

**Journal**  
**of**  
**Elementology**

**Kwartalnik Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego**  
**Quarterly Reports**  
**Issued by the Polish Society for Magnesium Research**

---

**Tom/  
Volume 11**

**Numer/  
Number 1**

**Styczeń/  
March 2006**

---

**Redakcja /Editorial Staff**  
**Redaktor Naczelny/Editor in-Chief**

prof. dr hab. Teresa Wojnowska  
Zastępca Redaktora Naczelnego/Deputy Editor in-Chief  
prof. dr hab. Józef Koc

**Komitet Naukowy/Scientific Board**

prof. dr hab. Manfred Anke (Jena, Niemcy), prof. dr hab. Wiesław Bednarek (Lublin),  
prof. dr hab. Maria H. Borawska (Białystok), prof. US dr hab. Maria Brzezińska (Szczecin),  
prof. dr hab. Jerzy Czapla (Olsztyn), prof. dr hab. Jan W. Dobrowolski (Kraków),  
prof. dr hab. Alfreda Graczyk (Warszawa), prof. dr hab. Witold Grzebisz (Poznań),  
prof. dr hab. Jan Karczewski (Białystok), prof. dr Sandor A. Kiss (Szeged, Węgry),  
prof. dr hab. med. Tadeusz Koziolec (Szczecin),  
prof. dr hab. Andrzej Lewenstam (Turku, Finlandia - Kraków),  
dr hab. Magdalena Maj-Żurawska (Warszawa);  
André Mazur DVN, PhD (St. Genés Champanelle, Francja),  
prof. dr hab. Stanisław Mercik (Warszawa), prof. dr hab. Edward Niedźwiecki (Szczecin),  
prof. dr hab. med. Kazimierz Pasternak (Lublin), prof. dr hab. Mikołaj Protasowicki (Szczecin),  
prof. dr hab. Franciszek Przała (Olsztyn), prof. dr hab. med. Andrzej Rajewski (Poznań),  
prof. dr hab. Zbigniew Rudkowski (Wrocław), dr rer. nat. Mathias Seifert (Dortmund, Niemcy),  
prof. dr hab. Maria Soral-Śmietana (Olsztyn), prof. dr hab. med. Lech Walasek (Bydgoszcz),  
prof. dr hab. Zofia Zachwieja (Kraków)

**Redaktorzy/Co-Editors**

prof. dr hab. med. Stefan Bołoczko, prof. dr hab. Józef Szarek,  
dr hab. Stanisław Sienkiewicz

**Sekretarz Redakcji/Secretary**

dr Katarzyna Glińska-Lewczuk

**Adres Redakcji/Editorial Office**

dr Katarzyna Glińska-Lewczuk  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Plac Łódzki 2, 10-756 Olsztyn, tel. +48 89 5234349  
e-mail: kaga@uwm.edu.pl <http://www.uwm.edu.pl/jelementol>  
Autor strony internetowej: dr inż. Sławomir Krzebietke

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

**Warunki prenumeraty czasopisma:**

dla indywidualnych członków PTMag - 40.00 PLN + 0% VAT  
dla osób fizycznych - 50.00 + 0% VAT  
dla bibliotek i instytucji - 150.00 PLN + 0% VAT + 10.00 PLN za przesyłkę

Wpłaty prosimy kierować na konto UWM w Olsztynie: PKO SA I O/Olsztyn  
32124015901111000014525618, z dopiskiem 504-2202-1201

---

Nakład 300 egz., ark. wyd. 10,0; ark druk. 8,25; pap. offset. kl. III 80 g B-1  
Druk: MIRDRUK, 10-080 Olsztyn, ul. Profesorska 9, tel. 857-90-34

---

## Spis treści

D. PAULA BALABAN, G. STANCIU, M. BELC – <i>Study concerning the physical and chemical description of magnesium alginate obtained from the brown alga cystoseira barbata</i> .....	5
B. BARCZAK, K. NOWAK, W. KOZERA, E. MAJCHERCZAK – <i>Wpływ nawożenia mikroelementami a zawartość kationów w ziarnie owsa</i> .....	13
Z. KOSZAŃSKI, E. RUMASZ-RUDNICKA, C. PODSIADŁO – <i>Wpływ nawadniania kropłowego i nawożenia mineralnego na jakość owoców truskawki</i> .....	21
W. KOZERA, K. NOWAK, E. MAJCHERCZAK, B. BARCZAK – <i>Oddziaływanie dolistnego nawożenia mikroelementami na zawartość makroelementów w bulwach ziemniaka</i> .....	29
W. LIPIŃSKI, S. FRANCAK, A. WATROS – <i>Oddziaływanie składu granulometrycznego, odczynu i materii organicznej gleby na zawartość żelaza i manganu w ziarnie pszenicy</i> .....	35
E. MAJCHERCZAK, W. KOZERA, K. NOWAK, B. BARCZAK – <i>Zawartość makroelementów oraz stosunki jonowe w ziarnie jęczmienia jarego w warunkach dolistnego nawożenia mikroelementami</i> .....	43
W. MARCOIN – <i>Molekularne modelowanie wybranych organicznych soli magnezowych. Zależność struktura -aktywność</i> .....	49
W. MARCOIN, H. DUDA – <i>Wpływ ligandów glicyny i arginy na niektóre właściwości fizykochemiczne asparagianu magnezowego</i> .....	59
M. PIESZKA, M. KULISA – <i>Wpływ wieku, terminu występowania i długości rui na zawartość magnezu w mleku kłaczy</i> .....	67
E. RUMASZ-RUDNICKA, Z. KOSZAŃSKI, C. PODSIADŁO, I. GLUBA – <i>Wpływ nawadniania wodą o różnym zasoleniu na zawartość wybranych pierwiastków w warzywach</i> .....	77
B. RUTKOWSKA, W. SZULC, J. ŁABETOWICZ – <i>Skład granulometryczny gleby jako czynnik determinujący stężenie jonów w roztworze glebowym</i> .....	89
J. WIERZBOWSKA – <i>Gospodarka potasem pszenicy jarej w zależności od stosowania regulatorów wzrostu i poziomu nawożenia tym składnikiem</i> .....	99
J. WIERZBOWSKA – <i>Gospodarka wapniem i magnezem w roślinach pszenicy jarej w warunkach stosowania regulatorów wzrostu i zróżnicowanych dawek potasu</i> .....	109
T. WOJTASZEK – <i>Profilaktyczno-zdrowotne działanie wód mineralnych</i> .....	119

## Contents

D. PAULA BALABAN, G. STANCIU, M. BELC – <i>Study concerning the physical and chemical description of magnesium alginate obtained from the brown alga cystoseira barbata</i> .....	5
B. BARCZAK, K. NOWAK, W. KOZERA, E. MAJCHERCZAK – <i>Effect of fertilization with microelements on the content of cations in oat grain</i> .....	13
Z. KOSZAŃSKI, E. RUMASZ-RUDNICKA, C. PODSIADŁO – <i>Influence of drip irrigation and mineral fertilization on the quality of strawberry fruit</i> .....	21
W. KOZERA, K. NOWAK, E. MAJCHERCZAK, B. BARCZAK – <i>Effect of foliar fertilization with microelements on the content of macroelements in potato tubers</i> .....	29
W. LIPIŃSKI, S. FRANCAK, A. WATROS – <i>The influence of granulometric composition, reaction and organic matter of soil on iron and manganese contents in wheat grain</i> .....	35
E. MAJCHERCZAK, W. KOZERA, K. NOWAK, B. BARCZAK – <i>The content of macroelements and ionic ratios in spring barley grain under foliar fertilization with microelements</i> .....	43

W. MARCOIN – <i>Molecular modelling of selected magnesium organic salts. structure – activity relationship</i> .....	49
W. MARCOIN, H. DUDA – <i>Influence of glycine and arginine ligands on some of physicochemical properties of magnesium aspartate</i> .....	59
M. PIĘSZKA, M. KULISA – <i>The effect of age and heat term and duration on magnesium content in mares' milk</i> .....	67
E. RUMASZ-RUDNICKA , Z. KOSZAŃSKI, C. PODSIADŁO, I. GLUBA – <i>Influence of irrigation with saline water on the content of some minerals in vegetableS</i> .....	77
B. RUTKOWSKA, W. SZULC, J. ŁABĘTOWICZ – <i>Granulometric composition of soil as a factor determining ionic concentration in the soil solution</i> .....	89
J. WIERZBOWSKA – <i>Potassium management of spring wheat in relation to plant growth regulators and fertilization level of the nutrient</i> .....	99
J. WIERZBOWSKA – <i>Calcium and magnesium management in plant of spring wheat in conditions of growth regulators and increasing potassium doses use</i> .....	109
T. WOJTASZEK – <i>Profilaktyczno-zdrowotne działanie wód mineralnych</i> .....	119

**Doina Paula Balaban,<sup>1</sup> Gabriela Stanciu,<sup>2</sup> Marius Belc<sup>3</sup>**

**STUDY CONCERNING THE PHYSICAL  
AND CHEMICAL DESCRIPTION  
OF MAGNESIUM ALGINATE OBTAINED  
FROM THE BROWN  
ALGA CYSTOSEIRA BARBATA**

**Ovidius University Constanța, Romania**

**INTRODUCTION**

Alginates are quite abundant in nature since they occur both as a structural component in marine brown algae, comprising up to 40% of the dry matter, and as capsular polysaccharides in soil bacteria. Alginic acid was isolated for the first time by Stanford in 1880. The separation and purification methods have evolved with time because the applicability domains of alginates is an essential condition for the quality of these products.

The industrial applications of alginates are connected with their ability to retain water, and their gelling, viscosifying, and stabilizing properties. The biotechnological applications, on the other hand, are based either on specific biological effects of the alginate molecule itself or on its unique, gentle, and almost temperature-independent sol/gel transition in the presence of cations (e.g.  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ), which makes alginate highly suitable as an immobilization matrix for li-

---

<sup>1</sup>Doina Paula Balaban, Associate Professor, University Ovidius, Faculty of Medicine, Ioan Voda 58, Constanta, Romania. dpbalaban@yahoo.com

<sup>2</sup>Gabriela Stanciu, Associate Professor, University Ovidius, Faculty of Chemistry, Mamaia Blvd. 124, 900527 Constanta, Romania.

<sup>3</sup>Marius Belc, Assistant Professor, University Ovidius, Faculty of Physics, Mamaia Blvd. 124, 900527 Constanta, Romania.

ving cells. Most magnesium ions isolated from brown algae come from the alginic acid fraction.

Alginates then have to be regarded as a binary copolymer composed of  $\alpha$ -L-guluronic and  $\beta$ -D-mannuronic residues in varying proportions and sequences along the chain (STOKKE et al. 1991).

In the Phaeophyceae, alginates are found in cell walls in a crystalline arrangement parallel to the cellulose microfibrils and also in the intercellular matrix (KLOAREG, QUATRANO 1988, TRUUS et al. 2001). The quantity and distribution of the residues determines the properties of the alginates, such as gelling or immunologic properties, and antibacterial action. Considering these properties, we have separated a mixture of alginates by a specific method from the brown alga *Cystoseira barbata* (BALABAN et al. 2004). The product has been analyzed from a physicochemical perspective (BALABAN et al. 2004). The brown alga used was *Cystoseira barbata* and was collected in the Vama Veche area, on the coast of the Black Sea, in the autumn of 2003.

The anti-bacterial action of raw alginates was tested and it showed to be remarkable (BALABAN, BADEA 2004). Consequently, this study presents in brief a method of obtaining magnesium alginate as well as the physicochemical description of the alginate-type structure. The study is focused on three issues: determining the concentration of certain metals, confirming the structure of the alginate type through IR spectral analysis, determining the ratio of fixation of magnesium on the alginate.

## MATERIAL AND METHODS

Brown algae were collected in the Vama Veche area on the Black Sea coast in the autumn of 2004. The phases for obtaining magnesium alginate were identical to those of obtaining raw alginates, only the method of precipitation differed. The phases were:

- treatment by boiling of the dried vegetal material with a diluted solution of formaldehyde;
- demineralization by boiling through successive cleansing treatments with aqueous solutions of hydrochloric acid in various concentrations;
- filtering and cleansing the vegetal material with distilled water;
- extraction with aqueous solution of sodium carbonate (pH 9-11);
- precipitation with ethylic alcohol in the presence of magnesium.

The immunomodulatory action of magnesium alginate has been tested and it has proved to be remarkable (BALABAN, SAMARINEANU 2005).

The magnesium alginate has been analyzed from a physicochemical perspective and the ratio of fixation of magnesium on the alginate has been determined.

### **1. Metal concentration analysis**

In order to determine metal concentration, groups of three samples of both types of alginates were used. The samples were obtained in accordance with the above procedures. In order to determine the concentration of metals, the solutions were prepared as follows: the samples of the magnesium alginate and raw alginate have been dissolved in 10% hydrochloric acid solution. For this purpose, de-ionized water was used. The alginate concentrations were  $1 \text{ mg L}^{-1}$ . For the determination of metal concentrations, an AA6200 flame atomic spectrometer provided by Shimadzu Company was used. The calibration of spectrometer was done using standard solutions of each metal obtained from spectral pure substances. The concentrations of Mg, Fe, Zn, Cd, Mn and Cr were determined. All results are expressed as mean  $\pm$  standard deviation from each of the three samples of alginates.

### **2. IR spectral analysis**

The sample of magnesium alginate was characterized by IR spectroscopy. The spectrum samples were recorded with a Vector 22IR spectrometer with Fourier transformation type, using KBr pellets.

### **3. Ratio of fixation of magnesium on the alginate**

Repeated separations of raw alginates showed that the separation efficiency of the raw alginates was of 35%. Repeated measurements of the concentration of Mg and raw alginate led to a value of  $(56\ 250 \pm 2) \text{ mg kg}^{-1}$ . These data provided a starting point for the determination of the ratio of fixation of magnesium on the alginate. To this end, a known quantity of Mg was added ( $17\ 500 \text{ mg kg}^{-1}$ ) in the final phase of precipitation with alcohol of the magnesium alginate. The difference between the concentration of Mg in magnesium alginate and raw alginate is exactly the quantity of magnesium fixed on the alginate via the carboxyl and hydroxyl groupings. The ratio between the quantity of magnesium fixed on the alginate and the quantity of magnesium introduced represents the rate of fixation of magnesium on the alginate.

## **RESULTS AND DISCUSSIONS**

### **1. Metal concentrations analysis**

Results regarding the levels of concentrations of metals in the magnesium alginate versus raw alginate are presented in Table 1.

Table 1

Concentration of metals (mean  $\pm$  std deviation) in raw alginate and magnesium alginate

Element	Element contained in raw alginate mg kg <sup>-1</sup>	Element contained in AlgMg mg kg <sup>-1</sup>
Mg	56 250 $\pm$ 2	70 312.5 $\pm$ 31
Fe	94 $\pm$ 2	82.8 $\pm$ 1.3
Zn	41.8 $\pm$ 1.2	40 $\pm$ 1.1
Mn	29.8 $\pm$ 1.2	22.9 $\pm$ 1.6
Cr	< 0.05	< 0.05
Cd	< 0.06	< 0.06

Magnesium alginate contains the largest quantity of magnesium, which proves the existence of free carboxyl groupings which can interact with the metal ions. The hydroxyl groups on the polymer also play some role in ion binding.

The value of the concentration of Fe is smaller in magnesium alginate than in raw alginate and in fresh algae (CHIRILA et al. 2004). As regards Mn, in raw alginates the Mn concentration is the highest, in comparison with magnesium alginate and fresh algae. The lower value of the Mn concentration in magnesium alginate, it is probably due to the stronger affinity of Mg ions towards the carboxyl and hydroxyl groups in the alginate. In both types of alginates, the concentrations of Zn are approximately equal and smaller than in fresh algae (260 $\pm$ 0.1) mg kg<sup>-1</sup>. The values of the concentration of Cr and Cd are under the limit of detection of the equipment in both types of alginates. Similarly, in fresh algae the concentration of Cr and Cd is lower than that of Mg, Fe, Zn, and Mn. Cd is a toxic element, which is supposed to be carcinogenic.

The fact that Cd is found at very low concentration in both algae and especially in Mg alginate may imply that algae are environment-friendly raw material for the preparation of alginates.

## 2. IR spectral analysis

The structure of magnesium alginate is confirmed by IR spectra (Figure 1). The IR spectra of the three analyzed samples of magnesium alginates are almost identical.

In the region 1427–1641 cm<sup>-1</sup> there appeared the frequencies characteristic of –COO<sup>-</sup>, –COOH dimerised groups and that of C-H bond in the ring, as well as  $\nu_{OH}$  associated and  $\nu_{OH}$  unassociated, broad band in the region 3200–3600 cm<sup>-1</sup> having the maximal signal at 3477 cm<sup>-1</sup>,  $\nu_{CO(COOH) \text{ asim}} = 1641 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_{CO(COOH \text{ dimerised})} = 1484 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\nu_{CO \text{ asim}} = 1427.2 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_{C-O- \text{ (eteric)}} = 1031 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_{CH} = 882 \text{ cm}^{-1}$





Figure 1. IR spectrum of magnesium alginate

### 3. Ratio of fixation of magnesium on the alginate

The capacity of fixation of magnesium on alginate is presented in Table 2. As a result of the separation process through precipitation with alcohol in the presence of magnesium, approximately 80% of the quantity of added magnesium was fixed by the alginate. The difference between the values of concentration of magnesium in the two types of alginates represents the quantity of magnesium fixed on the alginate via the carboxyl and hydroxyl groupings.

Table 2

Ratio of fixation of magnesium on alginate (mean  $\pm$  std deviation)

Mg contained in raw alginate mg kg <sup>-1</sup>	Quantity of Mg added mg kg <sup>-1</sup>	Mg contained in AlgMg mg kg <sup>-1</sup>	Mg fixed on AlgMg mg kg <sup>-1</sup>	Ratio of fixation %
56 250 $\pm$ 2	17 500	70 312.5 $\pm$ 3.1	14 062 $\pm$ 1	80.35

## CONCLUSIONS

1. Among the metals, magnesium is found at the highest concentration in the magnesium alginate sample.
2. The value of concentration of Fe is lower in magnesium alginate than in raw alginate and fresh algae.
3. The value of concentration of Mn is higher in raw alginate as compared with magnesium alginate and fresh algae.
4. In both types of alginates, the concentrations of Zn are approximately equal and lower than in fresh algae.
5. In both types of alginates, the levels of concentration of Cr and Cd are under the limit of detection of the equipment.
6. IR spectral analysis confirmed the alginate-type structure.
7. The ratio of fixation of magnesium on alginate is of approximately 80% of the quantity of magnesium added.
8. The results of the determinations show that the toxic metal concentrations in *Cystoseira barbata* and the two types of alginates are not higher on the Romanian Black Sea coast and algae may be an environment-friendly raw material for the preparation of magnesium alginate.

## REFERENCES

- BALABAN D.P., ROSOIU N., BUSURICU F., SAVA D. 2004. *Etude preliminaire concernant la separation d'un melange d'alginates de l'algue brune Cystoseira Barbara*. Proc. of the 37<sup>th</sup> CIESM Congress, Barcelona, 485.
- BALABAN D.P., STANCIU G., BELC M. 2004. *Preliminary study concerning the physical and chemical description of certain alginates obtained from the brown alga Cystoseira Barbara*. Ann. Chem., 15: 31-33.
- BALABAN D.P., BADEA V. 2004. *Etude concernant l'action antibacterienne de certains melanges d'alginates provenus de l'algue brune Cystoseira Barbata*. Arch. Balkan Med. Union, 39 (4): 310-312.
- BALABAN D.P., SAMARINEANU M. 2005. *Etude preliminaire concerant l'action immunomodulatrice de l'alginate de magnesium separé de l'algue brune Cystoseira Barbata*. Arch. Balkan Med. Union, 40 (2): 97-99.
- CHIRILA E., CARAZEANU I., SAVA D. 2004. *Contributions to the trace metals in marine algae from Romanian Black Sea coast determination by FAAS*. Proc. of the 4<sup>th</sup> Aegean Analytical Chemistry Day, 173-175.
- KLOAREG B., QUATRANO R. S. 1988. *Structure of the cell walls of marine algae and ecophysiological functions of the matrix polysaccharides*. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 26: 259-315.
- STOKKE B.T., SMIDSRØD O., BRUHEIM P., SKJAK-BRÆK G. 1991. *Distribution of uronate residues in alginate chains in relation to alginate gelling properties*. Macromolecules, 24: 4637-4645.
- TRUUS K., VAHER M., TAURE I. 2001. *Algal biomass from Fucus vesiculosus: Investigation of the mineral and alginate components*. Proc. Estonian Acad. Sci. Chem., 50 (2): 95-103.

---

**Doina Paula Balaban, Gabriela Stanciu, Marius Belc**

**STUDY CONCERNING THE PHYSICAL AND CHEMICAL DESCRIPTION  
OF MAGNESIUM ALGINATE OBTAINED FROM THE BROWN  
ALGA *CYTOSEIRA BARBATA***

Key words: *Cystoseira barbata*, magnesium alginate.

Abstract

The study examines the physical and chemical description of magnesium alginate obtained from the brown alga *Cystoseira barbata*, existing in the coastal area of the Black Sea. We have separated a magnesium alginate by a specific method, which involves the precipitation of the alginate with an alcohol solution of magnesium chloride. The study is focused on three directions: determining the concentration of certain metals, confirming the structure of the alginate type through IR spectral analysis and the examination of the ratio of fixation of magnesium on the alginate. Results confirmed the alginate type structure as well as the presence of certain metals, among which Fe, Cd, Mn, which are to be found in the alga. The presence of Mg is to be noticed, which was fixed on the alginate during the process of obtaining the alginates. The magnesium was fixed in the ratio approximately 80% from the added magnesium quantity in the phase of precipitation of the magnesium alginate.



**Bożena Barczak, Krystian Nowak, Wojciech Kozera,  
Edward Majcherczak**

## **WPLYW NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI NA ZAWARTOŚĆ KATIONÓW W ZIARNIE OWSA**

**Katedra Chemii Rolnej, ATR w Bydgoszczy**

### **WSTĘP**

Spośród zabiegów agrotechnicznych, czynnikiem najsilniej oddziałującym na skład chemiczny plonów, a w konsekwencji na ich jakość, jest nawożenie mineralne, obejmujące stosowanie makro- i mikroelementów. W odróżnieniu od makroelementów, które pełnią w roślinie głównie funkcje budulcowe i są pobierane z gleby w dużych ilościach, rola mikroelementów polega na regulacji procesów biochemicznych zachodzących w roślinach podczas wegetacji. Wchodzą one w skład większości enzymów lub odgrywają rolę ich aktywatorów (RUSZKOWSKA, WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS 1996, SPIAK 2000, MICHALOJC, SZEWCZUK 2003). Deficyt określonych mikroelementów powoduje zahamowanie specyficznych reakcji enzymatycznych, co prowadzi w następstwie do zaburzeń wielu procesów biochemicznych i fizjologicznych, w niekorzystny sposób oddziałując na wzrost i rozwój roślin (WOJCIESKA 1985). Konsekwencją niedoboru mikroelementów może być zatem obniżenie plonów, a jednocześnie pogorszenie ich wartości biologicznej. Rola, jaką odgrywają te składniki pokarmowe w kształtowaniu składu chemicznego roślin, będącego ważną cechą jakościową w kryteriach konsumpcyjnych i paszowych, jest niedostatecznie rozpoznana. Szczególnie niewiele badań w tym zakresie dotyczy ziarna owsa, którego powierzchnia uprawy w Polsce w stosunku do innych zbóż jest niewielka (WRÓBEL 2000).

Celem podjętych badań było porównanie oddziaływania różnych mikroelementów stosowanych dolistnie w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz wieloskładnikowego Mikrochelatu Gama, zawierającego składniki w formie schelatowanej, na zawartość makroskładników, a także na ich proporcje jonowe w ziarnie owsa.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe, będące podstawą badań, przeprowadzono w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej WR ATR, zlokalizowanej w Wierzchucinku k. Bydgoszczy. Jednoczynnikowe doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach, na glebie płowej właściwej, wytworzonej z gliny zwałowej, należącej do kompleksu żytniego dobrego i klasy bonitacyjnej III b. Zawartość próchnicy w glebie wynosiła średnio 1,5%, pH w 1 mol·dm<sup>3</sup> KCl – 5,7. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu, a także boru, manganu, cynku i molibdenu była średnia, natomiast zawartość przyswajalnych form miedzi – niska. Czynnikiem doświadczenia był rodzaj nawożenia mikroelementowego ( $n=6$ ). Stosowano pojedyncze mikroelementy (Zn, Mn, Cu, B, Mo) w formie soli nieorganicznych oraz wieloskładnikowy nawóz Mikrochelat Gama, zawierający pierwiastki w formie schelatowanej.

Zastosowano następujące formy i dawki mikroelementów:

- ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O w dawce 30 g Zn · ha<sup>-1</sup>
- CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O w dawce 25 g Cu · ha<sup>-1</sup>
- MnSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O w dawce 45 g Mn · ha<sup>-1</sup>
- (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O w dawce 4,5 g Mo · ha<sup>-1</sup>
- Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O w dawce 20 g B · ha<sup>-1</sup>
- Mikrochelat Gama w dawce 5 dm<sup>3</sup> · ha<sup>-1</sup>

Mikrochelat Gama to wieloskładnikowy, skoncentrowany nawóz mikroelementowy, zawierający pierwiastki w formie schelatowanej. Dawki nieorganicznych soli i dawkę Mikrochelatu ustalono w takich proporcjach, by zawartość odpowiednich mikroelementów w pojedynczych solach i w nawozie wieloskładnikowym była jednakowa. W zalecanej przez producenta dawce 5 dm<sup>3</sup> tego nawozu znajduje się 30 g Zn, 25 g Cu, 45 g Mn, 4,5 g Mo i 20 g B. Poziom dawek mikroelementów wynikał z zaleceń producenta, który pod rośliny zbożowe zalecał 5 dm<sup>3</sup> · ha<sup>-1</sup>. Roztwory do opryskiwania przygotowywano, rozpuszczając odpowiednie naważki soli nieorganicznych zawierających mikroelementy w takiej objętości wody, by objętość cieczy roboczej odpowiadała 300 dm<sup>3</sup> · ha<sup>-1</sup>. Wykorzystywano w tym celu wodę wodociągową o średnim stopniu twardości.

