azospirillum.* Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 437-449.

- TRASAR-CAPEDA C., LEIRÓS M. C., SEOANE S., GILSOTRES F. 2000. *Limitats of soil enzymes as indicators of soil pollution.* Soil Biol. Biochem., 32: 1867-1875.
- WALKER A., JURADO-EXPOSITO M., BENDING G. D., SMITH V. J. R. 2001. *Spatial variability in the degradation rate of isoproturon in soil.* Environ. Pollut., 111: 407-415.
- WĘGOREK W. 1994. *Badanie wpływu pestycydów na środowisko rolnicze.* Post. Nauk Rol., 2: 59-64.
- WG T. J., FLEET G. H., HEARD G. M. 2005. *Pesticides a source of microbial contamination of salad vegetables.* J. Food Microbiol., 1001: 237-250.
- WIELGOSZ E., SZEMBER A., SKWAREK J. 2004. *Wpływ wybranych roślin na liczebność i aktywność bakterii biorących udział w przemianach azotu.* Ann. UMCS, Sect. Agricult., 59(4): 1689 -1696.
- WYSZKOWSKA J. 2002a. *Microbiological properties of soil contaminated with the herbicide Treflan 480 EC.* Pol. J. Environ. Stud., 10(1): 58-70.
- WYSZKOWSKA J. 2002b. *Number of cellulolytic, ammonifying, nitrogen immobilizing and Azotobacter sp. bacteria in soil contaminated with Treflan 480 EC.* Pol. J. Natur. Sci., 10(1): 71-83.
- WYSZKOWSKA J. 2002c. *Effect of soil contamination with Treflan 480 EC on biochemical properties of soil.* Pol. J. Environ. Stud., 11(1): 71-77.
- WYSZKOWSKA J. 2004. *Właściwości mikrobiologiczne gleby zanieczyszczonej herbicydem Triflurotox 250 EC.* Acta Agr. Silv. ser. Agr., 42: 463-473.
- WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J. 2004a. *Biochemical and physicochemical properties of soil contaminated with herbicide Triflurotox 250 EC.* Pol. J. Environ. Stud., 11(1): 71-77.
- WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J. 2004b. *Biologiczne właściwości gleby zanieczyszczonej Chwastoxem Trio 540 SL.* Roczn. Glebozn., 50: 311-319.
- WYSZKOWSKI M., WYSZKOWSKA J. 2004a. *Skład chemiczny rzepaku jarego i gorczycy białej a aktywność enzymatyczna gleby zanieczyszczonej Treflenem 480 EC.* Ann. UMCS, Sect. Agricult., 54(4): 1631-1638.
- WYSZKOWSKI M., WYSZKOWSKA J. 2004b. *Współzależność między zawartością makroelementów w jęczmieniu jarym a aktywnością enzymatyczną gleby zanieczyszczonej Chwastoxem Trio 540 SL i Granstarem 75 WG.* Ann. UMCS, Sect. Agricult., 54(4): 1639-1649.
- YAO X., MIN H., LIU Z., YUAN H. 2006. *Influence of acetamiprid on soil enzymatic activities and respiration.* Eur. J. Soil Biol., 42: 120-126.



**Recenzenci artykułów zamieszczonych  
w Journal of Elementology, vol. 12 no 3 z 2007 r.**

Andrzej Nowak, Józef Nurzyński, Stefania Jezierska-Tys,  
Andrzej Kotecki, Wiesław Bednarek, Jerzy Czapla, Józefa Wiatr