W każdym roku badań opryskiwano rośliny w okresie, gdy owies osiągał fazę strzelania w źdźbło. We wszystkich objętych badaniach latach zastosowano następujące podstawowe nawożenie mineralne: 70 kg N · ha<sup>-1</sup> w formie saletry amonowej, 20 kg P · ha<sup>-1</sup> w postaci superfosfatu potrójnego oraz 60 kg K · ha<sup>-1</sup> jako 57%

sól potasową. W doświadczeniu uprawiano owies odmiany Komes na poletkach o powierzchni 27 m<sup>2</sup>, w każdym roku doświadczenia po jęczmieniu jarym, stosując agrotechnikę zalecaną dla rejonu uprawy tej rośliny.

W próbach ziarna owsa oznaczono zawartość sodu, potasu i wapnia fotometrycznie, a zawartość magnezu metodą absorpcyjnej spektroskopii atomowej.

Wyniki badań polowych opracowano statystycznie, wykonując analizę wariancji w układzie zmiennych zależnych. Istotność różnic między średnimi szacowano na podstawie półprzedziału ufności obliczonego według Tukeya na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W badaniach wykazano, że nawożenie mikroelementami istotnie oddziaływało na skład chemiczny ziarna owsa. Zastosowane dolistnie nawożenie, zarówno pojedynczymi solami nieorganicznymi, jak i wieloskładnikowym Mikrochelatem Gama, zawierającym składniki w formie schelatowanej, wywierało największy wpływ na zawartość potasu w ziarnie owsa (tab. 1). Potas, pełniąc wielorakie funkcje fizjologiczne w roślinie, korzystnie wpływa na gospodarkę wodną i odgrywa ważną rolę w metabolizmie węglowodanowym i azotowym. W wyniku dolistnego stosowania miedzi, cynku i molibdenu stwierdzono istotny wzrost średniej

Tabela 1  
Table 1

Zawartość potasu w ziarnie owsa  
Potassium content in oat grain (g·kg<sup>-1</sup>)

Rok Year	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B	Średnia Mean	NIR LSD
1999	5.75	6.37	6.33	5.88	5.78	6.18	6.27	6.08	n.i.
2000	4.85	4.93	5.84	6.21	5.88	5.72	4.74	5.45	0.15
2001	6.55	6.55	6.38	6.50	6.40	6.55	6.50	6.49	0.23
Średnia Mean	5.72	5.95	6.18	6.19	6.02	6.15	5.84	6.01	0.32

zawartości tego pierwiastka w porównaniu z obiektem kontrolnym – odpowiednie różnice (w %) wynosiły: 8,0, 8,2 i 7,5. Największy wzrost zawartości omawianego składnika nastąpił po zastosowaniu cynku, pierwiastka, który jest kofaktorem wielu enzymów, a jego niedobór dezorganizuje metabolizm węglowodanowy, a także syntezę auksyn oraz DNA i RNA (RUSZKOWSKA, WYSKUPAJTYS 1996). Rolę cynku w kształtowaniu poziomu cukrów i zachowania równowagi energetycznej podkre-

śla też GRZYWNOWICZ-GAZDA (1983). Wobec tego, że potas bierze udział w asymilacji  $\text{CO}_2$  oraz podczas syntezy węglowodanów, wydaje się zrozumiała zależność między zaopatrzeniem roślin w cynk a zawartością w nich potasu. Na zawartość potasu w ziarnie owsa zwraca też uwagę, potwierdzony statystycznie, wpływ molibdenu, pierwiastka, który spośród mikroelementów jest pobierany przez rośliny w najmniejszych ilościach.

Sód to pierwiastek, którego niezbędność wykazano tylko dla niektórych roślin. Jego rola fizjologiczna jest o wiele mniej znana niż np. potasu. Na podstawie reakcji roślin na nawożenie tym pierwiastkiem często dzieli się je na „sodolubne” i „niesodolubne”. Zdaniem LITYŃSKIEGO i JURKOWSKIEJ (1992), owies należy do tej pierwszej grupy roślin. Jak wykazały przeprowadzone badania, na ogół nie stwierdzono udowodnionych statystycznie różnic między poszczególnymi obiektami pod względem zawartości sodu. Wykazano też, że żaden z rodzajów nawożenia mikroelementami nie powodował istotnych zmian średniej zawartości sodu w ziarnie owsa w stosunku do obiektu kontrolnego (tab. 2).

Tabela 2  
Table 2

Zawartość sodu w ziarnie owsa  
Sodium content in oat grain ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Rok Year	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B	Średnia Mean	NIR LSD
1999	0.83	0.83	0.80	0.78	0.75	0.78	0.80	0.79	n.i. n.s.
2000	0.43	0.43	0.60	0.53	0.68	0.47	0.61	0.53	0.130
2001	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.68	0.64	n.i. n.s.
Średnia Mean	0.63	0.62	0.67	0.64	0.68	0.62	0.69	0.65	0.113

Magnez – jako składnik chlorofilu oraz pierwiastek aktywujący wiele procesów enzymatycznych zachodzących podczas syntezy węglowodanów, białek, kwasów nukleinowych i tłuszczów – odgrywa bardzo ważną rolę w metabolizmie roślin. Wykazano, że tylko nawożenie wieloskładnikowym nawozem Gama powodował istotny wzrost zawartości tego pierwiastka w ziarnie owsa, średnio o 13,1%, w porównaniu z obiektem nienawożonym (tab. 3). Zróznicowanie zawartości magnezu, w stosunku do obiektu kontrolnego, wywołane zastosowaniem pozostałych nawozów mikroelementowych nie było wprawdzie potwierdzone statystycznie, zwraca jednak uwagę – podobnie jak w badaniach ZIĘTECKIEJ (1989) dotyczących ziarna pszenicy ozimej – zmniejszenie zawartości omawianego pierwiastka pod wpływem miedzi (różnica – 7,5%).



Tabela 3  
Table 3Zawartość magnezu w ziarnie owsa  
Magnesium content in oat grain ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Rok Year	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B	Średnia Mean	NIR LSD
1999	1.13	1.15	1.07	1.15	1.15	1.13	1.13	1.13	n.i. n.s.
2000	1.07	1.35	1.03	1.30	1.13	1.03	1.10	1.14	0.115
2001	1.00	1.13	0.88	0.95	1.08	1.05	1.13	1.03	0.131
Średnia Mean	1.07	1.21	0.99	1.13	1.12	1.07	1.12	1.10	0.112

Wapń pełni w roślinie funkcję regulatora intensywności pobierania i transportu składników mineralnych. Jego niedostatek w podłożu powoduje zanik selektywności w pobieraniu jonów. Średnia zawartość wapnia w ziarnie owsa wynosiła  $7,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 4). Wprawdzie na ogół nie stwierdzono istotnych różnic między zawartością omawianego składnika w ziarnie z poszczególnych obiektów doświadczalnych, jednakże należy podkreślić, że w wyniku zastosowanego nawożenia zawartość wapnia w ziarnie była niższa w porównaniu z obiektem nienawożonym. W największym stopniu zmniejszała się ona pod wpływem stosowania manganu i molibdenu, różnice – w porównaniu z obiektem kontrolnym – dla obydwu obiektów wynosiły 13,3%.

Tabela 4  
Table 4Zawartość wapnia w ziarnie owsa  
Calcium content in oat grain ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Rok Year	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B	Średnia Mean	NIR LSD
1999	0.90	0.85	0.75	0.85	0.72	0.80	1.00	0.84	n.i. n.s.
2000	0.70	0.60	0.67	0.65	0.55	0.45	0.58	0.60	0.154
2001	0.88	0.85	0.85	0.83	0.88	0.90	0.90	0.87	n.i. n.s.
Średnia Mean	0.83	0.77	0.76	0.77	0.72	0.72	0.82	0.77	0.142

Oddziaływanie nawozów mikroelementowych na kształtowanie się składu chemicznego ziarna owsa znalazło potwierdzenie w zmianach stosunku sumy zawartości kationów jednowartościowych do dwuwartościowych (tab. 5). Wartość tego stosunku jest wynikiem utrzymujących się roślinie antagonizmów jonowych. Np. w gospodarce wodnej wpływ wapnia jest antagonistyczny w stosunku do potasu

Tabela 5  
Table 5Stosunek sumy kationów jednowartościowych do dwuwartościowych  
Ratio of the total of univalent cations to the total of divalent cations

Rok Year	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B	Średnia Mean	NIR LSD
1999	1.33	1.45	1.56	1.36	1.38	1.45	1.37	1.42	n.i. n.s.
2000	1.16	1.03	1.49	1.31	1.50	1.56	1.25	1.33	0.191
2001	1.56	1.44	1.67	1.63	1.45	1.48	1.43	1.52	0.182
Średnia Mean	1.35	1.31	1.57	1.43	1.44	1.50	1.35	1.42	0.177

(LITYŃSKI, JURKOWSKA 1992). Oddziaływanie wapnia na transpirację może być uzależnione od proporcji między zawartością tego pierwiastka a zawartością potasu i sodu. Właściwe relacje ilościowe między jonami mogą mieć duże znaczenie ze względów żywieniowych w roślinach zbożowych o przeznaczeniu paszowym i konsumpcyjnym, do jakich zalicza się owies (WRÓBEL 2000). W badaniach wykazano, że jedynie nawożenie miedzią powodowało istotny wzrost omawianego stosunku między kationami jedno- i dwuwartościowymi. Było to następstwem wyraźnego oddziaływania tego pierwiastka na zawartość potasu oraz wapnia i magnezu w ziarnie owsa. Należy podkreślić, że zastosowanie tylko wieloskładnikowego nawozu Gama powodowało obniżenie wartości omawianego parametru.

## WNIOSKI

1. Stosowanie nawożenia pojedynczymi mikroelementami lub wieloskładnikowym Mikrochelatem Gama wywierało największy wpływ na zawartość potasu w ziarnie owsa. Dolistne stosowanie miedzi, cynku i molibdenu powodowało istotny wzrost średniej zawartości tego pierwiastka, w porównaniu z obiektem nienawożonym, odpowiednio o 8,0%, 8,2% i 7,5%.

2. Nawożenie mikroelementami na ogół nie różnicowało istotnie zawartości sodu i wapnia w ziarnie owsa.

3. Nawożenie wieloskładnikowym nawozem Mikrochelate Gama powodowało istotne zwiększenie, średnio o 13,1%, zawartości magnezu w ziarnie owsa, w porównaniu z obiektem nienawożonym.

4. Zastosowanie miedzi powodowało, statystycznie potwierdzony, wzrost stosunku sumy kationów jedno- do dwuwartościowych, w porównaniu z obiektem kontrolnym, natomiast konsekwencją nawożenia wieloskładnikowym nawozem Mikrochelate Gama było zmniejszenie wartości tej relacji.

---

**PIŚMIENNICTWO**

- GRZYWNOWICZ-GAZDA Z. 1983. *Wpływ niektórych mikroelementów na zawartość i plon białka w ziarnie jęczmienia jarego*. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 238, 101-107.
- LITYŃSKI T., JURKOWSKA H. 1992. *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. PWN, Warszawa.
- MICHAŁOJCZ Z., SZEWCZUK C. 2003. *Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin*. Acta Agrophysica, 85, 9-17.
- RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS U. 1996. *Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów*. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 434: 1-11.
- SPIAK Z. 2000. *Mikroelementy w rolnictwie*. Zesz. Prob. Nauk Rol., 471: 29-34.
- WOJCIESKA U. 1985. *Rola mikroelementów w kształtowaniu fotosyntetycznej produktywności roślin*. Post. Nauk Rol., 6: 10-24.
- WRÓBEL S. 2000. *Poziom plonowania krajowych odmian produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach*. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 471: 609-617.
- ZIĘTECKA M. 1989. *Wpływ nawożenia azotem i miedzią na wielkość i skład chemiczny plonu pszenicy ozimej*. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 325: 71-77.

**Bożena Barczak, Krystian Nowak, Wojciech Kozera, Edward Majcherczak**

**WPLYW NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI NA ZAWARTOŚĆ KATIONÓW  
W ZIARNIE OWSA**

Słowa kluczowe: owies, mikroelementy, kationy, potas, wapń, sód, magnez.

Abstrakt

Jednoczynnikowe doświadczenie polowe, będące podstawą badań, założono metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach, na glebie płowej właściwej, klasy bonitacyjnej III b. Czynnikiem doświadczenia, w którym uprawiano owies odmiany Komes, był rodzaj nawożenia mikroelementowego. Stosowano dolistnie pojedyncze mikroelementy (Zn, Mn, Cu, B, Mo) w formie soli nieorganicznych oraz wieloskładnikowy nawóz Mikrochelat Gama, zawierający pierwiastki w formie schelatowanej. Wykazano, że zastosowane nawożenie największy wpływ wywierało na zawartość potasu w ziarnie owsa. W wyniku dolistnego stosowania miedzi, cynku i molibdenu stwierdzono istotny wzrost średniej zawartości tego pierwiastka – w porównaniu z obiektem nienawożonym – odpowiednio o 8,0%, 8,2% i 7,5%. Wykazano, że tylko nawożenie wieloskładnikowym nawozem Gama powodowało istotne zwiększenie zawartości magnezu w ziarnie owsa, średnio o 13,1%. Natomiast nawożenie mikroelementami na ogół nie różnicowało istotnie zawartości sodu i wapnia w ziarnie owsa. Zastosowanie miedzi powodowało – w porównaniu z obiektem kontrolnym – statystycznie potwierdzony wzrost stosunku sumy kationów jedno- do dwuwartościowych, natomiast konsekwencją nawożenia wieloskładnikowym nawozem Gama było zmniejszenie wartości tej relacji.

## EFFECT OF FERTILIZATION WITH MICROELEMENTS ON THE CONTENT OF CATIONS IN OAT GRAIN

Key words: oat, microelements, cations, potassium, sodium, calcium, magnesium.

### Abstract

The study has been based on a one-factor field experiment using the method of randomized blocks with three repetitions on proper fallow soil of IIIb bonitation class. The factor of the experiment was the type of microelement fertilization. Foliar application of individual microelements (Zn, Mn, Cu, B, Mo) in the form of inorganic soils was tested, and a preparation called Mikrohelat Gama was used as a multi-component fertilizer with chelated constituents. The study revealed that the fertilization applied had the strongest effect on the content of potassium in oat grain. Foliar application of copper, zinc and molybdenum significantly increased the average content of the elements by: 8.0%, 8.2% and 7.5%, respectively, in comparison to the non-fertilized object. It was shown that fertilization with the multi-component Gama fertilizer resulted in a significant increase in the content of magnesium in oat grain, on average by 13.1%, whereas fertilization with individual microelements generally did not differentiate significantly the content of sodium and calcium in oat grain. The use of copper resulted in a statistically proven increase in the ratio of the total of univalent cations to the total of divalent ones with reference to the control object, whereas the use of the multi-component Gama fertilizer decreased this ratio.

**Zdzisław Koszański<sup>1</sup>, Ewa Rumasz-Rudnicka,  
Cezary Podsiadło**

## **WPLYW NAWADNIANIA KROPOWEGO I NAWOŻENIA MINERALNEGO NA JAKOŚĆ OWOCÓW TRUSKAWKI**

**Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania  
Akademia Rolnicza w Szczecinie**

### **WSTĘP**

Zawartość składników mineralnych w roślinach sadowniczych jest ważna zarówno z punktu widzenia agrotechniki, jak i żywienia człowieka. Nieodpowiedni ich poziom lub wadliwy stosunek bywa niejednokrotnie przyczyną zmniejszenia plonów oraz obniżenia ich jakości. Zarówno nawożenie mineralne, jak i nawadnianie mogą zmienić metabolizm roślin. W dotychczasowej literaturze większość opracowań dotyczy wpływu nawożenia (LENARTOWICZ 1973, ALBREGTS, HOWARD 1988, JUNG, LEE 1989, WIJSMUELLER 1989, KOPAŃSKI, KAWECKI 1994), natomiast informacji na temat zmian składu chemicznego truskawki w zależności od nawadniania jest stosunkowo niewiele i są często rozbieżne (SZEWCZUK i in. 1994, ROLBIECKI, RZEKANOWSKI 1997, KOSZAŃSKI i in. 2000, TREDER 2003). Konieczne jest więc poznanie oddziaływania tych czynników na jakość owoców roślin sadowniczych, wśród których szczególne miejsce zajmuje truskawka. Celem badań było określenie wpływu nawadniania kropkowego i nawożenia mineralnego na zawartość azotu, azotanów, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, żelaza, cynku, cukrów i witaminy C w owocach trzech odmian truskawki.

---

prof. dr hab. Zdzisław Koszański, Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania, Akademia Rolnicza w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin; Agricultural University in Szczecin, Department of Plant Cultivation and Irrigation, Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Poland., e-mail: zkoszanski@agro.ar.szczecin.pl

## MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2001–2003 w SD Lipnik, na glebie brunatnej kwaśniej, kompleksu żytznego dobrego i klasy bonitacyjnej IVb. Zawartość C – organicznego w warstwie ornej wynosiła 1,1–1,4%, przyswajalnych form fosforu 7,4–8,3 mg·100g<sup>-1</sup>, potasu 8,7–10,5 mg·100g<sup>-1</sup>, części spławialnych 11–14%. Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach według modelu split-blok i split-plot.

Schemat doświadczenia uwzględniał trzy czynniki: wodny, odmianowy i nawozowy. Czynniki wodny: 0 – bez nawadniania, W – nawadniany. Rośliny nawadniano w przypadku obniżeniu wody zgromadzonej w 25 – cm warstwie gleby poniżej 70% PPW. Potrzebę nawadniania określono na podstawie wskazań tensjometrów. Do nawodnień używano linii kroplącej o rozstawie emiterów co 30 cm i wydajności 2.4 l·h<sup>-1</sup>. W poszczególnych latach zastosowano następujące dawki wody: 2001 r. – 60 mm, 2002 r. – 80 mm, 2003 r. – 46 mm. Czynniki odmianowy uwzględniał trzy odmiany: Elsanta, Elkat, Senga Sengana. Czynniki nawozowy: 0NPK, 1NPK – 220 kg·ha<sup>-1</sup> (40+80+100). Rośliny uprawiano w rozstawie 30x50 cm. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 6 m<sup>2</sup>. W owocach, każdego roku, oznaczano: azot ogólny – metoda Kjeldahla, azot azotanowy – potencjometrycznie, fosfor – kolorymetrycznie, magnez – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej, wapń i potas – fotometrycznie, żelazo i cynk – metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej, cukier – metodą Luffa-Schoorla, witaminę C – metodą miareczkową z 2.6-dichlorofenoloindofenolem. Uzyskane wyniki oceniono statystycznie testem Duncan.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W owocach badanych odmian truskawki (tab. 1) wykazano podobną zawartość azotu i potasu. Spośród ocenionych odmian, owoce odmiany Elsanta wyróżniały się istotnie większą ilością azotanów i fosforu, a odmiany Senga Sengana – magnezu, wapnia i żelaza. Skład chemiczny roślin zależy nie tylko od cech genetycznych, ale może być modyfikowany przez czynniki zewnętrzne, jak np. nawadnianie i nawożenie. Niedobór wody w glebie wywołany brakiem opadów atmosferycznych, a niekiedy bardzo niską zdolnością retencyjną gleby, zwłaszcza lekkiej, prowadzi do deficytu wodnego roślin. U podstaw zmian fizjologicznych wywołanych deficytem wodnym w roślinach leżą najczęściej procesy biochemiczne odpowiedzialne nie tylko za wzrost, rozwój, plonowanie, ale także za jakość plonów (KOSZAŃSKI 1991). W przeprowadzonym doświadczeniu oddziaływanie nawożenia na zawartość składników mineralnych w owocach truskawki było różne (tab. 1). W wyniku nawadniania w istotny sposób w owocach ocenianych odmian truskawki zwiększyła się zawartość fosforu i potasu. Wyższa zawartość fosforu i potasu

Tabela 1  
Table 1

Zawartość składników mineralnych w suchej masie owoców truskawki, zależnie od nawadniania (średnia z trzech lat)  
Content of mineral compounds in strawberry fruit dry matter, depending on irrigation (3-year mean)

Składnik Component	Nawadnianie* Irrigation	Odmiana Cultivar			Średnio Mean	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
		Elsanta	Elkant	Senga Sengana		
N (g·kg <sup>-1</sup> )	O	16.5	16.0	15.9	16.1	0.05
	W	15.4	15.2	15.0	15.1	
	średnio – mean	15.9	15.6	15.4	15.6	
N-NO <sub>3</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )	O	355	237	270	287	20
	W	330	217	240	262	
	średnio – mean	342	227	255	275	
P (g·kg <sup>-1</sup> )	O	2.67	2.58	2.41	2.55	0.31
	W	3.33	2.90	3.19	3.14	
	średnio – mean	3.00	2.74	2.80	2.85	
K (g·kg <sup>-1</sup> )	O	11.3	11.3	11.0	11.2	0.7
	W	11.9	12.7	13.9	12.8	
	średnio – mean	11.6	12.0	12.4	12.0	
Ca (g·kg <sup>-1</sup> )	O	2.23	1.83	2.71	2.66	r.n. / n.s.
	W	2.55	1.91	2.82	2.33	
	średnio – mean	2.24	1.87	2.76	2.29	
Mg (g·kg <sup>-1</sup> )	O	1.28	0.91	1.26	1.15	0.91
	W	0.90	0.62	1.00	0.84	
	średnio – mean	1.09	0.76	1.13	1.00	
Fe (mg·kg <sup>-1</sup> )	O	110	100	185	132	r.n. / n.s.
	W	100	96	163	120	
	średnio – mean	105	98	174	126	
Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	O	28	22	26	25	r.n. n.s.
	W	32	27	29	29	
	średnio – mean	30	24	27	27	

\* O – nienawadniane – not irrigated, W – nawadniane – irrigated

w roślinach nawadnianych może być wynikiem wzmożonego przepływu tych składników z wodą na skutek dyfuzji. Także w korzystnych warunkach wilgotnościowych powstają okoliczności sprzyjające uruchamianiu fosforu i potasu z trudno rozpuszczalnych połączeń glebowych. W warunkach nawadniania w owocach truskawki stwierdzono istotne zmniejszenie ilości azotu i azotanów (tab. 1). KOSZAŃSKI i in. (2000) uważają, że reduktaza azotanowa jest odpowiedzialna za uaktyw-

nienie procesu wbudowywania azotanów w związki białkowe. Jest ona bardzo wrażliwa na deficyt wody, jej aktywność szybko maleje już przy niewielkim braku wody (KARCZMARCZYK i in. 1999). W związku z tym poprawa warunków wodnych zwiększa aktywność reduktazy azotanowej i zmniejsza ilość azotanów w roślinie. Również owoce truskawki nawadnianej wyróżniały się istotnie niższą zawartością magnezu (tab. 1).

Gleby lekkie z natury charakteryzują się małą zawartością magnezu, a w wyniku nawadniania i nawożenia NPK, jak wykazał KOSZANSKI (1991), może znacznie zmniejszyć się jego zawartość w warstwie ornej, a wzrosnąć w głębszych warstwach gleby. Z tych powodów często na glebach lekkich w warstwach nawadnianych zauważa się niedobór magnezu i znaczne zmniejszenie jego ilości w roślinach. Kolejnym czynnikiem, oprócz nawadniania, zmieniającym skład chemiczny roślin jest nawożenie mineralne. Zwiększone nawożenie NPK (tab. 2) w istotny sposób oddziaływało na wzrost w owocach truskawki azotu, azotanów, fosforu, potasu, wapnia i żelaza, natomiast nie zmniejszało zawartości cynku i magnezu.

Tabela 2  
Table 2

Zawartość składników mineralnych w suchej masie owoców truskawki, zależnie od nawadniania (średnia z trzech lat)  
Content of mineral compounds in strawberry fruit dry matter, depending on fertilization (3-year mean)

Poziom nawożenia Fertilization levels	N (g · kg <sup>-1</sup> )	N-NO <sub>3</sub> (mg · kg <sup>-1</sup> )	P (g · kg <sup>-1</sup> )	K (g · kg <sup>-1</sup> )	Ca (g · kg <sup>-1</sup> )	Mg (g · kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg · kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg · kg <sup>-1</sup> )
0 NPK	13.4	231	2.59	11.5	2.11	1.10	120	25
1 NPK	17.8	320	3.10	12.6	2.48	0.92	132	29
NIR <sub>0.05</sub> LSD <sub>0.05</sub>	1.4	23	0.35	0.18	0.30	r.n. / n.s.	12	r.n. / n.s.

\* O – nienawadniane – not irrigated, W – nawadniane – irrigated

Analizując zawartość cukrów w owocach ocenianych odmian truskawki (tab. 3), stwierdzono, że odmiana Senga Sengana zawierała ich istotnie więcej niż pozostałe odmiany. Zarówno nawadnianie, jak i zwiększona dawka nawozów NPK zmniejszyły w owocach truskawki ilość cukrów. Badane odmiany nie różniły się pod względem zawartości witaminy C (tab. 4). Nawadnianie w sposób istotny sprzyjało gromadzeniu w owocach witaminy C, natomiast zwiększona dawka nawozów mineralnych przyczyniła się do jej zmniejszenia.

Dane w literaturze na temat wpływu nawadniania i nawożenia mineralnego na zawartość cukrów i witaminy C w roślinach są rozbieżne. Zdaniem JABŁOŃ-



Tabela 3  
Table 3Zawartość cukrów w świeżej masie owoców truskawki (średnia z trzech lat, g·100 g<sup>-1</sup>)  
Sugar content in strawberry fruit fresh matter (3-year mean, g·100 g<sup>-1</sup>)

Objekt* Object	Odmiana – Cultivar			Średnio Mean	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	
	Elsanta	Elkant	Senga Sengana			
Nawadnianie Irrigation	0 W	0.857 0.679	0.773 0.683	0.950 0.906	0.860 0.756	0.051
Nawożenie Fertilization	0 NPK 1 NPK	0.838 0.698	0.766 0.690	0.998 0.857	0.867 0.748	0.062
Średnio Mean		0.768	0.728	0.928	0.808	0.125

\* O – nienawadniane – not irrigated, W – nawadniane – irrigated

Tabela 4  
Table 4Zawartość witaminy C w świeżej masie owoców truskawki (średnia z trzech lat, g·100 g<sup>-1</sup>)  
Vitamin C content in strawberry fruit fresh matter (3-year mean, g·100 g<sup>-1</sup>)

Objekt* Object	Odmiana – Cultivar			Średnio Mean	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	
	Elsanta	Elkant	Senga Sengana			
Nawadnianie Irrigation	0 W	46.1 49.7	46.5 48.7	45.8 49.2	46.1 49.2	2.3
Nawożenie Fertilization	0 NPK 1 NPK	50.5 45.3	51.3 44.0	48.7 46.3	50.2 45.2	3.3
Średnio Mean		47.9	47.6	47.5	47.7	r.n. / n.s.

\* O – nienawadniane – not irrigated, W – nawadniane – irrigated

SKIEJ-CEGLAREK (1989), gromadzenie cukrów i witaminy C zależy nie tylko od ilości wody zastosowanej do nawadniania, ale i od udziału czynników klimatycznych, edaficznych, agrotechnicznych, a nawet odmiany.

## WNIOSKI

1. Owoce badanych odmian truskawki gromadziły podobne ilości azotu, potasu i witaminy C. W owocach odmiany Elsanta istotnie więcej było azotanów i fosforu, a u odmiany Senga Sengana wapnia, magnezu, żelaza i cukrów.

2. Zastosowane zabiegi agrotechniczne powodowały zmiany w składzie chemicznym owoców truskawki. Nawadnianie istotnie zwiększyło w owocach zawartość fosforu, potasu i witaminy C, natomiast zmniejszyło ilość azotu, magnezu, cukru oraz azotanów. Zwiększone nawożenie NPK zmniejszyło w owocach zawartość magnezu i cynku, ale wydatnie zwiększyło ilość azotu, azotanów, fosforu, potasu, wapnia i żelaza.

## PIŚMIENNICTWO

- ALBREGTS E.E., HOWARD C.M. 1988. *Fertilizer rate and method of application on fruiting strawberry*. Proc of the Florida Hort. Societ., 100: 198-200.
- JABŁOŃSKA-CEGLAREK R., 1989. *Wpływ nawadniania, nawożenia obornikiem, nawożenia mineralnego oraz uprawy po poplonach na wartość odżywczą kapusty białej późnej i selera korzeniowego*. Biul. Warz. XXV Inst. Warzyw. Skierniewice, 109-124.
- JUNG T.S., LEE K.H., 1989. *The effect of  $NH_4$  i  $N-NO_3$  ratio on the growth, nitrogen concentration and Ca, Mg and K composition of strawberries grown in nutrient solution*. Korean Soc. for Hort. Sci., 7(1): 62-63.
- KOPIŃSKI K., KAWECKI K. 1994. *Nawożenie azotowe a wzrost i plonowanie truskawki w warunkach Żuław Wiślanych. Cz. III. Plonowanie roślin i skład chemiczny owoców*. Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., 58: 136-142.
- KOSZAŃSKI Z. 1991. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie roślin uprawianych w zmianowaniu na glebie kompleksu żytnej i pszennej dobrej*. Rozprawy 133, Szczecin.
- KOSZAŃSKI Z., KARCZMARCZYK S., RUMASZ-RUDNICKA E., HERMAN B. 2000. *Influence of irrigation and mineral fertilization on some physiological processes and yield of strawberry*. 12<sup>th</sup> Congress FESPP, Plant Physiol. Biochem., Supl. 38: 142.
- LENARTOWICZ W. 1973. *Wpływ nawożenia na skład chemiczny owoców truskawki. Cz. I Wpływ nawożenia na zawartość związków mineralnych w owocach truskawek*. Pr. Inst. Sad., 15: 197-209.
- ROLBIECKI R., RZEKANOWSKI Cz. 1997. *Influence of sprinkler and drip irrigation on the growth and yield of strawberries grown on sandy soil*. Acta Hort., 439: 669-671.
- SZEWCUK A., SOSNA I., LICZNER M. 1994. *Efekty nawadniania różnych kultur sadowniczych w warunkach Dolnego Śląska. Projektowanie i eksploatacja mikronawodnień*. III Kraj. Konf. Nauk.-Tech. PAN i SGGW, 58-67.
- TREDER W. 2003. *Nawadnianie plantacji jako czynnik warunkujący jakość owoców*. Ogólnopol. Konf. truskawkowa. Inst. Sad. i Kwiat. Skierniewice, 88-92.
- WIJSMUELLER J. 1989. *Aardbei. Meer stikstof geven leidt niet tot nogere produktie*. Groet. Fruit., 44: 82-83.

**Zdzisław Koszański, Ewa Rumasz-Rudnicka, Cezary Podsiadło**

## WPLYW NAWADNIANIA KROPOWEGO I NAWOŻENIA MINERALNEGO NA JAKOŚĆ OWOCÓW TRUSKAWKI

Słowa kluczowe: truskawka, nawadnianie, nawożenie NPK, składniki mineralne, witamina C, cukier.

---

Abstrakt

Truskawkę odmiana Elsanta, Elkat, Senga Sengana uprawiano na glebie lekkiej w zróżnicowanych warunkach wodnych i nawozowych. Oceniane odmiany truskawki gromadziły w owocach podobne ilości azotu, potasu i witaminy C. W owocach odmiany Elsanty więcej było azotanów i fosforu, a u odmiany Senga Sengana – wapnia, magnezu, żelaza i cukrów. Nawadnianie zwiększyło w owocach zawartość fosforu, potasu i witaminy C, natomiast zubożyło owoce w azot, azotany, magnez oraz cukry. Zwiększone nawożenie NPK zmniejszyło w owocach truskawki ilość witaminy C i cukrów, ale wydatnie zwiększyło ilość azotu, azotanów, fosforu, potasu, wapnia i żelaza.

**INFLUENCE OF DRIP IRRIGATION AND MINERAL FERTILIZATION  
ON THE QUALITY OF STRAWBERRY FRUIT**

Key words: strawberry, irrigation, NPK, vitamin C, sugar.

Abstract

Strawberries of cv Elsanta, Elkat and Senga Sengana were grown on sandy soil, under various water and fertilizer regimes. The fruit of the three cultivars contained similar amounts of nitrogen, potassium, calcium, magnesium, iron and sugar. Cultivar Elsanta accumulated more nitrates and phosphorus, whereas Senga Sengana fruit contained more calcium, magnesium, iron and sugar. Irrigation treatments increased the content of phosphorus, potassium and vitamin C, but decreased that of nitrogen, nitrates, magnesium and sugar. A high level of mineral fertilizer caused a decrease in vitamin C and sugar in the fruit, but the content of nitrogen, nitrates, phosphorus, potassium, magnesium and iron increased.



**Wojciech Kozera, Krystian Nowak,  
Edward Majcherczak, Bożena Barczak**

## **ODDZIAŁYWANIE DOLISTNEGO NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI NA ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENTÓW W BULWACH ZIEMNIAKA**

**Katedra Chemii Rolnej  
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy**

### **WSTĘP**

Spośród wielu czynników wpływających na zawartość składników mineralnych w bulwach ziemniaka za jeden z najważniejszych uważa się nawożenie. Nawożenie to również stosowanie, zwłaszcza dolistne, mikroelementów, które pełnią wiele ważnych funkcji fizjologicznych w roślinie i mogą sprzyjać uzyskaniu plonu o dobrej jakości. W związku z tym interesujące wydaje się określenie wpływu dolistnego stosowania mikroelementów na skład chemiczny plonu bulw ziemniaka.

Celem trzyletnich badań polowych była ocena oddziaływania dolistnego nawożenia mikroelementami w postaci schelatowanego nawozu wieloskładnikowego oraz poszczególnych mikroelementów na zawartość makroelementów w bulwach ziemniaka i proporcje między nimi.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1999-2001 w Terenowej Stacji Badawczej ATR, położonej w Wierzchucinku k. Bydgoszczy. Jednoczynnikowe doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na glebie płowej typowej. Glebę zaliczono do klasy bonitacyjnej IIIb, zasobność w przyswajalne formy fosforu, potasu, cynku, manganu, molibdenu i boru była średnia. Tylko zawartość miedzi oszacowano jako niską. W każdym roku przedplonem dla ziemniaka odmiany Mila był owies.

W doświadczeniu do opryskiwania roślin zastosowano następujące formy mikroelementów, które były zarazem obiektami doświadczenia:  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (30 g  $\text{Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (45 g  $\text{Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (25 g  $\text{Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (4,5 g  $\text{Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (20 g  $\text{B} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Kolejnym obiektem doświadczenia był obiekt opryskiwany wieloskładnikowym nawozem Gama, który zawierał, oprócz Zn, Mn, Cu, Mo i B, również Fe i Mg. Dawki stosowanych soli i wieloskładnikowego nawozu ( $5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) ustalono na takim poziomie, by ilość odpowiednich mikroelementów w pojedynczych solach i w nawozie wieloskładnikowym była jednakowa. Na obiekcie kontrolnym nie stosowano nawożenia mikroelementami.

Na całej powierzchni doświadczenia zastosowano jednolite nawożenie mineralne. Przed sadzeniem ziemniaków wysiano jednorazowo  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $25 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz  $100 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Zastosowano również obornik w dawce  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Powierzchnia poletek do sadzenia wynosiła  $24 \text{ m}^2$ , a do zbioru –  $20,25 \text{ m}^2$ . Z poletek pobrano średnie próbki laboratoryjne w ilości ok. 5 kg bulw, w których oznaczono zawartość fosforu ogólnego metodą kolorymetryczną, zawartość magnezu metodą ASA oraz zawartość potasu, sodu i wapnia metodą fotometrii płomieniowej. Na podstawie uzyskanych wyników określono stosunek sumy kationów jednowartościowych do sumy kationów dwuwartościowych  $(\text{K}+\text{Na}):(\text{Mg}+\text{Ca})$  w bulwach.

Wyniki badań poddano analizie wariancji, weryfikując je za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W badaniach wykazano wyraźne oddziaływanie zastosowanego nawożenia na zawartość makroelementów w bulwach ziemniaka (tab. 1). W wyniku dolistnego opryskiwania miedzią, borem, manganem, a także wieloskładnikowym nawozem, stwierdzono istotne zmniejszenie zawartości potasu w bulwach. Bulwy ziemniaka zawierają ponad 1% związków mineralnych, wśród których dominują: potas, fosfor, magnez i wapń. Pierwiastki te pełnią ważne funkcje budulcowe i fizjologiczne

Tabela 1  
Table 1

Zawartość makroelementów w bulwach ziemniaka w zależności od zastosowanego nawożenia mikroelementami (średnie z trzech lat badań)  
 Macroelements content in potato tubers according to the type of microelement fertilization (means from three years of study)

Parametr Parameter	Obiekty nawozowe – Fertilization objects							Średnia Mean	NIR <sub>0.05</sub> LSD <sub>0.05</sub>
	kontrolny control	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
Zawartość K (g kg <sup>-1</sup> s.m.) K content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	20.82	20.06	20.24	20.51	20.01	20.82	20.09	20.36	0.566
Zawartość P (g kg <sup>-1</sup> s.m.) P content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	2.28	2.47	2.13	2.23	2.37	2.15	2.28	2.27	0.166
Zawartość Na (g kg <sup>-1</sup> s.m.) Na content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	0.52	0.56	0.54	0.62	0.50	0.52	0.51	0.54	0.101
Zawartość Ca (g kg <sup>-1</sup> s.m.) Ca content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	0.66	0.76	0.66	0.73	0.70	0.71	0.76	0.71	0.089
Zawartość Mg (g kg <sup>-1</sup> s.m.) Mg content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	1.12	1.18	1.23	1.13	1.26	1.18	1.08	1.17	0.108
(K+Na) / (Mg+Ca)	4.55	4.07	4.13	4.48	3.97	4.39	4.36	4.28	0.319

(LESZCZYŃSKI 1994, 2000). Według tego autora, spożycie 200 g ziemniaków pokrywa 20–30% dziennego zapotrzebowania człowieka na potas. Najwyższą zawartość fosforu uzyskano w bulwach z obiektu, na którym stosowano mikroelementy w formie schelatowanego nawozu. Bulwy ziemniaka z tego obiektu zawierały o 8,3% fosforu ogólnego więcej niż zebrane z obiektu nienawożonego. Na ważną rolę wieloskładnikowych nawozów w kształtowaniu składu chemicznego bulw ziemniaka wskazują również badania JABŁOŃSKIEGO i DRYJAŃSKIEJ (1998). Cytowani autorzy uzyskali wzrost zawartości fosforu, a także potasu pod wpływem dolistnego nawożenia Wuxalem. Również w badaniach Boligłowy (1995) zastosowany dolistnie Agrosol-K powodował wzrost zawartości tych makroelementów w bulwach. W dotychczasowych opracowaniach niewiele jest badań dotyczących wpływu dolistnego nawożenia ziemniaka, zwłaszcza pojedynczymi mikroelementami, na kumulację makroelementów w bulwach. Zróznicowanie efektów tego zabiegu jest spowodowane różnym składem chemicznym stosowanych nawozów dolistnych, a także różną liczbą oprysków w okresie wegetacji. Na istotność tego zagadnienia zwracają uwagę SZEWCZUK i MICHAŁOJĆ (2003), podkreślając różnice w skrajnych zawartościach niektórych składników stosowanych w nawozach wieloskładnikowych zalecanych pod tę samą roślinę.

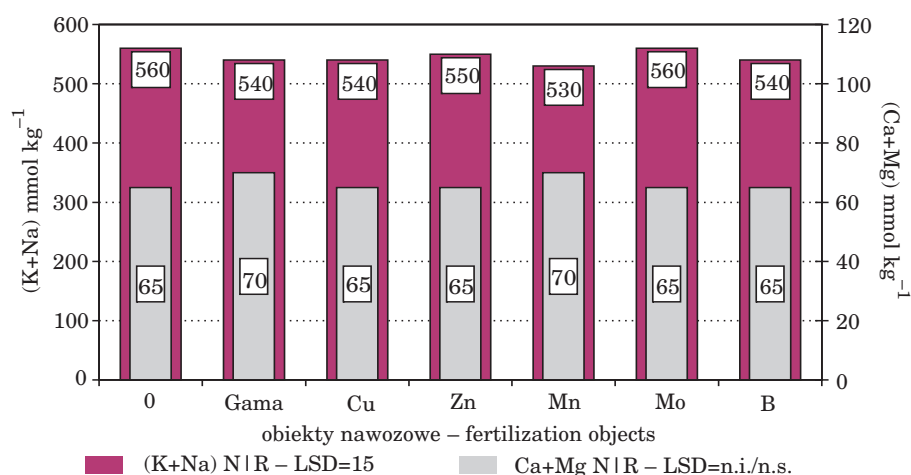
W badaniach własnych dolistna aplikacja wieloskładnikowego nawozu oraz boru powodowała istotny wzrost zawartości wapnia w bulwach ziemniaka (o 15,2%) w porównaniu z obiektem kontrolnym. Należy zauważyć, że zastosowane nawożenie mikroelementami obniżyło zawartość potasu w bulwach, przyczyniając się do wzrostu zawartości wapnia, będącego antagonistą potasu. Wartość

odżywcza ziemniaków wynika z ich składu chemicznego, który zależy również od uwarunkowań genetycznych, siedliskowych i uprawowych (LESZCZYŃSKI 1994).

Ważnym składnikiem bulw ziemniaka jest magnez. Jego obecność w roślinie warunkuje podstawowe procesy przemiany materii i energii. W wyniku zastosowania miedzi uzyskano istotny wzrost zawartości magnezu, którego koncentracja wzrosła o 9,8%, w porównaniu z zawartością w bulwach zebranych z obiektu nienawożonego. Magnez nie tylko bierze udział w ok. 300 reakcjach enzymatycznych, ale stanowi aktywne centrum cząsteczki chlorofilu (RUDZIŃSKA-MEKAL, MIKOS-BIELAK 2001). Miedź natomiast odgrywa zasadniczą rolę w jego powstawaniu i stabilizacji.

W badaniach własnych stwierdzono także wyraźny wzrost zawartości sodu w bulwach pod wpływem dolistnej aplikacji cynku. W efekcie zastosowania tego mikroelementu uzyskano o 19,2% sodu więcej w bulwach w stosunku do obiektu kontrolnego. Fizjologiczna rola sodu w roślinach nie jest w pełni poznana. Pierwiastek ten według fizjologów, podobnie jak cynk, bierze udział w przemianach związków azotowych w roślinie. W badaniach prowadzonych nad burakiem cukrowym jego wpływ na wielkość powierzchni asymilacyjnej liści ujawnił się dopiero w warunkach deficytu potasu (PHILIPS, CHINY 1995).

Jakość zbieranych plonów roślin określa się nie tylko na podstawie optymalnych zawartości poszczególnych pierwiastków. Duże znaczenie w ocenie wartości odżywczej ziemniaków, oprócz zawartości makroelementów, mają relacje między nimi (KRZYWY i in. 2002). Rozszerzające się proporcje między kationami jedno- i dwuwartościowymi prowadzą do zakłóceń w odżywianiu roślin, czego konsekwencją jest obniżenie jakości bulw. Ziemniak pobiera szczególnie dużo potasu, co prowadzi do dysproporcji i ograniczenia pobierania takich makroelementów,



Rys. 1. Suma zawartości kationów jednowartościowych i dwuwartościowych w bulwach ziemniaka

Fig. 1. Sum of univalent and bivalent cations in potato tubers



jak sód, wapń i magnez. Na podstawie badań stwierdzono, że nawożenie manganem, miedzią, borem i wieloskładnikowym nawozem spowodowało istotne obniżenie wartości sumy kationów jednowartościowych (rys. 1). Wyraźne zawężenie stosunku molowego sumy kationów jednowartościowych do sumy kationów dwuwartościowych  $(K+Na):(Mg+Ca)$  nastąpiło po zastosowaniu dolistnym manganu, miedzi i wieloskładnikowego nawozu (tab. 1). Należy podkreślić, że najniższa wartość omawianego stosunku wystąpiła w bulwach opryskiwanych wodnym roztworem soli manganu, co wynika z niekorzystnego wpływu tego pierwiastka na zawartość potasu i sodu w ziemniaku. Nawożenie pozostałymi mikroelementami na ogół obniżało zawartość potasu w bulwach w stosunku do obiektu nieopryskiwanego. Niższa zawartość potasu w pewnym stopniu zwiększyła koncentrację wapnia i magnezu, a to z kolei umożliwiło obniżenie stosunku molowego sumy kationów jednowartościowych do sumy kationów dwuwartościowych.

## WNIOSKI

1. Dolistne nawożenie mikroelementami korzystnie oddziaływało na zawartość magnezu, wapnia i sodu w bulwach ziemniaka.
2. Wyraźny wzrost zawartości magnezu, wapnia i sodu w bulwach ziemniaka uzyskano po dolistnym zastosowaniu miedzi, boru i cynku, natomiast istotne zmniejszenie zawartości potasu nastąpiło pod wpływem nawożenia manganem, borem i miedzią.
3. Opryskiwanie ziemniaka mikroelementami w formie wieloskładnikowego nawozu Gama przyczyniło się do istotnego wzrostu zawartości fosforu ogólnego i wapnia oraz obniżenia zawartości potasu.
4. Nawożenie manganem, miedzią i wieloskładnikowym nawozem zawężyło stosunek sumy kationów jednowartościowych do sumy kationów dwuwartościowych w bulwach ziemniaka.

## PIŚMIENNICTWO

- BOLIGŁOWA E. 1995. *Wpływ dolistnego dokarmiania na plonowanie i jakość bulw ziemniaka*. Rozpr. Nauk. WSR-P, Siedlce, 41–79 ss.
- JABŁOŃSKI K., DRYJAŃSKA M. 1998. *Wpływ dolistnego dokarmiania ziemniaków preparatami typu Wuxal na plon i jego strukturę oraz skład chemiczny bulw*. Fol. Univ. Agric. Stetin., 190 (72): 115-121.
- KRZYWY J., BARAN S., KRZYWY E. 2002. *Wpływ nawozów jednoskładnikowych i wieloskładnikowych na kształtowanie stosunków jonowych K:Mg, K:(Mg+Ca), Ca:P oraz N:S w roślinach uprawnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 484: 317-323.
- LESZCZYŃSKI W. 1994. *Ziemniak jako produkt spożywczy*. Post. Nauk Rol., 1: 15-29.
- LESZCZYŃSKI W. 2000. *Jakość ziemniaka konsumpcyjnego*. Żywność, 7, Supl. 4 (25): 5-27.
- PHILIPS C., CHINY P. 1995. *Sodium in agriculture*. Chalcombe Publications, United Kingdom.

RUDZIŃSKA-MEKAL B., MIKOS-BIELAK M. 2001. *Zasobność bulw ziemniaka w magnez w warunkach stosowania syntetycznych regulatorów wzrostu*. Biul. Magnezol., 6 (1): 59-65.

SZEWCZUK C., MICHALOJC Z. 2003. *Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin*. Acta Agroph., 85: 19-29.

**Wojciech Kozera, Krystian Nowak, Edward Majcherczak, Bożena Barczak**

### **ODZIAŁYWANIE DOLISTNEGO NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI NA ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENTÓW W BULWACH ZIEMNIAKA**

Słowa kluczowe: ziemniak, nawożenie mikroelementami, skład chemiczny.

#### Abstrakt

W trzyletnim jednoczynnikowym doświadczeniu polowym porównywano skład chemiczny bulw ziemniaka nawożonego dolistnie roztworami mikroelementów w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz w postaci wieloskładnikowego nawozu. Dolistne stosowanie miedzi, boru i cynku korzystnie oddziaływało na kumulację magnezu, wapnia i sodu w bulwach ziemniaka, natomiast pod wpływem nawożenia manganem, borem, miedzią i wielo- składnikowym nawozem nastąpiło istotne zmniejszenie zawartości potasu. Opryskiwanie mikroelementami w formie wieloskładnikowego nawozu przyczyniło się do istotnego wzrostu zawartości fosforu ogólnego i wapnia. Nawożenie manganem, miedzią i wieloskładnikowym nawozem zawężyło stosunek sumy kationów jednowartościowych do sumy kationów dwuwartościowych.

### **EFFECT OF FOLIAR FERTILIZATION WITH MICROELEMENTS ON THE CONTENT OF MACROELEMENTS IN POTATO TUBERS**

Key words: potato, fertilization with microelements, chemical composition.

#### Abstract

In a 3-year field experiment, the two chemical compositions of potato tubers foliar fertilized with solutions of microelements in the form of individual inorganic salts and as a multi-component fertilizer were compared. The foliar application of copper, boron and zinc favorably affected the accumulation of magnesium, calcium and sodium in potato tubers. However, a significant reduction of a potassium content under the effect of fertilization with manganese, boron, copper and multi-component fertilizer was observed. Spraying with microelements in the form of a multi-component fertilizer significantly increased the total phosphorus and calcium content. Fertilization with manganese, copper and multi-component preparation narrowed the ratio of the sum of univalent cations to the sum of bivalent cations.

**Wojciech Lipiński, Stanisław Franczak, Anna Watros**

## **ODDZIAŁYWANIE SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO, ODCZYNU I MATERII ORGANICZNEJ GLEBY NA ZAWARTOŚĆ ŻELAZA I MANGANU W ZIARNIE PSZENICY**

**Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Warszawie**

### **WSTĘP**

Podstawowym źródłem pierwiastków dla roślin jest gleba, jednakże zawarte w niej składniki włączane są do łańcucha troficznego w sposób uwarunkowany wieloma czynnikami. Człowiek może wpływać na zwiększenie koncentracji pierwiastków przez użyźnianie gleby, ale także na ich ubytek, wywołany przede wszystkim działalnością rolniczą. Liczne badania dowodzą, że zawartość pierwiastków śladowych w roślinach zwiększa się nieproporcjonalnie do ich nagromadzenia w glebie (KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999, LIPIŃSKI 2001, TERELAK i in. 1998). Zależy to głównie od cech gatunkowych roślin i właściwości gleby, wywierających wpływ na aktywność poszczególnych metali. Dlatego w produkcji rolniczej niezwykle istotne znaczenie ma rozpoznawanie czynników mogących oddziaływać na zawartość składników o dużym znaczeniu fizjologicznym dla roślin uprawnych, które przeznaczane są do spożycia przez człowieka lub na paszę dla zwierząt.

Celem pracy było określenie oddziaływania składu granulometrycznego, odczynu i materii organicznej gleby na koncentrację manganu i żelaza w ziarnie pszenicy, z jednoczesnym wykorzystaniem ocenianych właściwości gleby jako wskaźników do przewidywania koncentracji badanych mikroelementów w częściach użytkowych rośliny testowej.