### **Regulamin ogłaszenia prac w „Journal of Elementology”**

1. Journal of Elementology (kwartalnik) zamieszcza na swych łamach prace oryginalne, doświadczalne, kliniczne i przeglądowe z zakresu przemian biopierwiastków i dziedzin pokrewnych.
2. W JE mogą być zamieszczone artykuły sponsorowane, przygotowane zgodnie z wymaganiami stawianymi pracownikom naukowym.
3. W JE zamieszczamy materiały reklamowe.
4. Materiały do wydawnictwa należy przesyłać w 2 egzemplarzach. Objętość pracy oryginalnej nie powinna przekraczać 10 stron znormalizowanego maszynopisu (18 000 znaków), a przeglądowej 15 stron (27 000 znaków).
5. Układ pracy: ***imię i nazwisko autora (-ów), TYTUŁ PRACY, nazwa jednostki, z której pochodzi praca, WSTĘP, MATERIAŁ I METODY, WYNIKI I CH OMÓWIENIE, WNIOSKI, PIŚMIENNICTWO***, streszczenie w języku polskim i angielskim – minimum 250 słów. Streszczenie powinno zawierać: wstęp (krótko), cel badań, omówienie wyników, wnioski. Przed streszczeniem w języku polskim: ***imię i nazwisko Autora (-ów), TYTUŁ PRACY, Słowa kluczowe (maks 10 słów), Abstrakt, TYTUŁ ANGIELSKI, Key words, Abstract.*** U dołu pierwszej strony należy podać tytuł naukowy lub zawodowy, imię i nazwisko autora oraz dokładny adres przeznaczony do korespondencji w języku polskim i angielskim.
6. Praca powinna być przygotowana wg zasad pisowni polskiej. Jednostki miar należy podawać wg układu SI np.: mmol(+) kg<sup>-1</sup>; kg·ha<sup>-1</sup>; mol·dm<sup>-3</sup>; g·kg<sup>-1</sup>; mg·kg<sup>-1</sup> (obowiązują formy pierwiastkowe).
7. W przypadku stosowania skrótu po raz pierwszy, należy podać go w nawiasie po pełnej nazwie.
8. Tabele i rysunki należy załączyć w oddzielnych plikach. U góry, po prawej stronie tabeli, należy napisać Tabela i numer cyfra arabska, również w języku angielskim, następnie tytuł tabeli w języku polskim i angielskim wyrównany do środka akapitu. Ewentualne objaśnienia pod tabelą oraz opisy tabel winny być podane w języku polskim i angielskim. Wartości liczbowe powinny być podane jako zapis złożony z 5 znaków pisarskich (np. 346,5; 46,53; 6,534; 0,653).
9. U dołu rysunku, po lewej stronie, należy napisać Rys. i numer cyfrą arabską oraz umieścić podpisy i ewentualne objaśnienia w języku polskim i angielskim.
10. Piśmiennictwo należy uszeregać alfabetycznie, bez numerowania, w układzie: Nazwisko Inicjal Imienia (kapitaliki) rok wydania. Tytuł pracy (kursywa). Obowiązujący skrót czasopisma, tom (zeszyt): strony od-do. np. KOWALSKA A., KOWALSKI J. 2002. *Zwartość magnezu w ziemniakach*. Przem. Spoż., 7(3): 23-27.
11. W JE można także cytować prace zamieszczone w czasopismach elektronicznych, wg schematu: Nazwisko Inicjal Imienia (kapitaliki), rok wydania. Tytuł pracy (kursywa). Obowiązujący skrót czasopisma internetowego oraz pełny adres strony internetowej. np. ANTONKIEWICZ J., JASIEWICZ C. 2002. *The use of plants accumulating heavy metals for detoxication of chemically polluted soils*. Electr. J. Pol. Agric. Univ., 5(1): 1-13. hyperlink „<http://www.ejpau.media.pl/> series/volume5/issue1/environment/art-01.html
12. Cytując piśmiennictwo w tekście, podajemy w nawiasie nazwisko autora i rok wydania pracy (KOWALSKI 1992). W przypadku cytowania dwóch autorów, piszemy ich nazwiska rozdzielone przecinkiem i rok (KOWALSKI, KOWALSKA 1993). Jeżeli występuje większa liczba nazwisk, podajemy pierwszego autora z dodatkiem i in., np.: (KOWALSKI i in. 1994). Cytując jednocześnie kilka pozycji, należy je uszeregać od najstarszej do najnowszej, np.: (NOWAK 1978, NOWAK i in. 1990, NOWAK, KOWALSKA 2001).
13. Do artykułu należy dołączyć pismo przewodnie kierownika Zakładu z jego zgodą na druk oraz oświadczenie Autora (-ów), że praca nie została i nie zostanie opublikowana w innym czasopiśmie bez zgody Redakcji JE.
14. Dwie kopie wydruku komputerowego pracy (Times New Roman 12 pkt, z odstępem akapitu 1,5, bez dyskietki) należy przesyłać na adres Sekretarzy Redakcji:

**Dr hab. Jadwiga Wierzbowska**  
**Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**  
**ul. Michała Oczapowskiego 8, 10-719 Olsztyn**  
**[jawierz@uwm.edu.pl](mailto:jawierz@uwm.edu.pl)**

**Dr Katarzyna Glińska-Lewczuk**  
**Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**  
**pl. Łódzki 2, 10-759 Olsztyn**  
**kaga@uwm.edu.pl**

15. Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania poprawek i skrótów. Wszelkie zasadnicze zmiany tekstu będą uzgadniane z Autorami.
16. Po recenzji Autor zobowiązany jest przesyłać w 2 egzemplarzach poprawiony artykuł wraz z dyskietką, przygotowany w dowolnym edytorze tekstu pracującym w środowisku Windows.

Redakcja Journal of Elementology uprzejmie informuje, iż w 2006 r. wprowadziła opłatę za druk prac.

Koszt wydrukowania maszynopisu (wraz z rysunkami, fotografiami i tabelami) o objętości nie przekraczającej 6 stron formatu A4, sporządzonego wg następujących zasad:

- czcionka: Times New Roman, 12 pkt, odstęp 1,5;
- 34 wiersze na 1 stronie;
- ok. 2400 znaków (bez spacji) na 1 stronie;
- rysunki i fotografie czarno-białe

wynosi 250 PLN + VAT.

Koszt druku każdej dodatkowej strony (wraz z rysunkami, fotografiami i tabelami) wynosi 35 PLN + VAT

Koszt druku 1 rysunku lub fotografii w kolorze wynosi 150 PLN + VAT

**Uwaga:**

- 1) prace nadesłane w 2005 r będą opublikowane bezpłatnie,
- 2) z opłaty za druk pracy zostaną zwolnieni lekarze niezatrudnieni w instytutach naukowych, wyższych uczelniach i innych placówkach badawczych.