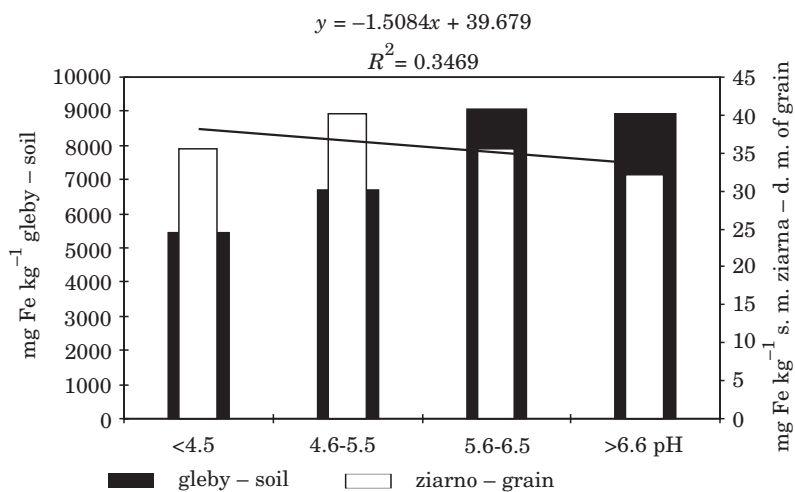
## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na podstawie materiału glebowego i roślinnego pobranego z terenu Lubelszczyzny i przeanalizowanego w latach 1997–2002. Do badań wytypowano obiekty, na których uprawiano pszenicę ozimą. O wyborze rośliny testowej zdecydowało wykorzystanie tego zboża przez człowieka głównie do celów konsumpcyjnych. Łącznie pobrano 150 próbek materiału roślinnego. Z tych samych miejsc pozyskiwano glebę do badań. W pracy wykorzystano materiał pochodzący z obiektów zlokalizowanych na glebach mineralnych, zróżnicowanych pod względem składu granulometrycznego, odczynu oraz zawartości materii organicznej. Glebę pobierano z warstwy 0–20 cm. Na próbkę ogólną składało się 15–20 próbek pojedynczych, pochodzących z powierzchni nie przekraczającej 2 ha. W glebie oznaczono skład granulometryczny metodą areometryczną, zawartość materii organicznej metodą Tiurina oraz pH w 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup>. Żelazo i mangan oznaczono metodą AAS, po mineralizacji w wodzie królewskiej (HCl+HNO<sub>3</sub>). Wyniki badań gleby przyporządkowano do funkcjonujących w praktyce granicznych wartości. Dla składu granulometrycznego wyznaczono 4 zakresy (poziomy) <10% części spławianych, 11–20%, 21–35% i >35%. Zakres odczynu, materiału glebowego pobranego do badań był szeroki, i w związku z powyższym wydzielono gleby bardzo kwaśne (pH<4,5), kwaśne (pH 4,6–5,5), lekko kwaśne (pH 5,6–6,5) oraz obojętne i zasadowe (pH>6,6). Ustanowienie jednej grupy gleb o odczynie obojętnym i zasadowym było związane z małą reprezentacją gleb o pH >7,3 (pojedyncze przypadki). Pod względem zawartości materii organicznej wyodrębniono gleby zawierające do 1,00%, 1,01–2,00%, 2,01–3,5 i powyżej 3,5% próchnicy.

Ziarno pszenicy pozyskane w fazie dojrzałości pełnej mielono w stanie naturalnym, a następnie mineralizowano w mieszaninie kwasów nadchlorowego i azotowego. Żelazo i mangan oznaczano metodą AAS. Wyniki badań poddano ocenie statystycznej metodą analizy regresji liniowej. Na rysunkach podano równania wraz ze współczynnikami determinacji.

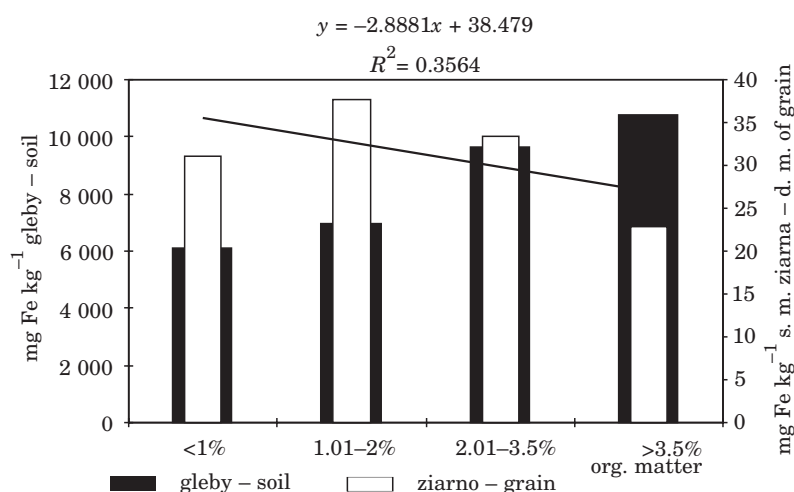
## WYNIKI

W badaniach potwierdzono wyraźny związek między składem granulometrycznym, zawartością materii organicznej oraz odczynem gleby i występowaniem w niej ogólnych ilości żelaza (rys. 1–3) oraz manganu (rys. 4–6). Większy udział cząstek glebowych o wymiarach poniżej 0,02 mm sprzyjał zwiększaniu koncentracji zarówno manganu, jak i żelaza w glebie. Wyższym wartościom pH odpowiadała także większa zawartość żelaza ekstrahowanego wodą królewską, natomiast ilość manganu zmniejszała się w glebach o pH powyżej 6,6. Stwierdzona zawartość manganu, w przeciwieństwie do żelaza, była mniejsza w glebach o wyższej zawartości substancji organicznej.



Rys. 1. Wpływ pH gleby na zawartość Fe w ziarnie pszenicy

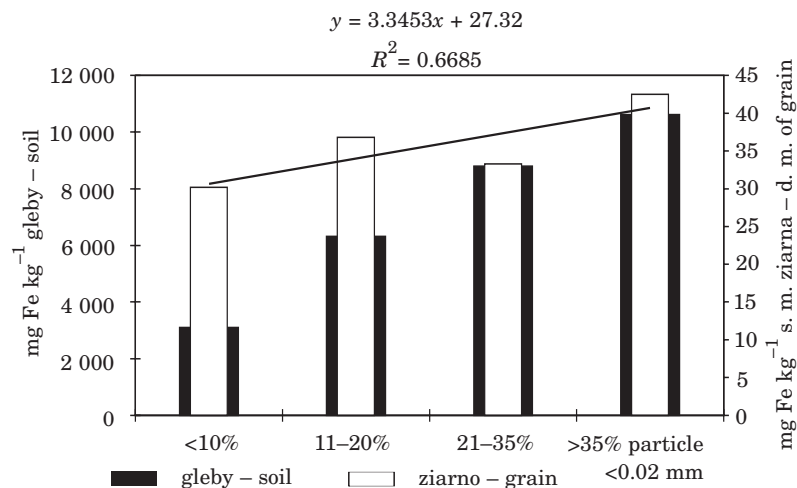
Fig. 1. Influence of soil pH on Fe content in wheat grain



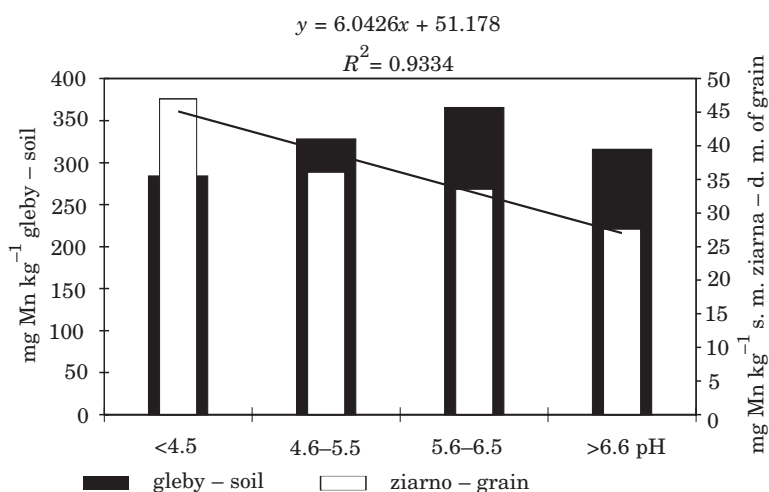
Rys. 2. Wpływ substancji organicznej gleby na zawartość Fe w ziarnie pszenicy

Fig. 2. Influence of soil organic matter on Fe content in wheat grain

Wymienione właściwości gleby wykazywały istotny związek z zawartością żelaza i manganu w ziarnie pszenicy. Mimo zwiększających się ilości tych składników w glebie, ich nagromadzenie w ziarnie zmniejszało się w roślinach pochodzących zarówno z obiektów o wyższym pH, jak i o większej zawartości materii organicznej. Liniową istotną zależność stwierdzono jedynie między koncentracją żelaza w ziarnie pszenicy oraz zwiększającym się udziałem części splanianych w glebie ( $r=0,818$  – rys. 3). Oznaczenie pH gleby oraz substancji organicznej wykazało

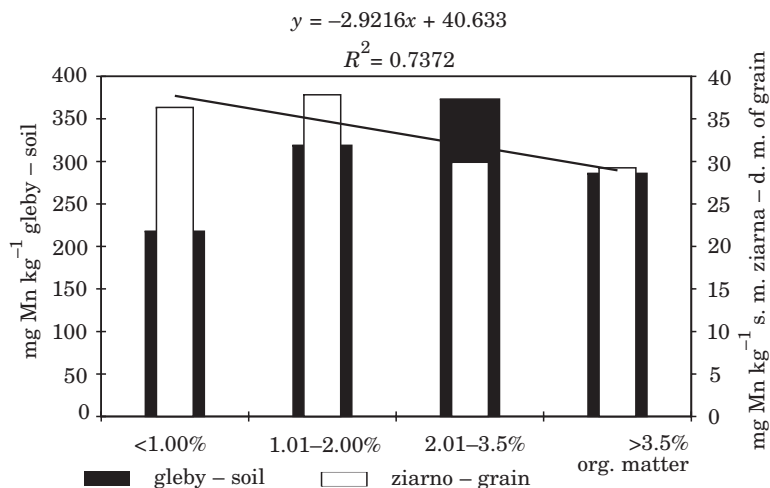


Rys. 3. Wpływ składu granulometrycznego gleby na zawartość Fe w ziarnie pszenicy  
Fig. 3. Influence of soil granulometric composition on Fe content in wheat grain

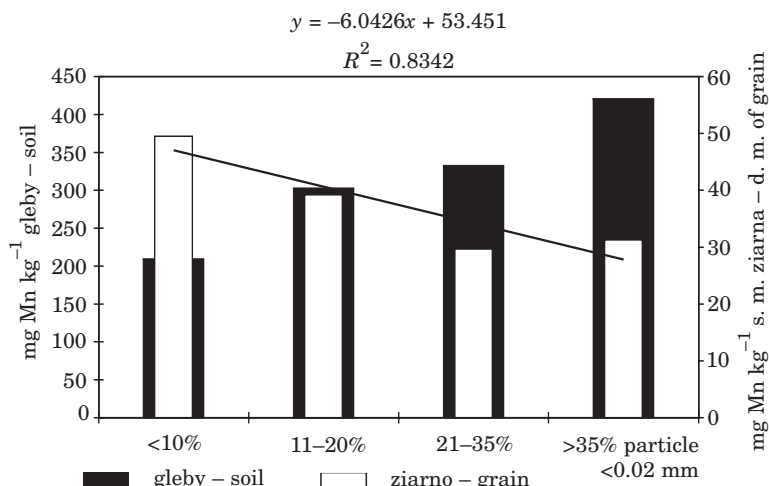


Rys. 4. Wpływ pH gleby na zawartość Mn w ziarnie pszenicy  
Fig. 4. Influence of soil pH on Mn content in wheat grain

mniej wyraźne, chociaż istotne statystycznie, zależności z koncentracją żelaza w ziarnie pszenicy ( $r=589$  oraz  $0,597$ ) – rys. 1–2. W badaniach wykazano silny związek między ilością manganu w ziarnie pszenicy i składem granulometrycznym, materią organiczną oraz odczynem gleby. Właściwości te mogą być wykorzystywane jako wskaźniki do przewidywania zawartości Mn w ziarnie badanej rośliny (odpowiednio  $r = 0,966, 0,859$  i  $0,913$ ) – rys. 4–6.



Rys. 5. Wpływ substancji organicznej gleby na zawartość Mn w ziarnie pszenicy  
Fig. 5. Influence of soil organic matter on Mn content in wheat grain



Rys. 6. Wpływ składu granulometrycznego gleby na zawartość Mn w ziarnie pszenicy  
Fig. 6. Influence of soil granulometric composition on Mn content in wheat grain

Występowanie pierwiastków śladowych w roślinach jest powiązane z ich koncentracją w glebie (KABATA-PENDIAS i in. 1995, KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999), co znajduje potwierdzenie przede wszystkim przy zanieczyszczeniu metalami ciężkimi. Chemiczne metody ekstrakcji składników z gleby nie są jednak najlepszym wskaźnikiem w zakresie oceny zawartości metali w roślinach, co jest ściśle związane ze zróżnicowaniem rozpuszczalności tych związków w roztworach ekstrakcyjnych i roztworze glebowym (KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999, LPIŃSKI 2001, SPARKS 1995).

O mobilności pierwiastków w glebie decyduje wiele czynników, m.in. napowietrzenie, temperatura, dynamika wzrostu systemu korzeniowego, jednakże na uruchamianie metali największy wpływ wywierają odczyn gleby, zawartość części koloidalnych, a także zawartość materii organicznej. Większy udział cząstek o średnicy  $<0,02$  mm wiąże się zwykle ze zwiększeniem ilości pierwiastków śladowych, a to może się przyczynić do intensywniejszego pobrania tych składników przez niektóre gatunki roślin uprawnych. Natomiast mniejsza zawartość części splawianych może sprzyjać wymywaniu łatwo rozpuszczalnych form metali poza zasięg korzeni, co może ograniczyć ich pobranie przez rośliny (HERMS, BRÜMMER 1984, LIPIŃSKI, BEDNAREK 1998, LIPIŃSKI 2001, RUSZKOWSKA i in. 1996, SYKUT, RUSZKOWSKA 2000, TERELAK i in. 1998).

Na zawartość metali ciężkich w roślinach wpływa odczyn gleby (BEDNAREK, LIPIŃSKI 1996, HERMS, BRÜMMER 1984, KABATA-PANDIAS i in. 1995, KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999, LIPIŃSKI 2001, TERELAK i in. 1998). Szczególnie silne zakwaszenie sprzyja ruchliwości kationów metali, ale wraz ze zwiększeniem pH mogą one ulegać unieruchamianiu w formie związków o słabszej rozpuszczalności (KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999). Jednak wysokie pH, przy dużej koncentracji kationów wapnia lub magnezu, może przyczynić się do zwiększonej aktywności metali, co jest spowodowane ich wypieraniem z kompleksu sorpcyjnego przez Ca i Mg (JACKOWSKA, PIOTROWSKI 1996, KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999).

Znaczny wpływ na przyswajalność pierwiastków śladowych wywiera substancja organiczna gleby, w szczególności jej poszczególne frakcje. Metale tworząc chylaty z pewnymi frakcjami związków węgla z substancji organicznej mogą być przez nie unieruchamiane. Ale rozkładająca się materia organiczna, zwłaszcza w warunkach silnego zakwaszenia, może sprzyjać ich pobieraniu przez rośliny (BOLTON, THOROSE 1997, GORLACH, GAMBUŚ 1991, HERMS, BRÜMMER 1984).

## WNIOSKI

1. Spośród ocenianych parametrów gleby, największy dodatni związek z koncentracją żelaza w ziarnie pszenicy miał zwiększający się udział cząstek o średnicy poniżej 0,02 mm.

2. Wyższy odczyn gleby oraz większa zawartość próchnicy wpływały na ograniczenie zawartości żelaza w ziarnie badanej rośliny.

3. Zarówno wyższe pH, jak i wzrastający udział materii organicznej oraz części splawianych w glebie wpływały na ograniczenie ilości manganu w ziarnie pszenicy.



---

**PIŚMIENNICTWO**

- BEDNAREK W., LIPIŃSKI W. 1996. *Zaopatrzenie jęczmienia jarego w mangan i cynk w warunkach zróżnicowanego nawożenia fosforem, magnezem i wpanowania*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 424: 30-35.
- BOLTON K. A., THOROSE E. 1997. *The effect of soil organic matter on cadmium bioavailability in barley*. 4<sup>th</sup> Intern. Conf. „Biogeochem. Trace Elements”, 23-26.07.1997, Berkeley, CA, 103-104.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 1991. *Desorpcja i fitoprzywajalność metali ciężkich w zależności od właściwości gleby*. Roczn. Glebozn., 42 (3/4): 207-214.
- HERMS U., BRÜMMER G. 1984. *Einflussgrößen der Schwermetalllöslichkeit und Bindung in Böden*. Z. Pflanzenemähr. Bodenkn., 147: 400-424.
- JACKOWSKA I., PIOTROWSKI J. 1996. *Dostępność metali ciężkich w środowisku naturalnym po dolo-mitowaniu*. Pr. Nauk IV Ogólnopol. Symp. Magnezol. „Magnez w środowisku człowieka”. Lublin, 129-135.
- KABATA-PANDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C. 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA*. PIOŚ, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa.
- LIPIŃSKI W., BEDNAREK W. 1998. *Występowanie łatwo rozpuszczalnych form metali w glebach Lubelszczyzny w zależności od odczynu i składu granulometrycznego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 456: 399-404.
- LIPIŃSKI W. 2001. *Oddziaływanie niektórych właściwości gleby na zawartość metali ciężkich w ziarnie pszenicy, żyta oraz bulwach ziemniaka*. Rozp. Nauk. AR w Lublinie, 249.
- RUSZKOWSKA M., KUSIO M., SYKUT S., MOTOWICKA-TERELAK T. 1996. *Zmiany zawartości pierwiastków śladowych w glebie w warunkach doświadczenia lizymetrycznego (1991-1994)*. Roczn. Glebozn., 47 (1/2): 23-32.
- SPARKS D. L. 1995. *Environmental Soil Chemistry*. San Diego-New York-Boston London-Sydney-Tokyo-Toronto. Academic Press.
- SYKUT S., RUSZKOWSKA M. 2000. *Wymywanie mikroelementów i niektórych pierwiastków śladowych z gleb w lizymetrach*. Nawozy i Nawożenie PTN-CIEC, 4: 26-34.
- TERELAK H., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKA T., PIETRUCH Cz., BUDZYŃSKA K., SROCZYŃSKI W. 1998. *Właściwości chemiczne gleb oraz zawartość metali ciężkich i siarki w glebach i roślinach*. IUNG Puławy, 1-129.

**Wojciech Lipiński, Stanisław Franczak, Anna Watros**

**ODDZIAŁYWANIE SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO, ODCZYNU  
I MATERII ORGANICZNEJ GLEBY NA ZAWARTOŚĆ ŻELAZA I MANGANU  
W ZIARNIE PSZENICY**

Słowa kluczowe: skład granulometryczny, odczyn, materia organiczna, żelazo, mangan, pszenica.

## Abstrakt

W badaniach potwierdzono zależności między składem granulometrycznym, zawartością materii organicznej oraz odczynem a ogólną ilością żelaza oraz manganu w glebie. Wymienione właściwości wykazywały istotne zależności z zawartością żelaza i manganu w ziarnie pszenicy. Mimo zwiększającej się koncentracji tych składników w glebie, ich nagromadzenie w ziarnie zmniejszało się w roślinach pochodzących zarówno z gleb o wyższym pH, jak i z gleb o większej zawartości materii organicznej. Stwierdzono także istotną zależność między koncentracją manganu w ziarnie pszenicy i składem granulometrycznym, odczynem i materią organiczną gleby.

**THE INFLUENCE OF GRANULOMETRIC COMPOSITION, REACTION  
AND ORGANIC MATTER OF SOIL ON IRON AND MANGANESE CONTENTS  
IN WHEAT GRAIN**

Key words: granulometric composition, reaction, organic matter, iron, manganese, wheat.

## Abstract

Studies confirmed association between granulometric composition and organic matter content vs. reaction and total amounts of iron and manganese in soil. Those properties showed significant dependence on iron and manganese level in wheat kernels. Despite of increasing concentrations of those elements in the soil, their accumulation in grain decreased in plants originating both from soil with higher pH, and that with higher organic matter content. Also significant association between manganese concentration in wheat grain and granulometric composition, reaction and organic matter was found.

**Edward Majcherczak, Wojciech Kozera,  
Krystian Nowak, Bożena Barczak**

## **ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENTÓW ORAZ STOSUNKI JONOWE W ZIARNIE JĘCZMIENIA JAREGO W WARUNKACH DOLISTNEGO NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI**

**Katedra Chemii Rolnej  
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy**

### **WSTĘP**

Zaletą nawożenia dolistnego roślin jest m.in. szybkość działania i wysoka efektywność stosowanych składników, szczególnie mikroelementów dostarczanych w niewielkich ilościach (CZUBA 1996, SZEWCZUK, MICHAŁOJC 2003). Mikroelementy regulują procesy enzymatyczne zachodzące w roślinie, wpływają również na zawartość makroelementów. O jakości plonu roślin decyduje nie tylko zawartość składników mineralnych, ale również ich wzajemne proporcje.

Celem podjętych badań było określenie wpływu dolistnego nawożenia mikroelementami w formie schelatowanego nawozu oraz roztworami pojedynczych soli B, Zn, Mn, Cu, i Mo na zawartość wybranych makroelementów i ich wzajemne proporcje w ziarnie jęczmienia jarego.

## MATERIAŁ I METODY

Badania oparte na 3-letnim doświadczeniu polowym realizowano w Stacji Badawczej WR ATR w Wierzchucinku w latach 1999–2001. Doświadczenie założono jako jednoczynnikowe, metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach, na glebie płowej typowej. Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu, boru, cynku, manganu i molibdenu w glebie była średnia, natomiast zawartość przyswajalnej miedzi – niska. Przedplonem dla jęczmienia jarego odmiany Rambo był ziemniak uprawiany na oborniku.

Obiekty nawozowe wchodzące w skład doświadczenia, dawki i formę nawozu przedstawiono w tabeli 1. Nawóz mikroelementowy zawierał wymienione w tabeli mikroelementy, a także Mg i Fe. Dawki pojedynczych soli na jednostkę powierzchni ustalono na takim poziomie, aby ilość dostarczonych mikroelementów odpowiadała ich ilości zastosowanej w nawozie wieloskładnikowym.

Tabela 1  
Table 1

Schemat doświadczenia  
Design of experiment

Obiekt nawozowy Fertilization objects	Forma nawozu Fertilizer form	Dawka nawozu Fertilizer doses
Kontrola – Control	-	-
Nawóz – Fertilizer	nawóz mikroelementowy microelements fertilizer	5 dm <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup>
Miedź – Copper	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	25 g Cu·ha <sup>-1</sup>
Cynk – Zink	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	30 g Zn·ha <sup>-1</sup>
Mangan – Manganese	MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	45 g Mn·ha <sup>-1</sup>
Molibden – Molybdenum	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	4.5 g Mo·ha <sup>-1</sup>
Bor – Boron	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	20 g B·ha <sup>-1</sup>

Jęczmień jary nawożono NPK w dawkach: 70 kg N ha<sup>-1</sup> (50% przedsiwianie i 50% pogłównie w fazie strzelania w źdźbło), 20 kg P ha<sup>-1</sup> oraz 60 kg K ha<sup>-1</sup>.

Ziarno jęczmienia jarego zabezpieczone zaprawą nasienną wysiewano w I połowie kwietnia, zabiegi chemiczne przeciwko chwastom, chorobom i szkodnikom wykonywano zgodnie z zaleceniami dla tej rośliny. Zbioru roślin dokonywano w fazie dojrzałości pełnej z powierzchni 16,8 m<sup>2</sup>. W czasie omlotu pobrano próbki ziarna (ok. 0,5 kg) do analiz chemicznych, w których oznaczono zawartość: fosforu ogólnego – metodą kolorymetryczną, magnezu – metodą spektroskopii atomowej, potasu, wapnia i sodu – metodą fotometrii płomieniowej. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono następujące stosunki jonowe: Ca:Mg, K:Mg, K:(Ca+Mg), (K+Na):(Ca+Mg) i Ca:P.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji, a różnice graniczne oszacowano według testu Tukeya na poziomie istotności  $p=0,05$ .

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

GRZYWNOWICZ-GAZDA (1983) oraz BENEDYCKA i KOZIKOWSKI (1996) nie wykazali istotnego wpływu nawożenia mikroelementami na zawartość składników mineralnych w ziarnie jęczmienia jarego, natomiast WOJCIECHOWSKA-WYSKUPAJTYS (1996) podaje, iż nawożenie mikroelementami sprzyja akumulacji fosforu ogólnego.

Wieloskładnikowy nawóz mikroelementowy oraz miedź spowodowały istotne obniżenie zawartości potasu w ziarnie odpowiednio o 6,6% i 3,5% w stosunku do obiektu kontrolnego (tab. 2). Stwierdzono również, że opryskanie roślin cynkiem doprowadziło do spadku zawartości fosforu ogólnego i magnezu odpowiednio o 8,4% i 10,7%. Po zastosowaniu molibdenu odnotowano wyraźny wzrost koncentracji fosforu ogólnego i sodu w ziarnie jęczmienia jarego odpowiednio o 8,6% i 26,5% w stosunku do ziarna z obiektu nieopryskiwanego mikroelementami. Oprysk jęczmienia jarego wodnym roztworem boru zmniejszył zawartość magnezu o 10,0% w odniesieniu do ziarna z obiektu nienawożonego mikroelementami.

Przyjmuje się, że optymalne stosunki jonowe w roślinach przeznaczonych na paszę powinny wynosić:  $K:Mg=6:1$ ,  $K:(Ca+Mg)=1,6-2,2:1$ , a  $Ca:P=2:1$  (METSON 1984.).

W badaniach wykazano, iż dolistnie stosowane mikroelementy wpływały, na ogół, na rozszerzenie stosunków jonowych w ziarnie jęczmienia jarego (tab. 2). Wartości proporcji  $K:Mg$  wahały się w zakresie od 1,03 do 1,20 i były zbliżone do wartości uzyskanych przez KRZYWY i in. (2002). Cynk i bor wpływały na potwierdzone, statystycznie, rozszerzenie tego stosunku w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Bor wpływał również na znaczące rozszerzenie proporcji  $K:(Ca+Mg)$  w ziarnie jęczmienia jarego. Dolistne nawożenie wodnymi roztworami cynku, manganu oraz boru wpłynęło na istotne rozszerzenie stosunku jonowego  $(K+Na):(Ca+Mg)$  w ziarnie jęczmienia jarego w odniesieniu do obiektu bez nawożenia mikroelementowego.

WYSZKOWSKI (2001) oraz KRZYWY i in. (2002) stwierdzają, iż ziarno jęczmienia jarego charakteryzuje się niskim stosunkiem jonowym  $Ca:P$ . Potwierdzają to wyniki badań własnych, średnia bowiem wartość tego parametru wynosiła 0,05. Dolistne nawożenie mikroelementami nie wpłynęło istotnie na zmiany proporcji  $Ca:P$  i  $Ca:Mg$ .

Tabela 2  
Table 2

Zawartość makroelementów oraz stosunki jonowe w ziarnie jęczmienia jarego w zależności od nawożenia mikroelementami (średnie z trzech lat badań)  
The content of macroelements and ionic ratios in spring barley grain depending on the type of microelement fertilization (means from three years of the study)

Oznaczany parametr Parameter determined	Obiekty nawozowe – Fertilization object							Średnia Mean	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,005</sub>
	kontrolny control	nawóz wieloskładnikowy multicomponent fertilizer	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
Zawartość K (g kg <sup>-1</sup> s.m.) K content (g kg <sup>-1</sup> s.m.)	4.53	4.23	4.37	4.47	4.60	4.54	4.66	4.49	0.152
Zawartość P (g kg <sup>-1</sup> s.m.) P content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	4.29	4.42	4.22	3.93	3.83	4.66	4.31	4.24	0.249
Zawartość Na (g kg <sup>-1</sup> s.m.) Na content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	0.34	0.32	0.33	0.38	0.36	0.43	0.37	0.36	0.061
Zawartość Ca (g kg <sup>-1</sup> s.m.) Ca content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	0.38	0.39	0.41	0.44	0.40	0.41	0.43	0.41	0.088
Zawartość Mg (g kg <sup>-1</sup> s.m.) Mg content (g kg <sup>-1</sup> d.m.)	1.40	1.32	1.34	1.25	1.30	1.43	1.26	1.33	0.114
Ca:Mg	0.17	0.18	0.18	0.21	0.18	0.17	0.20	0.18	n.u.
K:Mg	1.04	1.06	1.06	1.16	1.13	1.03	1.20	1.10	0.102
K:(Ca+Mg)	0.89	0.90	0.90	0.96	0.96	0.88	1.00	0.93	0.079
(K+Na):(Ca+Mg)	1.00	1.01	1.01	1.09	1.09	1.02	1.13	1.05	0.086
Ca:P	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	n.u.

## WNIOSKI

1. Dolistne nawożenie wieloskładnikowym nawozem mikroelementowym, a także miedzią spowodowało istotne obniżenie zawartości potasu w zianie jęczmienia jarego.

2. Koncentracja fosforu ogólnego w ziarnie jęczmienia jarego wyraźnie się zmniejszyły po dolistnym zastosowaniu cynku i manganu, a magnezu – po zastosowaniu boru i cynku.

3. Istotny wzrost zawartości fosforu ogólnego i sodu w ziarnie jęczmienia jarego stwierdzono po opryskaniu roślin wodnym roztworem soli molibdenu.

4. Nawożenie dolistne cynkiem, manganem lub borem istotnie rozszerzyło wartość stosunku sumy kationów jednowartościowych do sumy kationów dwuwartościowych w ziarnie jęczmienia jarego.

5. Znaczące rozszerzenie wartości stosunku K:Mg w ziarnie stwierdzono po dolistnym zastosowaniu boru lub cynku, a wartości stosunku K:(Ca+Mg) - po nawożeniu borem.

## PIŚMIENNICTWO

- BENEDYCKA Z., KOZIKOWSKI A. 1996. *Współdziałanie boru z magnezem w nawożeniu wybranych odmian jęczmienia jarego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 434: 111-115.
- CZUBA R. 1996. *Celowość i możliwość uzupełnienia niedoborów mikroelementów u roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 434: 55-64
- GRZYWNOWICZ-GAZDA Z. 1983. *Wpływ zróżnicowanego nawożenia cynkiem na wysokość i jakość plonu ziarna jęczmienia jarego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 242: 201-209.
- KRZYWY J., BARAN S., KRZYWY E. 2002. *Wpływ nawozów jednoskładnikowych i wieloskładnikowych na kształtowanie stosunków jonowych K:Mg, K:(Ca+Mg), Ca:P oraz N:S w roślinach uprawnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 484: 317-323.
- METSON J.A. 1984. *Sulfur in forage crops*. Techn. Bull. No 20, The Sulfur Institute, Washington, 17-20.
- SZEWCUK C., MICHAŁOJC Z. 2003. *Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin*. Acta Agrophysica, 85: 19-29.
- WOJCIECHOWSKA-WYSKUPAJTYS U. 1996. *Efekty dolistnego dokarmiania roślin w świetle referatów wygłoszonych na „Międzynarodowym Sympozjum Dolistnego Nawożenia” w Kairze (10-14.12.1995)*. Post. Nauk Rol., 5:123-127.
- WYSZKOWSKI M. 2001. *Wpływ magnezu na kształtowanie plonów i wzajemnych relacji między niektórymi jonami w roślinach*. Rozpr. i Monog., Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn, 52: 1-92.

---

Edward Majcherczak, Wojciech Kozera, Krystian Nowak, Bożena Barczak

**ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENTÓW ORAZ STOSUNKI JONOWE  
W ZIARNIE JĘCZMIENIA JAREGO W WARUNKACH DOLISTNEGO  
NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI**

Słowa kluczowe: jęczmień jary, nawożenie, mikroelementy, zawartość makroelementów.

Abstrakt

Badania nad oddziaływaniem dolistnego nawożenia mikroelementami na skład chemiczny ziarna jęczmienia jarego oparto na 3-letnim doświadczeniu polowym. Eksperyment realizowano w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej WR Mochełek. W doświadczeniu stosowano nawożenie dolistne mikroelementami w formie schelatowanego nawozu oraz roztworami pojedynczych soli B, Cu, Mn, Mo Zn.

Stosowanie nawozu mikroelementowego oraz samej miedzi spowodowało istotne obniżenie zawartości potasu w ziarnie odpowiednio o 6,6% i 3,5% w stosunku do kontroli. Stwierdzono, że nalistne stosowanie cynku spowodowało spadek zawartości fosforu i magnezu odpowiednio o 8,6% i 10,7%, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Wykazano, że nawożenie cynkiem, manganem i borem wpłynęło na istotne rozszerzenie stosunku jonowego sumy kationów jednowartościowych do sumy dwuwartościowych.

**THE CONTENT OF MACROELEMENTS AND IONIC RATIOS IN SPRING BARLEY GRAIN  
UNDER FOLIAR FERTILIZATION WITH MICROELEMENTS**

Key words: spring barley, fertilization, microelements, content of macroelements.

Abstract

The study on the effect on foliar fertilization with microelements on the chemical composition of spring barley grain was based on a 3-year field experiment carried out at the Research Station in Mochełek in 1999–2001. Foliar fertilization with microelements was applied in the form of chelated fertilizer and solutions of individual salts of B, Cu, Mn, Mo, Zn.

The use of microelements in the fertilizer and a solution of copper caused a significant decrease in the potassium content in grain equal 6.6% and 3.5% respectively versus the control. It was found out that foliar application of zinc solution resulted in a decrease in the content of phosphorus and magnesium by 8.6% and 10.7% respectively compared to the control. The tests revealed that fertilization with zinc, manganese and boron significantly influenced the widening of the ionic ratio between the sum of univalent cations and the sum of bivalent cations.



**Wacława Marcoin**

## **MOLECULAR MODELLING OF SELECTED MAGNESIUM ORGANIC SALTS. STRUCTURE – ACTIVITY RELATIONSHIP**

**Chair and Department of Pharmaceutical Technology  
Medical Academy of Silesia**

### **INTRODUCTION**

There is a continuous interest in ions of magnesium. Application of magnesium therapy in many medical disciplines becomes more and more important. Contemporary medical and biochemical research shows that Mg complexes with organic ligands seem to be of great interest to scientists. The present research was stimulated by the search for new drugs which could meet the needs and expectations of clinical doctors (BLAQUIERE et al. 1987, CLASSEN 2002, SPASOV et al. 2003, HORODYJEWSKA et al. 2004, DURLACH et al. 2005) Foreseeing biological activity of a given compound on a molecular level can be achieved through analysis of its effect in connection with a receptor. Yet it is not always possible to do so. One of the basic methods involves attempts to direct and model dependencies between the structure of a compound and its activity by using of computer techniques for optimalization of structures (CLARK 1985). Conformation analysis allows us to explain in what way the molecular structure affects its biological activity. QSAR procedures make it possible to determine quantitative dependence between the structure and activity. Using these procedures, approximate van der Waals area, polarizability, log P, energy of the highest occupied molecular orbital E (HOMO), which is closely related to molecule ionization energy, as well as the lowest unoccupied molecular orbital E (LUMO) connected with electron affinity,

ionization potential, steric energy, dipole moment, and heat of formation can be determined. The possibility of intramolecular occurrence of the hydrogen bond type which increases values for the calculated solvent accessible surface of molecules, their volume and changes of log P value and polarizability can also be established.

In this research the correlation between the structural parameters of the examined magnesium salts obtained experimentally and those obtained by using computer base QSAR modelling was studied.

## MATERIALS AND METHODS

The subject of the study consisted of some organic magnesium salts: aspartate, glutamate, glutarate, adipate, nicotinate, levulinate, pyridoxinate, glycerophosphate with ligand arginine.

The software programme CACHe v 5.12 was used for the calculations. For the initial structures, calculations of conformers of the lowest energy were carried out by means of semi-empirical quantum method PM5 parametrisation. The structures thus obtained were later introduced into the Project Leader programme, where by means of the MOPAC (KLAMAT and SCHUURMANN 1993) and ZINDO (ANDERSON et al. 1990) programmes the parameters (descriptors) for each of the molecule were determined.

Log P and molar refractivity were calculated using the atom typing scheme of Ghose and Crippen (GHOSE et al. 1988). The solvent accessible surface (SAS) area was calculated at an optimized geometry in water. The water geometry was taken from optimization first by using Augmented MM2, then by using MOPAC with PM5 parameters and Conductor like Screening Model COSMO (KLAMAT, SCHUURMANN 1993).

The hydrophobicity of a system was determined by the log P values. In the present work the logarithm of the partition coefficient n-octanol/ buffer pH 7.4 was measured experimentally by the shake-flask method (HANSCH, LEO 1979, CRAIG 1990). The calculation of log P values was carried out using atomic parameters derived by Ghose.

For the group of compounds QSAR calculations were made having at the disposal experimental values for the total quantity of the absorbed Mg(II) ions from organic Mg salts within the thin bowel: total amount of absorbed Mg<sup>2+</sup> ions (%), absorption rate constant of Mg<sup>2+</sup> ions (k) and also of semi-intestinal absorption (t<sub>50%</sub>) (MARCOIN, SZULC 2002).

## RESULTS AND DISCUSSION

Based on QSAR analysis it is possible to identify the structural descriptors dominating the interactions of molecules of magnesium salts with the arginine ligand.

The study calculated a three-parameter equation for QSAR descriptors in water.

For parent magnesium salts:

total absorption Mg(%) = - 0.375  $E_{\min}$  + 8.059  $A_e$  + 0.311  $Q_{\text{form}}$  + 20.83  
(Equation 1)

$$r_{\text{cv}}^2 = 0.758, r^2 = 0.949 \quad s = 2.45 \quad F = 12.00$$

$$t_{50\%} = 0.614 E_{\min} + 4.493 E_{\text{ST}} + 36.57 E_{\text{HOMO}} + 44.67 \quad \text{(Equation 2)}$$

$$r_{\text{cv}}^2 = 0.924 \quad r^2 = 0.924 \quad s = 50.75 \quad F = 7.56$$

$$\log k(\text{min}^{-1}) = - 0.002 E_{\min} + 4.493 E_{\text{ST}} - 0.024 \text{MR} + 2.723 \quad \text{(Equation 3)}$$

$$r_{\text{cv}}^2 = 0.890 \quad r^2 = 0.954 \quad s = 0.140 \quad F = 13.48$$

For magnesium salts with arginine ligand:

total absorption Mg(%) = - 0.002  $E_{\min}$  - 9.973  $A_e$  - 27.55  $V_i$  + 310.1  
(Equation 4)

$$r_{\text{cv}}^2 = 0.504 \quad r^2 = 0.915 \quad s = 3.642 \quad F = 13.48$$

$$-\log k(\text{min}^{-1}) = 0.001 E_{\min} - 0.024 \text{MR} + 0.006 \text{SAS} + 3.657 \quad \text{(Equation 5)}$$

$$r_{\text{cv}}^2 = 0.503 \quad r^2 = 0.845 \quad s = 0.071 \quad F = 3.26$$

Using CACHe v. 5.12 computer programme theoretical descriptors: total absorption % Mg,  $t_{50\%}$ ,  $\log k(\text{min}^{-1})$  were calculated for the examined Mg compounds and compared with the experimentally obtained values. The correlation between the predicted and experimental values was obtained by means of statistical analysis MLR (multi-linear regression), as shown in Fig. 1-5. Positive correlation ( $r^2 = 0.949, 0.924, 0.954$ ) was found for the group of parent compounds concerning the relationship between the parameters of the absorption process (total amount of absorbed  $\text{Mg}^{2+}$  ions (%),  $t_{50\%}$ ,  $\log k$ ) obtained experimentally and the values of the same parameters determined by calculations. However, a lower correlation coefficient ( $r^2=0.915, 0.845$ ) was found for magnesium salts with an additional arginine ligand for the following parameters: total amount of absorbed  $\text{Mg}^{2+}$  ions (%) and  $\log k$  which were determined both experimentally and by calculations. It was established that structural descriptors characteristic of the molecule geometry as well as electron properties, such as solvent accessible surface (SAS), energy conformation min. ( $E_{\min}$ ), energy steric ( $E_{\text{ST}}$ ), molar refraction (MR), electron affinity ( $A_e$ ), heat of formation ( $Q_{\text{form}}$ ), ionization potential ( $V_i$ ) were significant for the description of the activity of the compounds examined.

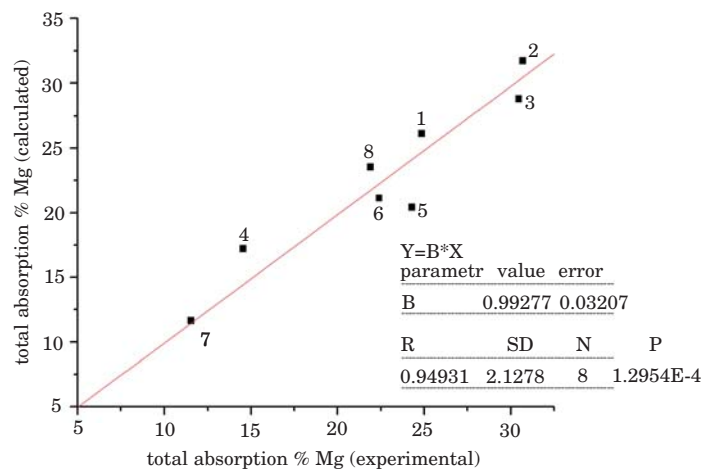


Fig. 1. Relationship between the total amount of absorbed Mg (%) determined experimentally and calculated from equation (1). Numbers denote magnesium salts: 1 – nicotine, 2 – levulinate, 3 – pyridoxinate, 4 – glutarate, 5 – adipate, 6 – glutamate, 7 – glycerophosphate, 8 – aspartate

Rys. 1. Zależność między całkowitą ilością zaabsorbowanego Mg (%) określoną eksperymentalnie i obliczoną z równania (1). Numery oznaczają sole magnezowe: 1 – nikotynian, 2 – lewulinian, 3 – pirydoksynian, 4 – glutaran, 5 – adypinian, 6 – glutaminian, 7 – glicerynofosforan, 8 – asparaginian

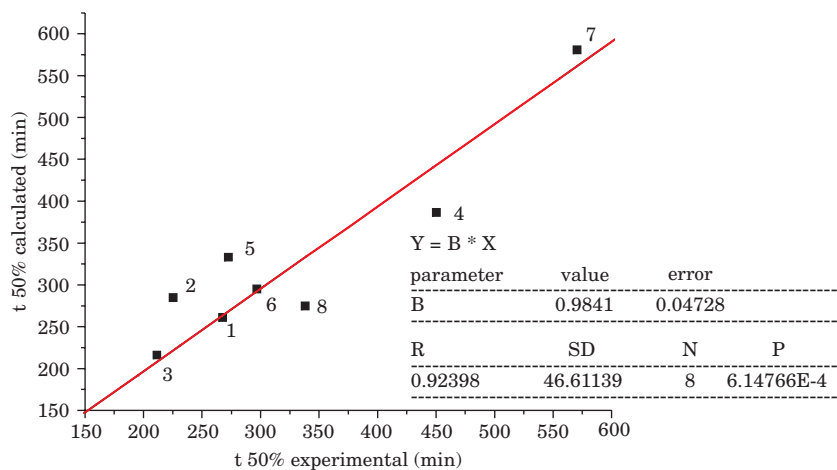


Fig. 2. Relationship between  $t_{50\%}$  determined experimentally and calculated from equation (2). The numbers denote magnesium salts: 1 – nicotine, 2 – levulinate, 3 – pyridoxinate, 4 – glutarate, 5 – adipate, 6 – glutamate, 7 – glycerophosphate, 8 – aspartate

Rys. 2. Zależność między  $t_{50\%}$  określonym eksperymentalnie i obliczonym z równania (2). Numery oznaczają sole magnezowe: 1 – nikotynian, 2 – lewulinian, 3 – pirydoksynian, 4 – glutaran, 5 – adypinian, 6 – glutaminian, 7 – glicerynofosforan, 8 – asparaginian

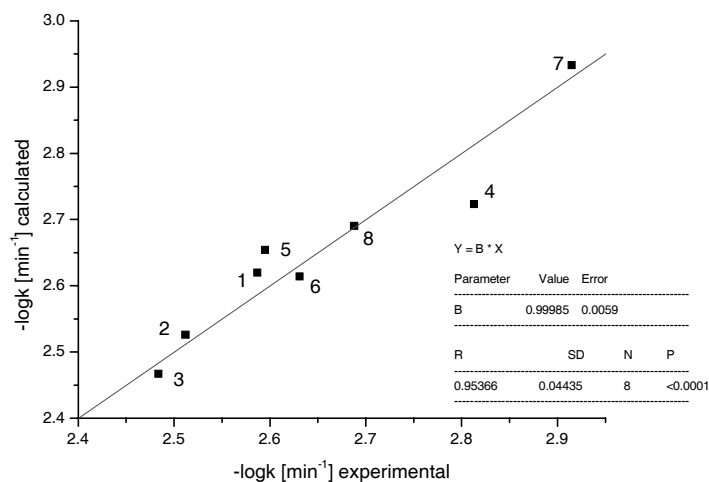


Fig. 3. Relationship between the log k value determined experimentally and calculated from equation (3). Numbers denote magnesium salts: 1 – nicotinate, 2 – levulinate, 3 – pyridoxinate, 4 – glutarate, 5 – adipate, 6 – glutamate, 7 – glycerophosphate, 8 – aspartate

Rys. 3. Zależność między wartością log k określoną eksperymentalnie i obliczoną z równania (3). Numery oznaczają sole magnezowe: 1 – nikotynian, 2 – lewulinian, 3 – pirydoksynian, 4 – glutaran, 5 – adypinian, 6 – glutaminian, 7 – glicerynofosforan, 8 – asparaginian

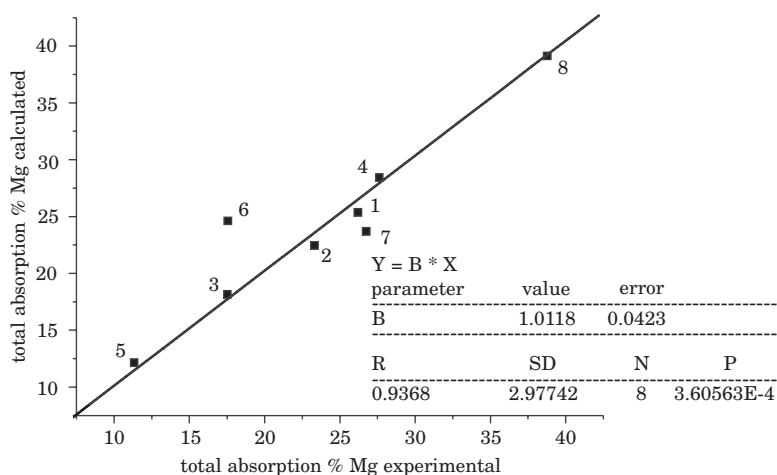


Fig. 4. Relationship between the total amount of absorbed (2h) Mg (%) determined experimentally and calculated from equation (4). Numbers denote magnesium salts with additional arginine ligand: 1 – glutamate, 2 – aspartate, 3 – nicotinate, 4 – adipate, 5 – glycerophosphate, 6 – glutarate, 7 – levulinate, 8 – pyridoxinate

Rys. 4 Zależność między całkowitą ilością Mg zaabsorbowanego po 2 h (%) określoną eksperymentalnie i obliczoną z równania (4). Numery oznaczają sole magnezowe z dodatkowym ligandem argininy: 1 – glutaminian, 2 – asparaginian, 3 – nikotynian, 4 – adypinian, 5 – glicerynofosforan, 6 – glutaran, 7 – lewulinian, 8 – pirydoksynian

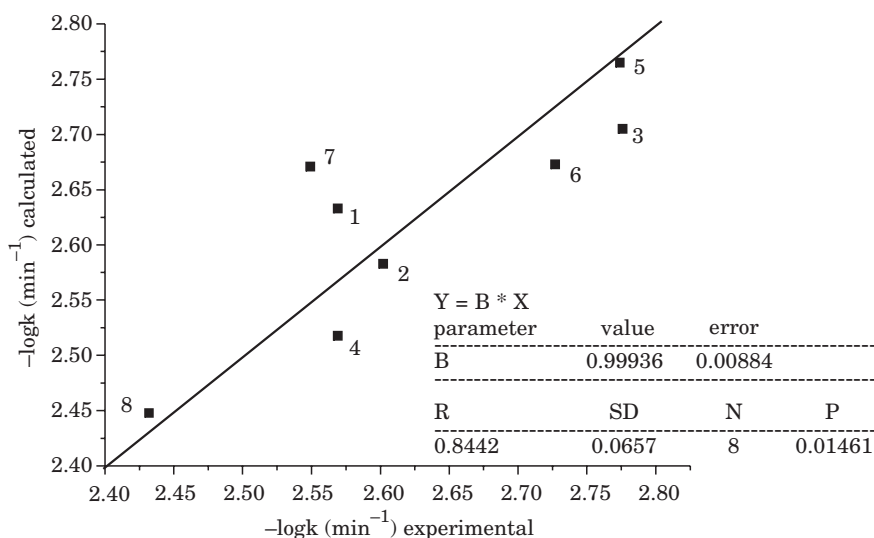


Fig. 5. Relationship between the log k value determined experimentally and calculated from equation (5). Numbers denote magnesium salts with additional arginine ligand: 1 – glutamate, 2 – aspartate, 3 – nicotinate, 4 – adipate, 5 – glycerophosphate, 6 – glutarate, 7 – levulinate, 8 – pyridoxinate

Rys. 5. Zależność między wartością log k określoną eksperymentalnie i obliczoną z równania (5). Numery oznaczają sole magnezowe z dodatkowym ligandem argininy: 1 – glutaminian, 2 – asparaginian, 3 – nikotynian, 4 – adypinian, 5 – glicerynofosforan, 6 – glutaran, 7 – lewulinian, 8 – pirydoksynian

Comparing log P values of the examined parent compounds with additional ligand compounds, the lowering of log P values was noticed in following magnesium salts: Mg[Adip-Arg], Mg[Glut-Arg], Mg[Nic-Arg], Mg[Pyrid-Arg], Mg[Lev-Arg], Mg[Glcph-Arg].

This may indicate increasing hydrophilic properties for the studied salts (Table 1).