Komitet Redakcyjny

---

## Guidelines for Authors „Journal of Elementology”

1. Journal of Elementology (a quarterly) publishes original scientific or clinical research as well as reviews concerning bioelements and related issues.
2. Journal of Elementology can publish sponsored articles, compliant with the criteria binding scientific papers.
3. Journal of Elementology publishes advertisements.
4. Each article should be submitted in duplicate. An original paper should not exceed 10 standard pages (18 000 signs). A review paper should not exceed 15 pages (27 000 signs).
5. The paper should be laid out as follows: ***name and surname of the author(s), TITLE OF THE ARTICLE, the name of the scientific entity, from which the paper originates, INTRODUCTION, MATERIAL AND METHODS, RESULTS AND DISCUSSION, CONCLUSIONS, REFERENCES***, abstract in the English and Polish languages, min. 250 words. Summary should contain: introduction (shortly), aim, results and conclusions. Prior to the abstract in the English language the following should be given: ***name and surname of the author(s), TITLE, Key words (max 10 words), Abstract, TITLE, Key words and Abstract in Polish.*** At the bottom of page one the following should be given: scientific or professional title of the author, name and surname of the author, detailed address for correspondence in the English and Polish languages.
6. The paper should be prepared according to the linguistic norms of the Polish and English language. Units of measurements should be given in the SI units, for example mmol(+)  
kg<sup>-1</sup>; kg·ha<sup>-1</sup>; mol·dm<sup>-3</sup>; g·kg<sup>-1</sup>; mg·kg<sup>-1</sup> (elemental forms should be used).
7. In the event of using an abbreviation, it should first be given in brackets after the full name.
8. Tables and figures should be attached as separate files. At the top, to the right of a table the following should be written: Table and table number in Arabic figures (in English and Polish), in the next lines the title of the table in English and Polish adjusted to the centre of the paragraph. Any possible explanation of the designations placed under the table as well as a description of the table should be given in English and Polish. Numerical values should consist of five signs (e.g. 346.5, 46.53, 6.534, 0.653).
9. Under a figure, on the left-hand side, the following should be written: Fig. and number in Arabic figures, description and possible explanation in Polish and English.
10. References should be ordered alphabetically but not numbered. They should be formatted as follows: Surname First Name Initial (capital letter), year of publication, Title of the paper (italics). The official abbreviated title of the journal, volume (issue): pages from - to. e.g. KOWALSKA A., KOWALSKI J. 2002. *Zawartość magnezu w ziemniakach*. Przem. Spoż., 7(3): 23-27.
11. It is allowed to cite papers published in electronic journals formatted as follows: Surname First Name Initial (capital letters), year of publication. Title of the paper (italics). The official abbreviated title of the electronic journal and full address of the website. e.g. ANTONKIEWICZ J., JASIEWICZ C. 2002. *The use of plants accumulating heavy metals for detoxification of chemically polluted soils*. Electr. J. Pol. Agric. Univ., 5(1): 1-13. hyperlink „<http://www.ejpau.pl/series/volume5/issue1/environment/art-01.html>”
12. In the text of the paper a reference should be quoted as follows: the author's name and year of publication in brackets, e.g. (KOWALSKI 1992). When citing two authors, their surnames should be separated with a comma, e.g. (KOWALSKI, KOWALSKA 1993). If there are more than two authors, the first author's name should be given followed by et al., e.g. (KOWALSKI et al. 1994). When citing several papers, these should be ordered chronologically from the oldest to the most recent one, e.g. (NOWAK 1978, NOWAK et al. 1990, NOWAK, KOWALSKA 2001).

13. A paper submitted for publication should be accompanied by a cover letter from the head of the respective institute who agrees for the publication of the paper and a statement by the author(s) confirming that the paper has not been and will not be published elsewhere without consent of the Editors of the Journal of Elementology.
14. Two computer printed copies of the manuscript (Times New Roman 12 fonts, 1.5-spaced, without a diskette) should be submitted to the Editor's Secretary:

**Dr hab. Jadwiga Wierzbowska**  
**University of Warmia and Mazury in Olsztyn**  
**ul. Michała Oczapowskiego 8, 10-719 Olsztyn**  
**[jawierz@uwm.edu.pl](mailto:jawierz@uwm.edu.pl)**

**Dr Katarzyna Glińska-Lewczuk**  
**University of Warmia and Mazury in Olsztyn**  
**Pl. Łódzki 2, 10-759 Olsztyn, Poland**  
**[kaga@uwm.edu.pl](mailto:kaga@uwm.edu.pl)**

15. The Editors reserve the right to correct and shorten the paper. Any major changes in the text will be discussed with the Author(s).
16. After the paper has been reviewed and accepted for publication, the Author is obliged to sent the corrected version of the article together with the diskette. The electronic version can be prepared in any word editor which is compatible with Windows software.