In the case of Mg[Asp-Arg] and Mg[Glu-Arg], introduction of arginine as an additional ligand influences log P values (-3.634, -3.382, respectively), i.e. it causes increase in their lipophylic properties. As shown in the Table 1, log P values are the highest for magnesium adipate (-0.606) and the lowest for magnesium aspartate (-5.058). Such a change seems to take place due to the guanidine group, which can form hydrogen bonds. Introducing an additional ligand to the structure of a parent compound caused increase in the value of molar refraction and also in the area available for the solvent. Meanwhile, the dipole moment value was decreased for Mg[Asp-Arg] (13.65 Debye), Mg[Glu-Arg] (9.07 Debye). Slight changes in the dipole moment value were observed for Mg[Nic-Arg] (11.13 Debye). The difference in the values obtained for dipole moments indicate the importance of the arrangement of atoms in conformational space. Analysis of

Tabela 1  
Table 1

QSAR analysis results, some descriptors for the examined compounds  
Wyniki analizy QSAR, niektóre deskrytory dla badanych związków

Magnesium salt	log P	Dipole moment (D)	Molar refraction	Solvent Accessible Surface (Å <sup>2</sup> )
Aspartate (Asp)	-5.058	13.91	55.04	134.8
Glutamate (Glu)	-4.555	15.07	64.55	150.4
Adipate (Adip)	-0.606	4.05	31.07	90.67
Glutarate (Glut)	-1.002	4.15	26.47	85.99
Nicotinate (Nic)	-0.157	11.16	59.65	129.4
Levulinate (Lev)	-0.680	3.49	52.51	134.8
Glycerophosphate (Glycph)	-1.678	7.12	23.63	126.8
Pyridoxinate (Pyrid)	-0.543	1.30	86.13	155.6
Asp-Arg	-3.634	13.65	73.04	141.6
Glu -Arg	-3.382	9.07	77.79	166.3
Adip-Arg	-1.200	20.80	77.42	151.0
Glut-Arg	-1.596	16.07	72.82	155.6
Nic - Arg	-1.183	11.13	75.34	155.9
Lev - Arg	-1.445	11.74	71.77	147.5
Glycph-Arg	-1.941	15.29	75.50	196.9
Pyrid-Arg	-1.377	12.71	88.52	169.3

the dependence between the structure and physicochemical properties of the compounds: Mg[Asp-Arg], Mg[Glu-Arg] and Mg[Adip-Arg], Mg[Glut-Arg] confirmed the influence of a  $-CH_2-$  additional group in the aliphatic chain. As a result of this research it was found that increasing the chain length with a  $-CH_2-$  group influences polarity, which is the sum of intramolecular reactions, e.g. donor-acceptor and hydrogen bonding occurrence. The molecules possessing additional polar functional groups (e.g. amino, carboxyl) also influence polarity. Moreover, the influence of such parameters as the solvent accessible surface areas, volume and molecular mass was noticeable. These parameters indicate the geometrical areas and volumes which may influence  $Mg^{2+}$  ions migration through membranes.

## CONCLUSION

Increase in the length of the chain of a parent compound with an arginine ligand causes a change in the value of the log P partition coefficient. The presence of a nucleophilic and an electron acceptor groups ( $-\text{NH}_2$ ,  $-\alpha \text{COOH}$ ) conditions intramolecular bonds which, in turn, influence the drug's activity in a lipid phase (e.g. with cellular membranes).

Having determined multiple linear correlations between the determined descriptors and experimental data of the parameters of the examined magnesium compounds, the correlation coefficient values were found to be 0.854–0.954.

The change in the biological activity correlates with changes in the steric and electronic factors of the molecule compound.

## REFERENCES

- ANDERSON W. P., CUNDARAI T.R., DRAGO R.S., ZERNER M.C. 1990. *Utility of the semiempirical INDO/1 Method for the calculation of the geometries of second-row transition-metal species*. Inorg. Chem., 29 (1):1-5.
- BALQUIERE C., BERTHON G. 1987. *Speciation studies in relation to magnesium bioavailability. Formation of Mg(II)Complexes with glutamate, aspartate, glycinate lactate, pyroglutamate pyridoxine and citrate, and appraisal of their potential Significance Towards Magnesium Gastrointestinal Absorption*. Inorg. Chim. Acta, 135, 179-189.
- CLARK T.A. 1985. *Handbook of Computational Chem.*
- CLASSEN H.G. 2002. *Magnesium -L-aspartate hydrochloride: experimental and clinical data*. J. Clin. Basic Cardiol. 5: 43-47
- CRAIG P.N. 1990. In: *Comprehensive Medicinal Chemistry*. Hansch C., Sammes P.G., Taylor J.B., eds. Pergamon Press. Oxford (Drayton C.J, volume ed), 6: 237
- DURLACH J., PAGCS N., BAC P., BARA M., GUIET-BARA A. 2005. *Magnesium depletion with hypo- or hyper- function of the biological clock may be involved in chronopathological forms of asthma*. Magnes. Res., 18: (1): 19-34.
- GHOSE A.K., PRITCHETT, CRIPPEN G.M. 1988. *Atomic physicochemical parameters for three dimensional structure-activity relationships III. Modeling hydrophobic interactions*. J. Comput. Chem., 9 (1): 80-90.
- HANSCH C., LEO A. 1979. *Substituent constants for correlation analysis in chemistry and biology*. John Wiley, New York.
- HORODYJEWSKA A., PASTERNAK K. 2004. *Magnez a układ sercowo-naczyniowy*. J. Elementol., 9 (1): 71-80.
- KLAMAT A., SCHURMAN G. 1993. *COSMO: New approach to dielectric screening in solvent with explicit expressions for the screening energy and its gradient*. J. Chem. Soc. Perkin Trans., 2: 799-805.
- MARCOIN W., SZULC B. 2002. *Influence of aminoacid anions on the absorption process of Mg<sup>2+</sup> ions in vitro*. Sc. Pharm., 70: 29-37.
- SPASOV A.A., PETROV V.I., IEZHITSIA I.N., ONISHENKO N.V., CHURBAKOVA N.V., PARSHEV V.V. 2003. *Study of pharmacological activity of complex magnesium-containing preparation based on mineral bishfit and pyridoxine hydrochloride in a rat model of chronic alcoholic intoxication*. Eksp. Klin. Farmokol. Sept-Oct, 66 (5):40-44.



---

Wacława Marcoin

**MOLECULAR MODELLING OF SELECTED ORGANIC MAGNESIUM SALTS.  
STRUCTURE – ACTIVITY RELATIONSHIP**

Key words: QSAR, organic magnesium salts, hydrophobicity.

Abstract

Contemporary medical and biochemical research shows that Mg complex with organic ligands seem to be of great interest to researches. The study was undertaken in order to look for new drugs, which could meet the needs and expectations of clinical doctors.

The selected QSAR parameters describing the geometrical structure of magnesium salts were compared with the log P values in order to estimate bioavailability of magnesium from these compounds. Intramolecular reactions e.g. donor-acceptor and occurrence of hydrogen bonding influencing values of the calculated surface area of molecules to their volume and changes of log P value and polarity were confirmed.

**MOLEKULARNE MODELOWANIE WYBRANYCH ORGANICZNYCH  
SOLI MAGNEZOWYCH. ZALEŻNOŚĆ STRUKTURA – AKTYWNOŚĆ**

Słowa kluczowe: QSAR, organiczne sole magnezowe, hydrofobowość.

Abstrakt

Współczesne badania medyczne i biochemiczne wykazały, że kompleksy Mg<sup>2+</sup> z ligandami organicznymi wydają się interesujące. Poszukiwania coraz to nowych leków, które spełniłyby oczekiwania klinicystów, były inspiracją podjętych badań. Obliczono wybrane parametry QSAR opisujące geometryczną strukturę soli magnezowych i porównano je z wartością log P, aby móc ocenić biodostępność jonów magnezowych z tych związków. Potwierdzono oddziaływania wewnątrzcząsteczkowe typu donor-akceptor i wiązania wodorowe, mające wpływ na obliczone wartości powierzchni cząsteczek, ich objętości oraz zmiany wartości log P i polaryzowalności.



**Wacław Marcoin<sup>1</sup> Henryk Duda<sup>2</sup>**

## **INFLUENCE OF GLYCINE AND ARGININE LIGANDS ON SOME OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF MAGNESIUM ASPARTATE**

**<sup>1</sup> Chair and Department of Pharmaceutical Technology,  
Medical Academy of Silesia**

**<sup>2</sup> A. Chełkowski Institute of Physics, University of Silesia,  
40-007 Katowice, Poland**

### **INTRODUCTION**

Magnesium aspartate, which belongs to average chelates, is a good supplement and because of this it is commonly used in magnesium therapy (CLASSEN 2002, SPATLING et al. 2000, WINK et al. 2001, DURLACH, SARIS 2000). Aspartic acid creates the complex with Mg and is essential for magnesium transport through membrane and blood vessel barriers into blood and tissue. The change of properties of magnesium salts desired by medical therapists in order to improve both Mg absorption and transport can be obtained by introducing new substituents into the structure of magnesium aspartate (MARCOIN et al. 2002).

Amino acids, the basic components of proteins, are the proper compounds to affect some change in the therapeutic activity and thus have long been applied in therapeutics. The development of bioinorganic chemistry draws the attention of research workers to complexes of amino acid chelates with metallic ions. Introducing amino acid ligands of different structure into magnesium aspartate causes various electronic, lipo- and hydrophilic effects. Its also results in physico-

---

W. Marcoin, Chair and Department of Pharmaceutical Technology, Medical Academy of Silesia, str. Jagiellońska 4, 41-200 Sosnowiec, Poland

chemical changes which are significant factors for pharmaceutical availability (OLEDZKA 1999).

Crystallization water present in a drug influences its dissolution, which in turn influences its availability and therapeutic effect (MEREDITH 1996).

Some more information on the basis of  $^1\text{H}$  NMR studies on magnesium coordination with aspartic acid were presented by CIUNIK (1987). The following structure of magnesium-L-aspartate hydrochloride trihydrate has been proven by SCHMIDBAUR et al. (1986). The thermal decomposition of magnesium salts with glycine and methionine was studied by NEAMTU et al. (1986).

The review of the available literature indicates that there have been no studies on mixed ligand complexes of amino acid with magnesium. Consequently, a synthesis of new compounds: magnesium aspartate glycinate and magnesium aspartate arginate, was carried out.

The examination of the structure of these compounds presented hereby was conducted by density functional theory (DFT) at B3 PW11 level. Spectral characteristics of  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR and IR obtained experimentally were compared with the data resulting from the calculations and described in other publications (MARCOIN et al. 2004, 2005).

The investigations on the thermal properties of magnesium aspartate and mixed ligand salts provide information on the phase transitions in these salts. This paper presents mainly the measurements of the dehydration process of magnesium complexes using the thermal analysis.

## MATERIALS AND METHODS

The preparation of magnesium aspartate has been described previously (MARCOIN et al. 1991). All the reagents used, purchased from Merck and Sigma Company, were chemically pure.

The identification of the synthesized Mg salts was done by the elemental analysis method (C, H, N). The content of magnesium was measured by atomic absorption spectrophotometry (Carl Zeiss Jena model AAF 3) at the wavelength of 285.2 nm.

*magnesium aspartate tetrahydrate:*  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

*Anal.* For  $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2\text{Mg}$  : Calcd.(%) C, 26.66; H, 5.55; N, 7.77; Mg, 6.74. Found (%) C 26.08; H, 5.12; N, 7.35; Mg, 6.31 – mol.wt.-360.39,  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

*Preparation of the magnesium aspartate glycinate pentahydrate and magnesium aspartate arginate heptahydrate (in this work:  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}]5\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).*

The complexes of  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}]5\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  were obtained from a reaction of magnesium aspartate and an appropriate amino acid (glycine or arginine) in an aqueous solution at the molar ratio of 1:1. The synthesis was carried out by vigorous stirring for 3 hours at 353 K. The products were isolated from the solution by vacuum evaporation, and then crystallized from methanol and dried at room temperature.

*Anal.* For  $\text{C}_6\text{H}_{20}\text{O}_{10}\text{N}_2\text{Mg}$ : Calcd.(%) C, 23.67 ; H, 6.57; N, 9.20; Mg, 7.98. Found.(%) C, 23.44; H, 6.40; N, 8.90; Mg, 7.81. – mol.wt.304.37 –  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

*Anal.* For  $\text{C}_{10}\text{H}_{33}\text{O}_{12}\text{N}_5\text{Mg}$ : Calcd.(%) C, 27.33; H, 7.51; N, 15.93; Mg, 5.53. Found.(%) C, 28.25%; H, 7.10; N, 7.15; Mg, 5.22. – mol wt. 439.41 –  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

## THERMAL ANALYSIS

Thermogravimetry was carried out in air using a Paulik-Paulik-Erdey (MOM, Budapest) Derivatograph. The weight of powder samples was between 20–25 mg. Decomposition was carried out in platinum crucibles at a rate of 2.5 deg/min in a static air atmosphere up to 500 K, using  $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$  as standard material.

Differential scanning calorimetry (DSC) analysis was done. The measurements were performed using a Perkin Elmer DSC-7. The sample weight was 0.50–10 mg and all the sample were heated at a rate of 20 deg /min in a dynamic nitrogen atmosphere, according to the Perkin Elmer program. The decomposition was carried out at the maximum temperature of 500 K.

## RESULTS AND DISCUSSION

The magnesium salts analysed were identified by the elemental analysis, IR and  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR (MARCOIN et al. 2004, 2005). The elementary and spectral analysis confirmed the course of synthesis. Thus, the compounds were obtained in the form of white powder soluble in water.

The results of thermal analysis of the magnesium salts are summarized in Figures 1 and 2 and in Table 1. The DTA and TG curves were mainly taken into consideration in the evaluation of thermal resistance in the range of 300–500 K. Introducing glycinate or arginate ligands into the structure of the salts caused some change in their thermal properties. The visual results of such changes are shown in the DTA and TG curves in Figs. 1–2. The plateau was observed up to 412 K temperature indicating that no changes occurred in the DTA profile of  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Fig. 1). Comparing the profiles of magnesium aspartate glycinate pentahydrate and magnesium aspartate arginate heptahydrate (Fig. 1) with

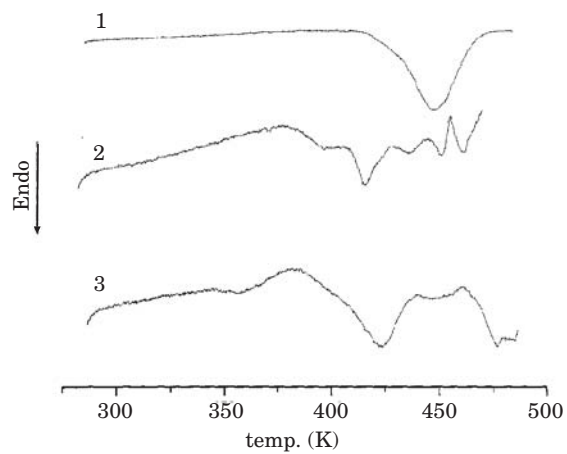


Fig. 1. DTA profiles for : 1-  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 2-  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  
3-  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

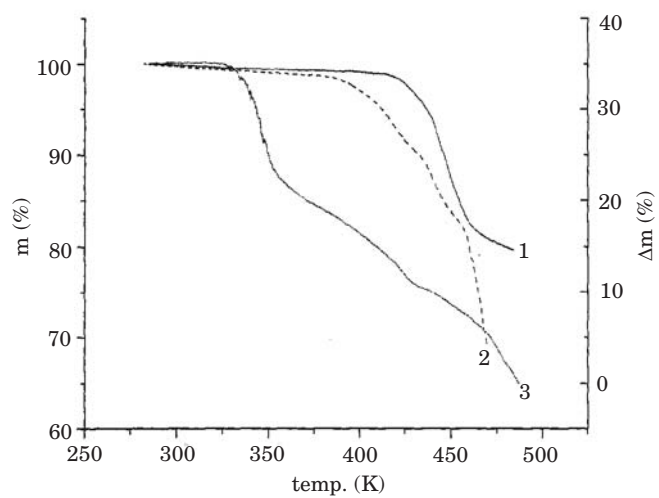


Fig. 2. TG profiles for: 1-  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 2-  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  
3-  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Table 1

DSC for salts:  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 

Compounds	DSC peak T (K)	DH (kJ/mol)
$\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	448	155.82
	495	49.32
$\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	406	7.13
	435	8.32
	470	16.84
$\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	426	44.82
	473	7.12
	498	15.56

the DTA profile of magnesium aspartate tetrahydrate some influence of the additional ligands can be observed. The characteristic peaks are moved towards lower temperatures: for  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  to the temperature level of 375 K, and for  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  to the temperature of 342 K. Comparing the DTA curves for  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  one can see some differences. The influence of the ligands (glycinate, arginate) on the thermal properties of the magnesium salts:  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , can be observed, leading to their decomposition in lower temperature. Above the temperature of 450 K additional endothermic peaks appear in the DTA profile of  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}]$  and  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}]$ .

The TG curves in Fig. 2. illustrate the main thermal process: dehydration of the magnesium salts. The TG curve in Fig. 2 shows a gradual weight loss up to 500 K. The dehydration processes can be represented as shown in Table 1. In the case of magnesium aspartate tetrahydrate the plateau was observed at temperature 412 K. In Fig. 2 four water molecules are liberated from of  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  in a one step process which began at ca 412 K and finished at 482 K. The weight loss was 20% (4 water molecules). Magnesium aspartate glycinate pentahydrate is stable up to 380 K. In this case two steps of a dehydration process were observed. In the first step, below 285 K, 1.56% of the weight was lost. Then, within the range of 380 K and 468 K the weight loss was of 28.1%. The total weight loss was of 29.6% (5 water molecules). In the case of  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  the plateau is visible up to 325 K and two dehydration steps are observed: in the first step, within the range of 325 K and 355 K, the weight loss equals 12.5%, and in the second step, at 355 K to 468 K, the weight loss is of 17.1%. The total weight loss was 29.6% (7 water molecules). From the comparative analysis of the TG curves it is possible to draw the following conclusion: the number of molecules of crystallization water previously calculated by elemental analysis was confirmed.

Introduction of an amino acid anion into the original compound molecule influences the changes of its physicochemical properties. The study carried out with the DSC technique was aimed at measuring the enthalpy value in a dehydration process of the salts. The results of the DSC thermal analysis are shown in Table 1. The DSC analysis for  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  showed the endothermic peak at 448 K, which was connected with the dehydration process, while the heat value of such transition equalled  $\Delta H = 155.82 \text{ kJ/mol}$ , and at 495 K the value of  $\Delta H$  was 49.32 kJ/mol. In the case of  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  the first endothermic peak was connected with the dehydration observed at 406 K ( $\Delta H = 7.13 \text{ kJ/mol}$ ), the second endothermic peak appeared at the temperature of 435 K ( $\Delta H = 8.32 \text{ kJ/mol}$ ), and the third one – at 470 K ( $\Delta H = 16.84 \text{ kJ/mol}$ ). For  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  the first endothermic peak was observed at 426 K ( $\Delta H = 44.82 \text{ kJ/mol}$ ). The second endothermic peak indicated the dehydration process at 473 K (value  $\Delta H = 7.12 \text{ kJ/mol}$ ). At the temperature 498 K another endothermic peak is connected with the dehydration process enthalpy value of  $\Delta H = 15.56 \text{ kJ/mol}$ . The comparison of the results obtained by these two methods, DTA and DSC, has shown some transition of the endothermic peak towards higher values, which was caused by the difference in the heating speed. The curve for  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  shows that dehydration was a one step process, while the curves for  $\text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  and for  $\text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  in Fig. 2 imply that in these two cases dehydration is not a one stage process. Based on these experimental results (Fig. 2), with regard to the weight loss caused by the heating of the samples, some conclusions were drawn, which indicated the influence of the chemical structure of a substance on its thermal properties. The main processes of decomposition showed that the stability of these complexes decreased in the following order:  $\text{Mg}[\text{Asp}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O} > \text{Mg}[\text{Asp-Gly}] \cdot 5\text{H}_2\text{O} > \text{Mg}[\text{Asp-Arg}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

## CONCLUSIONS

The results show that thermal decomposition of the hydrated magnesium salts begins with a release of crystallization water. Comparing the thermal stability of the hydrate magnesium complexes with the stability of the basic compound of magnesium aspartate, the influence of additional ligands on the physicochemical properties of the salts is readily observed. In conclusions, we can say that the thermal stabilities of the complexes analysed in the present experiments depend on the nature of the ligands.



---

**REFERENCES**

- CLASSEN H.G. 2002. *Magnesium-L-Aspartate Hydrochloride: Experimental and Clinical Data*, J. Clin. Basic Cardiol., 5: 43-47.
- CIUNIK Z. 1987. *Crystal structure of Mg(II) and Mn(II)-DL-aspartate tetrahydrate*. Pol. J. Chem., 61: 521-527.
- DURLACH J. 1993. *Present and future of magnesium research*. J. Jap. Soc. Mag. Res., 12: 113-135.
- MARCOIN W., SZULC B. 2002. *Influence of amino acid anions on the absorption process of Mg<sup>2+</sup> ions in vitro*. Sc. Pharm., 70: 29-37.
- MARCOIN W., PASTERNY K., PASTERNA G. 2004. *Theoretical and experimental studies on magnesium aspartate-glycine*. Physic. Med., 20 (Suppl. 1): 120-122.
- MARCOIN W., PASTERNY K., WRZALIK R. 2005. *Quantum-mechanical calculations of magnesium aspartate-arginine structure and spectroscopic characteristics*. J. Mol. Struct., 743: 85-92.
- MARCOIN W., RYSZKA F. 1991. *Selected magnesium compounds of expected pharmacological activity*. Ann. Acad. Med. Siles., 23:45-53.
- MEREDITH P.A. 1996. *Generic drugs. Therapeutic equivalence*. Drug Safety, 4: 15-19.
- NEAMTU M., SANDULESCU R., GRECU J. 1986. *Complex combining of some bioelements with amino acids simple and mixed complexes of Mg (II) and Al.(III) with amino acids*. Farmacia, 34: 29-38.
- OLEDZKA R. 1999. *Influence of magnesium*. Biul. Magnezol., 4: 229-235.
- SARIS N.E. 2000. *Magnesium. An update on psychological. Clinical and analytical aspects*. Clin. Chim. Acta, 294: (1-2): 1-26.
- SCHMIDBAUR H., MÜLLER G., RIEDE J., MANNINGER G., HELBIG J. 1986. *Ein Beitrag zur Strukturaufklärung des pharmakologisch wirksamen Magnesium-L-aspartate-Komplexes*. Angew. Chem., 98: 1014-1016.
- SPATLING L., CLASSEN H.G., KULPMANN W.R., MANZ F., ROB P.M., SCHIMATSCHKEK H.F., VIERLING W., VORMANN J., WEIGERT A., WINK K. 2000. *Diagnostik des Magnesium-mangels*. Fortscher Med. – Originalien, 118: 49-53.
- WINK K., CLASSEN H.G. 2001. *Magnesium in der Pravention und Therapie kardiovaskularer Erkrankungen*, Internist Prax, 41: 1-4

**Wacław Marcoin, Henryk Duda**

**INFLUENCE OF GLYCINE AND ARGININE LIGANDS ON SOME  
PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF MAGNESIUM ASPARTATE**

Key words: magnesium aspartate, glycinate and arginate ligands, thermal analysis, dehydration.

Abstract

Hydrate complexes of magnesium aspartate, magnesium aspartate glycinate, magnesium aspartate arginate have been synthesized and characterized by the elemental and spectral analysis.

The formulae of the magnesium complexes were  $\text{Mg}(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{N})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{N}_2) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , and  $\text{Mg}(\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_5\text{N}_5) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

The main thermal process: dehydration of the complexes, was studied using the thermoanalytical methods: differential thermal analysis (DTA), thermogravimetric analysis (TG), and differential scanning calorimetry (DSC) measurements. The influence of additional ligands (glycinate or arginate) introduced to the structure of magnesium aspartate on the physicochemical properties of the newly synthesized compounds was analysed.

### **WPLYW LIGANDÓW GLICYNY I ARGININY NA NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE ASPARAGINIANU MAGNEZOWEGO**

Słowa kluczowe: asparaginian magnezowy, ligandy: glicynianowy i arginianowy, analiza termiczna, dehydratacja.

#### **Abstrakt**

Metodą analizy elementarnej i spektralnej scharakteryzowano syntezowane hydraty kompleksów asparaginianu magnezowego, glicynianoasparaginianu magnezowego, arginiano-asparaginianu magnezowego, Kompleksy magnezowe o wzorach :  $\text{Mg}(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{N})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{N}_2) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}(\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_5\text{N}_5) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Zastosowano metody termooanalityczne: różnicową termiczną analizę (DTA), termogravimetryczną analizę (TG), skaningową kalorymetrię różnicową (DSC) do badania głównego procesu termicznego: dehydratacji badanych kompleksów. Potwierdzono wpływ wprowadzonych do struktury asparaginianu magnezowego dodatkowych ligandów glicyny lub argininy na fizykochemiczne właściwości nowo syntezowanych związków.

**Magdalena Pieszka, Maria Kulisa**

## **THE EFFECT OF AGE AND HEAT TERM AND DURATION ON MAGNESIUM CONTENT IN MARES' MILK**

**Horse Breeding Department, Agricultural University in Kraków**

### **INTRODUCTION**

Foals spend the first days of their lives with their mothers (CROWELL-DAVIS 1986) and feed only on mares' milk, which is complete food for a young organism, containing all the components necessary for proper growth and development (SASIMOWSKI, BUDZYŃSKI 1988). It is very important to feed the mare properly during that time (MAX 1996). Milk composition changes during lactation (KULISA 1970). The growth rate of foals depends on the changes which could be connected to the physiological state of a mare, including its heat and pregnancy. During the first hours after parturition, the mammary gland produces colostrums, which is richer in dry matter, protein, fat, vitamins and all minerals except calcium (CSAPO-KISS et al. 1995) and phosphorus (GRACE et al. 1999b) but contains less lactose (BOUWMAN, VAN DER SCHEE 1978, KULISA 1980). Mineral elements play a very important role in the development of young organisms, both because of their building properties and also as important components of enzymes catalyzing basic biochemical reactions (ANDERSON 1991). The quantities and proportions of minerals decide about the proper development of horses. But their content in a mare's milk is relatively low. Depressed levels of minerals in milk causes disturbances in bones' and teeth's development and in cell metabolism. A deficit in minerals means that the proportions between elements are not balances, which leads to abnormalities in the assimilation of nutrients in intestines.

Magnesium, like calcium and phosphorus, is found mainly in bones and teeth (GRACE et al. 1999a), with the remaining amounts present in soft tissues and liquids. In milk magnesium is found as dissolved compounds (75%), colloids and some free ions. Positive correlation was found between magnesium and calcium content (PIJANOWSKI 1984). Magnesium is one of the most important activators of enzymes and its deficit could cause many metabolic diseases (trismus and jerks) (SASIMOWSKI, BUDZYŃSKI 1988).

The aim of this study was to evaluate Arabian mares in terms of their age and heat term and duration in relation to the concentration of magnesium in their milk.

## MATERIAL AND METHODS

The research was carried out on 30 mares and 30 foals of Arabian breed. Milk samples were collected from mares to evaluate the magnesium level. The first milking was carried out 2 days after parturition, which was when the milk had already changed from colostrums. (LE BLANC 1990, MCCLURY 1993, TISCHNER et al. 1996). The next samples were collected every 2 days until day 30 after birth. Mares were milked in the afternoon when it was quiet in the stable. Milk samples (about 150 ml) were obtained by hand milking into sterile, plastic bottles with procaine penicillin as a preservative and then the samples were frozen in  $-20^{\circ}\text{C}$  until the chemical analysis. In the next stage the concentration of magnesium was determined. For this purpose all samples were lyophilized in a Labor-Mim 90 apparatus and then mineralized in a mixture of acids (1 part of nitric acid : 1.5 part of perchloric acid). The ash samples were then dissolved in distilled water and analyzed in a Philips PU 9100 apparatus (ANON 1982). Magnesium content was defined in mg/kg of milk.

Afterwards, the mares were divided into three groups according to these factors:

- Mares' age: I group – younger mares to 8 years, II group – mares age from 8 to 12 years, III group – older mares over 12 years of age.
- Heat term: I group – mares with earlier heat on day 4 to 7 after parturition, II group – mares with heat on day 8 to 10 after parturition, III group – mares with later heat on 9 to 30 day after parturition.
- Heat length: I group – mares with shorter heat 1–3 days, II group – mares with heat of 4–7 days; III group – mares with longer heat of 8–12 days.

The results were statistically worked out using computer program Statistica for Windows 5.0. Milk composition was analyzed according to one-factor variance analysis:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij}$$

- $\mu$  – mean of the population,  
 $a_i$  – effect of the factor on milk composition,  
 $e_{ijkl}$  – random error.

Duncan's test was used to show if there were any statistical differences between the groups.

## RESULTS AND DISCUSSION

The average magnesium level in the Arabian mares' milk was 95.86 mg/kg of milk. The mare called Plisa produced milk with the highest average concentration of magnesium (154.15 mg/kg of milk) and Grenlandia's milk was the poorest in Mg (44.83 mg/kg of milk). Magnesium content in milk was significantly positively correlated with the levels of phosphorus, sodium, potassium, zinc, copper and lithium. No negative correlation coefficients were observed in the study (Tab. 1). Figure 1 shows the curve of magnesium concentration in the mares' milk during 30-day-long lactation. The highest level was observed on the 4th day after parturition (118.91 mg/kg of milk), and the lowest – on the 18th day of lactation (84.61 mg/kg of milk). The concentration of magnesium clearly tended to decrease in the first half of the lactation observed, i.e. between day 4 and 12 (Fig. 1).

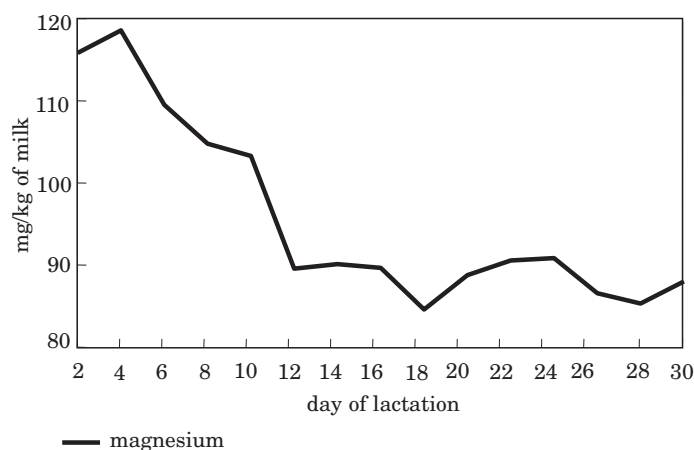


Fig. 1. Magnesium level in Arabian mares' milk during first month of lactation

The older mares produced milk with the highest level of magnesium during the whole lactation period, with only one exception – on the 24th day after parturition younger mares gave milk richer in magnesium. Significant statistical differences were observed in 2, 4 and 12 days between older and other mares (Fig. 2).

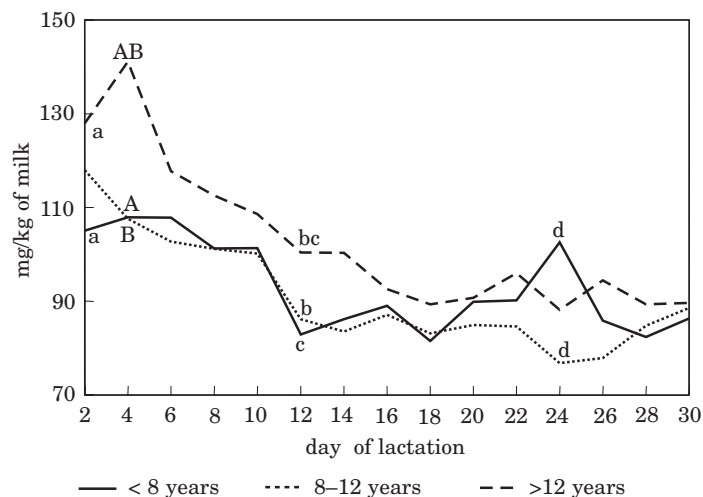


Fig. 2. Magnesium level in Arabian mares' milk during first month of lactation concerning mares' age. Values marked by the same capital letters differ highly significantly ( $P=0.01$ ), small letters – significantly ( $P=0.05$ )

As regards the heat term, mares with earlier heats produced milk with the lowest content of magnesium during whole lactation except day 24, when the Mg level was higher than in milk of the other mares. Significant differences were observed on days 2, 4, 8 and 12 after parturition. The magnesium content was observed to have decreased for the group of mares on heat later than 10 days after parturition (Fig. 3).

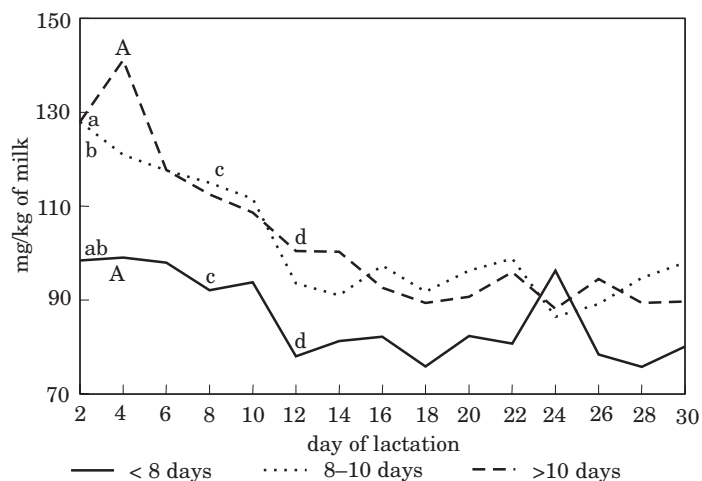


Fig. 3. Magnesium level in Arabian mares' milk during first month of lactation concerning terms of mares' heat. Values marked by the same capital letters differ highly significantly ( $P=0.01$ ), small letters – significantly ( $P=0.05$ )

While analysing the effect of heat duration on the magnesium content in milk it was noticed that mothers with an length of heat (4–7 days) produced milk richer in magnesium than mares with longer heats. Significant differences between these groups were observed on days 6, 8, 18, 20 and 30 after parturition (Fig. 4).

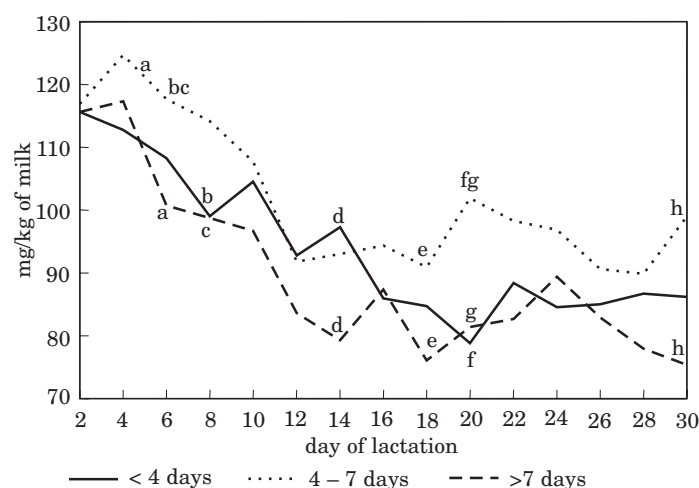


Fig. 4. Magnesium level in Arabian mares' milk during first month of lactation concerning the length of mares' heat. Values marked by the same capital letters differ highly significantly ( $P=0.01$ ), small letters – significantly ( $P=0.05$ )

The environmental conditions have a significant effect on milk composition (KULISA 1970). LONERDALL (2000) in a study concerning women's milk suggested that there was a special mechanism in the mammary gland regulating the level of mineral elements regardless of the mothers' diet. During the first week after parturition it is possible to observe noticeable changes in the concentration of milk components, which is connected to the transformation from colostrums into milk (CSAPO-KISS et al. 1994). On the first day after parturition colostrums differs the most from milk (JOHNSTON et al. 1970, FUENTES GARCIA et al. 1991), being much richer in minerals (OFTEDAL, JENNES 1988).

It is necessary to point that PEAKER et al. (1979), who studied the mammary gland secretion 3 weeks before foaling, stated that sodium and chlorine levels decrease but the concentrations of calcium, phosphorus, magnesium and potassium increase during that time. They also found out that the amounts of calcium in mammary secretion before foaling could be an indicator for assessing the parturition time. Similar conclusions were drawn by LEY (1994) and LISOWSKA et al. (1995). HOWEVER, WALECHLI et al. (1990) suggested that early secretion from the mammary gland before foaling is the most important cause for poor value of the colostrums.

The average level of magnesium in this study was slightly higher than the results obtained by other researchers except HOLMES et al. (1947), who determined 112 mg of magnesium in kg of milk on day 28 of lactation. In the same study, the concentration of magnesium tended to decrease. Similar dependencies were shown by other authors (SONNTAG et al. 1996). GRACE et al. (1999) determined 298 mg of magnesium in kg of milk on the 1st day after parturition and 58 mg of magnesium in kg of milk on the 28th day of lactation. CSAPO-KISS et al. (1994) observed significant decrease in the magnesium content from 140 mg/kg on day 2 to 66 mg/kg on day 45 of lactation in the milk from different breeds, but MARTUZZI et al. (1995) showed 116 mg/kg on day 3 and 88 mg/kg on day 40 after parturition. No correlation coefficients between magnesium and the content other minerals in the mares' milk were found in the present research.

Our results show that the age factor has a significant effect on the magnesium content in the mares' milk. Significantly higher magnesium concentration was determined in the milk from the older mares. Many authors suggested that age is a limiting factor for milk production, especially in mares older than 15 years (SIANYEVA 1954, LEONHARD 1956, ALAGUZHIN 1964, 1974), which is connected to certain morphological changes in the mammary gland (TARASEVICH 1979). These changes probably do not affect the magnesium osmosis in the udder of mares.

The present work demonstrated that the mares' heat term significantly influenced the magnesium content in milk, i.e. mothers with earlier heats (before the 8<sup>th</sup> day after parturition) produced milk with significantly lower level of magnesium, especially during the first part of 30-day-long lactation. Also mothers with shorter (<4 days) and longer (>7 days) heats gave milk with lower concentration of magnesium with the exception of the 14<sup>th</sup> day after parturition. Mares characterized by heats with a medium length produced milk with a significantly higher magnesium content, especially on days 6, 8, 18, 20 and 30 of lactation.

## **CONCLUSIONS**

It was found that the magnesium concentration decreased during 30-day-long lactation, especially from the 4<sup>th</sup> to 12<sup>th</sup> day after parturition. Older mares produced milk with the significantly higher level of magnesium. Also the heat term influenced magnesium concentration – mares with earlier heat produced milk with the lowest magnesium content. Mares with heats lasting 4 to 7 days produced milk with the highest level of magnesium.



## REFERENCES

- ALAGUZHIN A. 1964. *Milk productivity of Lokai mare*. Konev. i Konnyj Sport, 34: 13-14.
- ALAGUZHIN A. 1974. *Changes in milk yield of Lokai mares during lactation*. Tr. Tadzh. Skh. Inst., 19: 216-226.
- ANDERSON R. 1991. *Comparison of minerals in milk of four species*. Comp. Biochem. Physiol., 100A(4): 1045-1048.
- Anon. 1982. *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Bodeseerck Perkin-Elmer & Co GmBH, Uberlingen.
- BOUWMAN H., VAN DER SCHEE W. 1978. *Composition and production of milk from Dutch warmblood saddle horse mares*. Z. Tierphysiol. Tierern. Futtermittelk., 40: 39-53.
- CROWELL-DAVIS S.L. 1986. *Developmental behaviour*. Vet. Clin. North Am. Equine Pract., 2: 573-590.
- CSAPO ZS., STEFLER J., MARTIN T.G., MAKRAY S., CSAPO J. 1994. *Protein content, amino acid composition, biological value and micro- and macroelements content of mare's milk*. Acta Alim., 23 (2): 179-194.
- CSAPO ZS., STEFLER J., MARTIN T.G., MAKRAY S., CSAPO J. 1995. *Composition of mares' colostrum and milk. Protein content, amino acid composition and contents of micro- and macroelements*. Int. Dairy J., 5: 403-415.
- CSAPO-KISS ZS., STEFLER J., MARTIN T.G., MAKRAY S., CSAPO J. 1995. *Composition of mares' colostrums and milk. Fat content, fatty acids and vitamin content*, Int. Dairy J., 5: 393-402.
- FUENTES GARCIA F., GONZALO ABASCAL C., DEL CASTILLO CARACUEL A., QUILLES SOTILLO A., VINUESA SILVA M. 1991. *Aportation to the composition of the colostrum in the thoroughbred Spanish mares (Andalusian) and the evolution of its transformation into milk*. Arch. Zoot., 40 (147): 153-160.
- GRACE N.D., PEARCE S.G., FIRTH E.C., FENNESSY P.F. 1999b. *Content and distribution of macro- and microelements in the body of pasture fed young horses*. Aust. Vet. J., 77: 172-176.
- GRACE N.D., PEARCE S.G., FIRTH E.C., FENNESSY P.F. 1999a. *Concentration of macro i microelements in the milk of pasture-fed Thoroughbred mares*. Aust. Vet. J., 77 (3): 177-180.
- HOLMES A.D., SPELMAN A.F., SMITH C.T., KOZMESK J.W. 1947. *Composition of mare's milk as compared with other species*, J. Dairy. Sci., 30: 385-395.
- JOHNSTON R.H., KAMSTRA L.D., KOHLER P.D. 1970. *Mare's milk composition as related to foal heat scours*. J. Anim. Sci., 31: 549-553.
- KULISA M. 1970. *Wpływ niektórych czynników niedziedzicznych na skład mleka klaczy w ciągu laktacji*. Zesz. Nauk. WSR Kraków, ser. Zoot., 10: 17-28.
- KULISA M. 1980. *Poziom laktozy, wolnej glukozy i galaktozy w mleku klaczy arabskich*. Roczn. Nauk. Zoot., 7 (2): 31-36.
- LEONHARD I. 1956. *Wstępne badania wydajności oraz składu chemicznego mleka klaczy*. Roczn. Nauk Rol., ser. B 70: 333-346.
- LEY W.B. 1994. *Management of the foaling mare: predicting readiness for birth and inducing foaling*. Vet. Med., 3: 570-577.
- LISOWSKA A., NIEZGODA J., WIECZOREK E. 1995. *Zmiany stężenia elektrolitów w sianie klaczy*. Symp. pt. „Pediatria Weterynaryjna”, Olsztyn.
- LONNERDAL B. 2000. *Regulation of mineral and trace elements in human milk*. Nutr. Rev., 58: 223-229.
- MARTUZZI F., MARIANI P., ZANZUCCHI G., CATALANO A. L. 1995. *Composizione azotata e minerale e valore energetico del latte di cavalla nel corso dei primi 4 mesi di lattazione*. Riv. Soc. Ital. Ippologia, 1: 15-25.

- MAX A. 1996. *Wpływ żywienia na rozwój i zdrowotność źrebiąt*. Mag. Wet., 5: 410-413.
- MCCLURY J.J. 1993. *The immune system. Equine reproduction*. Lea & Febiger, Philadelphia, London.
- OFTEDAL O. T., JENNES R. 1983. *Interspecies variations in milk among horses, zebras and asses*. J. Dairy Res., 55: 57-60.
- PEAKER M., ROSSDALE P. D., FORSYTH I. A., FALK M. 1979. *Changes in mammary development and the composition of secretion during the late pregnancy in the mare*. J. Reprod. Fert. Suppl., 27: 555-561.
- PIJANOWSKI E. 1984. *Zarys chemii i technologii mleczarstwa*. T. I. PWRiL, Warszawa.
- SASIMOWSKI E., BUDZYŃSKI M. 1988. *Żywienie koni*. PWRiL, Warszawa.
- SINYAEVA E.A. 1954. *Kumys production near Moscov*. Konev. i Konnyj Sport, 7: 10-15.
- SONNTAG A.C., ENBERGS H., AHLSEWEDE L., ELZE K. 1996. *Inhaltsstoffe in der Stuttenmilch in Abhängigkeit vom Laktationsstadium und verschiedenen Umweltfaktoren*. Pferdeheilkunde, 12 (3): 220-222.
- Tarasevich L.F. 1977. *Milk production of White Russian Coach mares*. Nauč. Osnovy Razvitja Životnovodstva, 7: 110-118.
- TISCHNER M., NIEZGODA J., WIECZOREK E., MEKARSKA A., LISOWSKA A. 1996. *Ocena jakości siary klaczy*. Med. Wet., 52: 381-383.
- WALECHLI R. O., HASSIG M., EGGENBERGER E., NUSSBAUMER M. 1990. *Relationship of total protein, specific gravity, viscosity, refractive index and latex agglutination to immunoglobulin concentration in mare colostrum*. Equine Vet. J., 22 (1): 39-42.

**Magdalena Pieszka, Maria Kulisa**

### **WPŁYW WIEKU, TERMINU WYSTĄPIENIA I DŁUGOŚCI RUI NA ZAWARTOŚĆ MAGNEZU W MLEKU KLACZY**

Słowa kluczowe: klacz, laktacja, magnez,

#### **Abstrakt**

Skład mleka klaczy zmienia się podczas laktacji. Od tych zmian zależą tempo wzrostu i rozwoju źrebiąt, natomiast na zmiany te wpływa wiele czynników, m.in. stan fizjologiczny klaczy. Celem pracy było zbadanie wpływu wieku oraz terminu wystąpienia i długości rui na zawartość magnezu w mleku klaczy. Badania prowadzono na 30 klaczach czystej krwi arabskiej.

Stwierdzono, że poziom magnezu obniżał się w ciągu 30-dniowej laktacji, szczególnie w okresie od 4. do 12. dnia po oźrebieniu. W mleku klaczy starszych była istotnie wyższa koncentracja magnezu. Także termin wystąpienia rui oddziaływał na poziom omawianego pierwiastka – klacze z rujami dawały mleko uboższe w magnez. Mleko najzasobniejsze w magnez produkowały klacze, u których ruja trwała średnio 4–7 dni.

---

**THE EFFECT OF AGE AND HEAT TERM AND DURATION ON MAGNESIUM  
CONTENT IN MARES' MILK**

Key word: mare, lactation, magnesium.

Abstract

Milk composition changes during lactation. The growth rate of foals depends on these changes, which could be connected to the physiological state of the mares. The aim of this study was to evaluate the effect of Arabian mares' age and their heat term and length on the magnesium level in the milk. The research was carried out on 30 Arabian mares.

It was confirmed that the magnesium concentration decreased during the 30-days' lactation, especially from the 4<sup>th</sup> to 12<sup>th</sup> day after parturition. Older mares produced milk with the significantly higher level of magnesium. Also the heat term influenced Mg concentration – mares with earlier heat produced milk with the lowest magnesium content. Mares which were 4 to 7 days on heat produced milk with the highest level of magnesium.



J. Elementol. 2006, 11(1): 77–87

**Ewa Rumasz-Rudnicka<sup>1</sup>, Zdzisław Koszański,  
Cezary Podsiadło, I. Gluba**

## **WPLYW NAWADNIANIA WODĄ O RÓŻNYM ZASOLENIU NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W WARZYWACH**

**Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania  
Akademia Rolnicza w Szczecinie**

### **WSTĘP**

Potrzeby wodne roślin warzywnych zależą od długości okresu wegetacji, gatunku, odmiany i typu użytkowego (DZIEŹYC 1988). Jednym z najbardziej wrażliwych gatunków na niedobór wody jest np. cebula ze względu na stosunkowo płytki zasięg systemu korzeniowego (do 20 cm), ale również, jak podaje CHROBOCZEK i SKĄPSKI (1982), ze względu na wysokie wymagania w stosunku do wilgotności gleby. Burak ćwikłowy, mimo głębokiego systemu korzeniowego (do 40 cm i więcej) i średnich wymagań w stosunku do wilgotności gleby (60–70% PPW), również reaguje na nawadnianie znaczną wyższą plonu korzeni.

Nierównomierny rozkład opadów nie zapewnia tym popularnym roślinom optymalnych warunków wilgotnościowych w okresie wegetacji. Dlatego stosowanie uzupełniających nawodnień uważa się za jeden z najbardziej istotnych czynników decydujących nie tylko o wzroście produkcji, ale i jakości plonów. Zabieg ten jest szczególnie ważny na glebach lekkich, charakteryzujących się małą retencją i częstymi zmianami stanu uwilgotnienia.

---

dr inż. Ewa Rumasz-Rudnicka, Zakład Produkcji i Nawadniania Roślin, Akademia Rolnicza, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Agricultural University in Szczecin, Department of Plant Cultivation and Irrigation, Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Poland, tel. (091) 4250323, e-mail: rumasz@agro.ar.szczecin.pl

Biorąc pod uwagę fakt, że zasoby wody do nawodnień są coraz mniejsze, należałoby szukać innych jej źródeł. Takimi mogłyby być wody zasolone, zwłaszcza na terenach zlokalizowanych niedaleko Morza Bałtyckiego.

W pracy badano możliwości stosowania do nawodnień wody o różnym zasoleniu oraz jego wpływu na plonowanie i skład chemiczny cebuli zwyczajnej i buraka ćwikłowego.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Prowadzono je w latach 1996–1999 w RZD Lipki na glebie brunatnej kwaśnej, zaliczanej do IVb klasy bonitacyjnej, kompleksu żytniego dobrego. Burak ćwikłowy (odm. Czerwona kula) i cebulę zwyczajną (odm. Wolska) uprawiano w czteroletnim zmianowaniu: burak ćwikłowy – cebula zwyczajna – kapusta głowiasta biała – seler korzeniowy. Warzywa uprawiano w warunkach kontrolnych (K) i nawadnianych: wodą słodką (WS, o zasoleniu średnio  $200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), rozcieńczoną wodą zasoloną (WZ-1, o zasoleniu  $2700 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i wodą zasoloną (WZ-2, o zasoleniu  $5200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

Wodę zasoloną (WZ-2) przygotowano na podstawie składu chemicznego wody Morza Bałtyckiego, rozpuszczając w 1 t wody słodkiej: 4 kg soli kuchennej z mikroelementami (NaCl); 0,2 kg chlorku potasu (KCl); 0,8 kg siarczanu magnezu ( $\text{MgSO}_4$ ); 0,2 kg węglanu sodu ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Rozcieńczoną wodę zasoloną (WZ-1) sporządzono mieszając wodę słodką (WS) i wodę zasoloną (WZ-2) w równych ilościach.

Buraka deszczowano minizraszczacami w przypadku zmniejszenia zapasu wody w 15–20 cm warstwie gleby poniżej 60% ppw, utrzymując wilgotność do 70% ppw przez cały okres wegetacji. W uprawie cebuli – w okresie od wschodów do tworzenia cebul – utrzymywano wilgotność 70–80% ppw, natomiast w późniejszym okresie – na poziomie 60–70% ppw. Stan uwilgotnienia gleby kontrolowano wg ciśnienia ssącego gleby – metodą tensjometryczną. Dawki nawodnieniowe w poszczególnych latach badań zestawiono w tabeli 1. W uprawie roli i pielęgnowaniu roślin stosowano zasady poprawnej agrotechniki. Na podstawie wymagań testowanych gatunków przyjęto obsadę buraka w ilości 22 szt. (25 x 10 cm) i cebuli 29 szt. (20x8 cm) na  $1 \text{ m}^2$ . Ponieważ warzywa uprawiano na glebie lekkiej, w roku poprzedzającym założenie doświadczenia zastosowano wapnowanie ( $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) oraz obornik ( $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Nawożenie mineralne zastosowano w ilości  $350 \text{ kg NPK (110+90+150)}$  pod buraka i  $370 \text{ kg NPK (100+120+150)}$  pod cebulę. Zbiór przeprowadzono ręcznie, w fazie dojrzałości technicznej.

Analizy chemiczne warzyw wykonano w laboratorium Zakładu Produkcji i Nawadniania Roślin, zgodnie z metodyką opisaną w branżowych i polskich normach. Do badań wykorzystano próbki zbiorcze pobierane z każdego obiektu do-

Tabela 1  
Table 1

Sumaryczne dawki wody zastosowanej do deszczowania warzyw (mm)  
Total water doses used for irrigation of the vegetables (mm)

Roślina Plant	1996	1997	1998	1999	Średnia Average
Burak ćwikłowy Red beet	60	115	110	95	95
Cebula zwyczajna Onion	60	40	60	60	55

świadczania. Zawartość przyswajalnego azotu określano metodą Kjeldahla, fosforu – kolorymetrycznie, wapnia i potasu – metodą fotometrii płomieniowej, żelazo, cynk i sód – metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej. Obliczenia statystyczne dotyczące plonu warzyw oraz składu chemicznego roślin wykonano stosując analizę wariancji. Ocenę różnic przeprowadzono testem Duncana na poziomie istotności 0,05.

Praca stanowi wycinek przeprowadzonych badań i obejmuje analizę wpływu zastosowanego czynnika w doświadczeniu – nawadniania na wielkość plonu testowanych gatunków oraz zawartość wybranych składników chemicznych w częściach użytkowych (korzeń i cebule).

## OMÓWIENIE WYNIKÓW I Dyskusja

### Plony

Zlokalizowanie doświadczenia na glebach lekkich kompleksu żytniego wymagało deszczowania roślin. Gleby lekkie, które charakteryzują się dużą przepuszczalnością, małą zdolnością retencyjną, należy deszczować, co potwierdza GRABARCZYK i in. (1992). Rezultaty dotyczące wielkości uzyskanych plonów warzyw w poszczególnych latach badań przedstawiono w tabelach 2–3.

Stwierdzono, że woda zastosowana do nawadniania spowodowała zwiększenie plonu korzeni buraka ćwikłowego (tab. 2), przy czym obserwowany wzrost był uzależniony od rodzaju zastosowanej wody oraz roku uprawy. Plon świeżej masy korzeni buraka ćwikłowego z poletek nienawadnianych wynosił średnio w okresie badań  $3,39 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Wpływ deszczowania na wysokość plonu świeżej masy korzeni okazał się wysoce istotny. Średni plon korzeni pod wpływem deszczowania wzrósł o 25,4%. Porównując rodzaje wody użytej do nawadniania buraka w całym okresie badań, widać, że najlepsze efekty dała woda słodka (WS), spowodowała bowiem wzrost plonu świeżej masy korzeni buraka ćwikłowego o 42,5% (przyrost o  $1,44 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) w porównaniu z obiektami kontrolnymi. Wraz ze wzrostem zasolenia wody użytej do nawadniania, przyrosty plonów były coraz mniej

Tabela 2  
Table 2Plon buraka ćwikłowego ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )  
Red beet root yield ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Obiekt Factor		1996	1997	1998	1999	Średnio Mean
K		4.38 <i>a</i>	3.17 <i>a</i>	2.06 <i>a</i>	3.95 <i>c</i>	3.39 <i>a</i>
WS		5.33 <i>b</i>	5.05 <i>d</i>	4.24 <i>c</i>	4.71 <i>d</i>	4.83 <i>d</i>
WZ-1		5.67 <i>c</i>	4.62 <i>c</i>	3.84 <i>b</i>	3.35 <i>b</i>	4.37 <i>c</i>
WZ-2		4.41 <i>a</i>	3.47 <i>b</i>	3.80 <i>b</i>	2.57 <i>a</i>	3.56 <i>b</i>
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation		5.14	4.38	3.96	3.54	4.25
NIR <sub>005</sub> dla LSD <sub>005</sub> for	<i>m</i> =2	0.239	0.178	0.086	0.091	0.135
	<i>m</i> =3	0.250	0.196	0.091	0.095	0.143
	<i>m</i> =4	0.257	0.191	0.093	0.098	0.54

Tabela 3  
Table 3Plon cebuli zwyczajnej ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )  
Onion yield ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Obiekt Factor		1996	1997	1998	1999	Średnio Mean
K		1.66 <i>a</i>	1.07 <i>a</i>	1.59 <i>a</i>	2.32 <i>b</i>	1.66 <i>a</i>
WS		1.73 <i>a</i>	1.09 <i>a</i>	1.74 <i>b</i>	2.77 <i>d</i>	1.83 <i>b</i>
WZ-1		1.74 <i>a</i>	1.47 <i>b</i>	1.75 <i>b</i>	2.61 <i>c</i>	1.89 <i>c</i>
WZ-2		1.70 <i>a</i>	1.08 <i>a</i>	1.63 <i>a</i>	2.06 <i>a</i>	1.62 <i>a</i>
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation		1.72	1.21	1.71	2.48	1.78
NIR <sub>005</sub> dla LSD <sub>005</sub> for	<i>m</i> =2	r.n.	0.076	0.067	0.116	0.052
	<i>m</i> =3	n.s.	0.079	0.070	0.121	0.058
	<i>m</i> =4		0.081	0.072	0.124	0.062

sze i wynosiły średnio w przypadku rozcieńczonej wody zasolonej i wody zasolonej odpowiednio 28,9% i 5,0%. Ta tendencja utrzymywała się przez cały czteroletni cykl badań, z wyjątkiem 1996 r., kiedy założono doświadczenie.

Badając reakcję cebuli zwyczajnej (tab. 3) na stosowanie wody, stwierdzono istotny jej wpływ na wielkość plonów, choć przyrosty plonów nie były tak wysokie jak w przypadku buraka ćwikłowego. Plon cebuli zwyczajnej pochodzącej z obiektów kontrolnych wyniósł średnio  $1,66 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Najbardziej stymulująco na produkcję cebuli oddziaływała rozcieńczona woda zasolona (WZ-1), dzięki której zanotowano średni wzrost plonu o 13,9%, czyli  $1,89 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Nieco niższy przyrost plonu (10,2%), w porównaniu z obiektami kontrolnymi, był z poletek desz-



czowanych wodą słodką (WS), a na deszczowanych wodą zasoloną (WZ-2) plon był nawet nieco mniejszy (2,4%).

Potrzebom wodnym i efektom nawadniania wodą słodką buraka ćwikłowego dużo uwagi poświęcili BUCZAK (1989), DZIEŹYC i in. (1989), KANISZEWSKI (1987). Autorzy stwierdzili, że pomimo głębokiego systemu korzeniowego burak ćwikłowy jest rośliną dość silnie reagującą na zmiany wilgotności gleby. Także KOŁOTA (1984b), po 3-letnim cyklu doświadczeń z nawadnianiem buraka ćwikłowego, stwierdził, że zabieg ten, zwłaszcza w roku o dużym niedoborze opadów atmosferycznych, okazał się wysoce efektywny, zwiększył bowiem plon ogólny i handlowy korzeni. Celowość nawadniania tej rośliny na glebach piaszczystych (V–VI klasa bonitacyjna) potwierdzili również ROLBIECKI i RZEKANOWSKI (1996, 1997). Okazuje się, że nie tylko burak, ale i cebula zwyczajna reaguje na nawadnianie zwyżką i lepszą jakością plonu. KANISZEWSKI (1996) oraz BUCZAK i in. (1982) nawadniając cebulę wodą słodką uzyskali wzrost plonu handlowego i ogólnego, a jednocześnie zwiększenie liczby i masy cebul o średnicy 4,5–7 cm oraz powyżej 7 cm. Z kolei RUTKOWSKI i MAŁECKA (1986) – przeprowadzając badania z deszczowaniem wodą słodką różnych gatunków roślin uprawianych na glebach należących do IV klasy bonitacyjnej – uzyskali wzrost plonu wszystkich nawadnianych gatunków, ale najwyższe efekty ekonomiczne otrzymali w przypadku deszczowania warzyw, przede wszystkim cebuli zwyczajnej.

Wyniki zamieszczone w tabelach 3 i 4 wskazują, że użycie do nawadniania rozcieńczonej wody zasolonej (WZ-1) i wody zasolonej (WZ-2) powodowało różne przyrosty plonu warzyw w zależności od gatunku. Zauważono, że w kolejnych latach doświadczeń, wraz ze wzrostem stopnia zasolenia wody użytej do doświadczenia, plony buraka ćwikłowego były coraz niższe, chociaż i tak prawie zawsze były wyższe niż plony zebrane z poletek kontrolnych. Obniżka plonu warzyw w kolejnych latach może wynikać z faktu, że rośliny uprawiano w czteroletnim zmianowaniu, a przedplony również nawadniano wodą zasoloną, która w nadmiarze może pogarszać warunki wzrostu i rozwoju roślin. Ponadto w 1997 i 1998 r. zastosowano prawie dwukrotnie wyższe dawki nawodnień. YUORTSEVER i SONMEZ (1996) uzyskali podobne rezultaty, nawadniając wodą zasoloną pomidor, którego plon w pierwszym roku uprawy nie był zależny od zasolenia, a w drugim roku zmniejszał się ze wzrostem stopnia zasolenia wody. Podobnie jak w przeprowadzonych badaniach, CORDEIRO i in. (1999) również zanotowali obniżkę handlowego plonu buraka ćwikłowego wraz ze wzrostem zasolenia. Była ona jednak bardzo duża (blisko 50% i 60%), a mogła wynikać ze stopnia zasolenia wody, której przewodnictwo elektryczne wynosiło odpowiednio 4 i 8  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Także MAKARY i in. (1994) – nawadniając cebulę wodą słodką i zasoloną ( $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ ) o stężeniu 1000, 2000, 3000 p.p.m. – otrzymali zniżkę plonu przy najwyższym zasoleniu o 26,8% i 50,6% w dwóch kolejnych latach prowadzenia doświadczeń, w porównaniu z plonem cebuli pochodzącej z poletek kontrolnych.

Zależności między stopniem zasolenia wody użytej do nawadniania warzyw a uzyskanymi plonami nie zawsze charakteryzowały się wysokimi współczynnikami korelacji. Z ocenianych gatunków tylko burak ćwikłowy wykazywał taką zależność ( $r^{**} = -0,61$ ).

### Zawartość składników mineralnych w warzywach

W intensywnej produkcji rolnej woda jest nie tylko czynnikiem limitującym wysokość plonu, ale również modyfikuje jego jakość. Zawartość azotu ogólnego w warzywach nienawadnianych (tab. 4, 5) wynosiła od 1,82% (burak ćwikłowy) do 2,09% (cebula zwyczajna). Wyniki analiz warzyw wykazały, że zastosowana do doświadczeń woda przyczyniła się do niewielkiego obniżenia zawartości azotu w suchej masie obu testowanych gatunków – średnio o 0,08% w buraku i 0,09% w cebuli. Ponadto zawartość azotu była tym mniejsza, im bardziej zasoloną wodą podlewano rośliny. Z badań krajowych dotyczących zmian zawartości azotu wynika, że deszczowanie (wodą słodką) obniża, z reguły, jego zawartość. Zdaniem BUNIAKA (1986), można to tłumaczyć tym, iż w warunkach dobrego zaopatrzenia w wodę i azot następuje wzmożenie produktywności procesu fotosyntetycznego, a w wyniku tego niejako „rozcieńczenie” zawartości azotu w roślinie. Uzyskane wyniki w pełni potwierdzają rezultaty badań KANISZEWSKIEGO i JAGODY (1976), KOŁOTY (1984a), ROLBIECKIEGO i RZEKANOWSKIEGO (1996 i 1997), OSIŃSKIEJ i in. (1982) oraz DZIEŻYCA i in. (1982) dotyczących nawadniania nie tylko buraka ćwikłowego, ale również kapusty białej głowiastej i selera korzeniowego.

Podobne zależności zaobserwowano oceniając zawartość potasu i wapnia w warzywach (tab. 4, 5). Zawartość potasu w warzywach z kombinacji kontrol-

Tabela 4  
Table 4

Skład chemiczny korzeni buraka ćwikłowego (średnia z czterech lat)  
Chemical composition of red beet (mean of 4 years)

Obiekt Factor	%					mg · kg <sup>-1</sup>	
	N	P	K	Ca	Na	Fe	Zn
K	1.82	0.34	2.63	0.10	0.16 <sup>a</sup>	107	40
WS	1.77	0.35	2.76	0.10	0.18 <sup>a</sup>	107	37
WZ-1	1.73	0.35	2.47	0.08	0.41 <sup>b</sup>	102	32
WZ-2	1.73	0.36	2.29	0.08	0.48 <sup>b</sup>	102	28
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation	1.74	0.35	2.51	0.09	0.36	104	32
NIR <sub>005</sub> dla LSD <sub>005</sub> for	<i>m</i> =2 r.n. n.s.	<i>m</i> =3 r.n. n.s.	<i>m</i> =4 r.n. n.s.	r.n. n.s.	0.211 0.220 0.226	r.n. n.s.	r.n. n.s.

Tabela 5  
Table 5Skład chemiczny cebuli zwyczajnej (średnia z czterech lat)  
Chemical composition of onion (mean of 4 years)

Obiekt Factor	%					mg · kg <sup>-1</sup>	
	N	P	K	Ca	Na	Fe	Zn
K	2.09	0.34	1.57	0.10	0.04	101	28
WS	2.01	0.35	1.66	0.10	0.05	94	26
WZ-1	2.00	0.36	1.56	0.09	0.12	87	25
WZ-2	1.99	0.36	1.42	0.09	0.14	85	24
Średnia dla deszczowanych Mean for irrigation	2.00	0.36	1.55	0.09	0.10	89	25
NIR <sub>0.05</sub> dla LSD <sub>0.05</sub> for	<i>m</i> =2 <i>m</i> =3 <i>m</i> =4	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	r.n. r.n. n.s.	0.075 0.078 0.080	r.n. r.n. n.s.

nych wynosiła 1,57–2,63% w s.m., a wapnia 0,10%. Okazało się, że nawadnianie spowodowało obniżenie zawartości potasu (średnio o 0,12% w buraku i 0,02% w cebuli) i nieznaczne wapnia (średnio o 0,01% w obu warzywach). Jak podają BRODOWSKA i KACZOR (2004), zawartość wapnia w suchej masie roślin wynosi najczęściej od 5 do 30 g·kg<sup>-1</sup>, ale jego ilość zależy od gatunku, organu i wieku rośliny, a także od zasobności gleby w wapń, i wielu innych czynników wpływających na jego pobieranie (GRUNES, WELCH 1989, LAWRENCE i in. 1995). Oceniając reakcję warzyw na rodzaj stosowanej do nawodnień wody, stwierdzono, że im bardziej była ona zasolona, tym mniejsze ilości potasu i wapnia zawierały warzywa. Obniżenie zawartości wapnia w roślinach, w porównaniu z roślinami niedeszczowanymi, jest przypuszczalnie wynikiem różnicy przemieszczania się wapnia w tkankach. Takie rezultaty badań osiągnęli również KADREW i GEORGIEWA (1976), którzy badali skład chemiczny kukurydzy uprawianej w warunkach nadmiaru sodu, oraz FRANCOIS i in. (1991) w doświadczeniu dotyczącym karczocha. Obserwowane w doświadczeniu zmiany mogą być również wynikiem naruszenia równowagi jonowej, nie zaś pojawienia się ograniczeń w pobieraniu jonów. Tak samo tłumaczy CHAVAN PRAKASH i KARADGE (1980) obniżkę wapnia we wszystkich częściach roślin orzeszków ziemnych w obecności siarczanu sodowego i w liściach wobec chlorku sodowego.

Inne zależności zaobserwowano analizując zawartość fosforu i sodu. Zawartość fosforu nieznacznie wzrosła pod wpływem deszczowania wodą słodką w obu warzywach, co jest zgodne z wynikami KANISZEWSKIEGO i BĄKOWSKIEGO (1982), KOŁOTY (1984c) i JABŁOŃSKIEJ-CEGLAREK (1984). Ponadto stwierdzono, że rośliny, które deszczowano wodą o większym stopniu zasolenia, zawierały więcej tego pierwiastka.

Jednak największe, stwierdzone statystycznie, zmiany pod wpływem nawadniania dotyczyły zawartości sodu w częściach użytkowych warzyw. Sód gromadził się zwłaszcza w nawadnianym buraku, który zawierał go o 0,20% więcej porównaniu z roślinami nienawadnianymi. Należy podkreślić, iż zawartość sodu w buraku rosła wraz ze wzrostem zasolenia wody deszczownianej, osiągając maksymalną koncentrację (0,48%) w korzeniach podlewanych wodą o najwyższym zasoleniu (WZ-2). Podobne tendencje zaobserwowano analizując zawartość sodu w cebuli, chociaż jego zawartość w suchej masie, w nienawadnianej (pochodzącej z obiektu kontrolnego) cebuli była czterokrotnie niższa (0,04%) niż w nienawadnianym buraku (0,16%). Związki zawartości sodu w suchej masie roślin ( $y$ ) z zasoleniem wody użytej do nawadniania ( $x$ ) obrazują równania:  $y = 0,1552 + 0,0001 \cdot x - 1,22E-8 \cdot x^2$  dla buraka i  $y = 0,0438 + 4,22E-6 \cdot x + 8,2E-9 \cdot x^2$  dla cebuli. Wyższa zawartość sodu w roślinach nawadnianych wodą zasoloną wynika z większości badań, a zdolność roślin do akumulacji jonów sodu wzrasta z wiekiem roślin, o czym informują badania HARIVANDI i in. (1984). Tendencje wzrostu zawartości sodu wykazywały rośliny, które deszczowano wodą o wyższym zasoleniu, co potwierdzają wyniki badań ULLAH i in. (1993), YADAV i TOMAR (1990), FRANCOIS i in. (1990).

Ilość żelaza w roślinach jest efektem współdziałania czynników glebowych, roślinnych i klimatycznych (STOLARSKA, PRZYBULEWSKA, 2004). TURSKI i BARAN (1995) za normę zawartości żelaza w roślinach podają 20–50 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., natomiast ilości 200–400 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. uważają za nadmiar. Z kolei ŻEBROWSKA i JACKOWSKA (2004) podają, że żelazo, którego przeciętna ilość wynosi 100 mg w 1 kg s.m. roślin, wchodzi w skład enzymów biorących zasadniczy udział w procesach fotosyntezy i oddychania. Te zakresy zawartości żelaza są zbliżone do stwierdzonych zawartości tego pierwiastka w buraku i cebuli pochodzących z obiektów kontrolnych. Ponadto uzyskane w doświadczeniu wyniki wskazują, że nawadnianie nie miało wyraźnego wpływu na zawartość tego pierwiastka w warzywach, powodując spadek jego zawartości w obu testowanych warzywach.

Zawartość cynku w warzywach pochodzących z poletek kontrolnych wahała się od 28 mg w 1 kg s.m. (w cebuli) do 40 mg w 1 kg s.m. (w buraku). Jest to ilość mieszcząca się w prawidłowym zakresie, tj. poniżej 100 mg w 1 kg s.m. roślin, wg KABATY-PENDIAS i DUDKA (1991). W badaniach własnych nie stwierdzono istotnego wpływu nawadniania na zawartość cynku w warzywach, chociaż jego zawartość zmniejszała się w nich średnio o 20% i 11%, odpowiednio w buraku i cebuli. Analizy chemiczne na zawartość cynku w warzywach wykazały tendencję do coraz mniejszego jego gromadzenia w miarę nawadniania roślin wodą zasoloną.

## WNIOSKI

1. W doświadczeniu potwierdzono, że cebula zwyczajna i burak ćwikłowy reagują na nawadnianie wyższą plonem. Najbardziej plonotwórcze okazało się zastosowanie do nawodnień warzyw wody słodkiej i rozcieńczonej wody zasolonej, dzięki którym uzyskano plon cebuli odpowiednio o 10,2% i 13,9% wyższy od plonu z obiektów kontrolnych, a buraka ćwikłowego o 42,5% i 28,9%.

2. W analizowanym materiale roślinnym badanych warzyw istotne zmiany dotyczyły tylko zawartości sodu, a najsilniejsze dodatnie współzależności ( $r^{**}=0,70$ ) między jego zawartością a zasoleniem wody deszczownianej zaobserwowano nawadniając buraka ćwikłowego. Koncentracja pozostałych pierwiastków: azotu, potasu, wapnia, oraz żelaza i cynku w częściach użytkowych obu testowanych warzyw tylko nieznacznie obniżyła się pod wpływem deszczowania.

## PIŚMIENNICTWO

- BRODOWSKA M.S., KACZORA. 2004. Wpływ zróżnicowanego zaopatrzenia gleby w magnez, wapń, i siarkę na zawartość magnezu i wapnia w roślinach. Cz. I. Pszenica jara. J. Elementol., 9 (3): 231-237.
- BUCZAK E., KONDYS H., SZABLOWSKA B. 1982. Wpływ deszczowania i wzrastających dawek nawozów mineralnych na przechowywanie porów, selerów i cebuli. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 236: 53-61.
- BUCZAK E. 1989. *Potrzeby wodne roślin uprawnych*. Red. J. Dzieżyc. PWN, Warszawa, 159-188.
- CHAVAN PRAKASH D., KARADGE B.A. 1980. Influence of salinity on mineral nutrition of peanut (*Arachis hypogea* L.). Plant Soil, 54 (1): 5-13.
- CHROBOCZEK E., SKAŃSKI H., 1982. *Ogólna uprawa warzyw*. PWRiL, Warszawa, ss. 73-85.
- CORDEIRO G.G., RESENDE G.M., PEREIRA J.R., COSTA N.D., 1999., Effect of saline water and soil conditioner on beetroot yield in the Brazilian Semi-arid region. Horticult. Brasileira, 17 (1): 39-41.
- DZIEŻYC J., TRYBAŁA M., 1989. Rola wody w intensyfikacji produkcji roślinnej na glebach lekkich. Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Rol., 377: 179-193.
- DZIEŻYC J. 1988. *Rolnictwo w warunkach nawadniania*. PWN, Warszawa.
- DZIEŻYC J., DZIEŻYCOWA D., BUNIAK W. 1982. Zmiany zawartości makroskładników w roślinach warzywnych, zależnie od warunków wodnych i dawek NPK. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 236: 99-107.
- FRANCOIS L.E., DONOVAN T.J., MAAS E.V., 1990. Salinity effects on emergence, vegetative growth, and seed yield of guar. Agron. J., 82 (3): 587-592.
- FRANCOIS L.E., DONOVAN T.J., MAAS E.V. 1999. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. Hort. Sc., 26 (5): 549-553.
- GRABARCZYK S. 1992. Stan i perspektywy deszczowania roślin w Polsce. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rol. 32 (180): 7-14.
- GRUNES D.L., WELCH R.M. Plant contents of magnesium, calcium and potassium in relation to ruminant nutrition. J. Anim. Sci., 67: 3485-3494.
- HARIVANDI M.A., BUTLER J.D., SOLTANPOUR P. 1984. Wpływ stężenia wody morskiej na kiełkowanie i gromadzenie jonów przez trawę *Puccinella sp.* Prz. Nauk. Lit. Rol. i Leśn., 30 (2): 253.

- JABŁOŃSKA-CEGLAREK R. 1984. Wpływ nawadniania, nawożenia obornikiem, nawożenia mineralnego oraz uprawy po poplonach na wartość odżywczą kapusty białej późnej i selera korzeniowego. *Biul. Warz. Inst. Warzywnictwa, Skierniewice*, 25: 109-124.
- KABATA-PENDIAS A., DUDKA S. 1991. Trace metal content of *Taraxacum officinale* (dandelion) as a convenient environmental indicator. *Environ. Geochem. Health.*, 13: 108-113.
- KADREW T., GEORGEWA D. 1976. Wpływ zwiększonych dawek sodu na wzrost i pobieranie składników pokarmowych przez kukurydzę. *Prz. Nauk. Lit. Rol. i Leśn.*, 22 (3): 336.
- KANISZEWSKI S. 1987. *Nawadnianie warzyw*. PWRiL, Warszawa.
- KANISZEWSKI S. 1996. *Nawadnianie cebuli*. *Owoce Warz. Kwiaty*, 13: 6-7.
- KANISZEWSKI S., BĄKOWSKI J. 1982. Wpływ nawadniania, nawożenia azotem na zawartość makro- i mikrośladników w zgrubieniach selera korzeniowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 236: 87-97.
- KANISZEWSKI S., JAGODA J. 1976. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego oraz rozstawy na plonowanie kapusty późnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 181: 45-54.
- KOŁOTA E. 1984a. Wpływ sposobu nawożenia i formy azotu na plonowanie warzyw w uprawie z nawadnianiem i bez nawadniania. Cz. I. Kapusta głowiasta biała. *Biul. Warz. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 27: 203-236.
- KOŁOTA E. 1984b. Wpływ sposobu nawożenia i formy azotu na plonowanie warzyw w uprawie z nawadnianiem i bez nawadniania. Cz. II. Burak ćwikłowy. *Biul. Warz. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 27: 237-260.
- KOŁOTA E. 1984c. Wpływ sposobu nawożenia i formy azotu na plonowanie warzyw w uprawie z nawadnianiem i bez nawadniania. Cz. IV. Zawartość fosforu, potasu i magnezu w warzywach. *Biul. Warz. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 27: 283-299.
- LAWRENCE G.B., DAVID M.B., SHORTLE W.C. 1995. A new mechanism for calcium loss in forest-floor soils. *Nature*, 378 (9): 162-165.
- MAKARY B.S., KORIEM S.O., BASILIOUS S.I. 1994. Response of onion from sets to various concentrations of salts in irrigation water. *Assiut J. Agricult. Sc.*, 25 (4): 215-223.
- OSIŃSKA M., MICHALAK K., SZYMAŃSKI L. 1982. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego selerów na jakość plonu i jego wartość technologiczną. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 236: 39-51.
- ROLBIECKI S., RZEKANOWSKI Cz. 1996. Wpływ nawadniania deszczownianego i kropłowego na niektóre cechy jakościowe plonu wybranych gatunków warzyw. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 438: 205-212.
- ROLBIECKI S., RZEKANOWSKI Cz. 1997. Wpływ opadów i nawadniania na plonowanie buraka ćwikłowego na glebie lekkiej. *Pam. Puł.*, 110: 113-119.
- RUTKOWSKI M., MAŁECKA I. 1986. Efektywność ekonomiczna deszczowania niektórych roślin uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 268: 535-540.
- STOLARSKA A., PRZYBULEWSKA K. 2004. Wpływ warunków siedliska na bioakumulację wybranych mikroelementów w *Plantago major* L. i *Taraxacum officinale* Web. *J. Elementol.*, 9 (4): 775-784.
- TURSKI R., BARAN S. 1995. *Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb*. Wyd. AR Lublin.
- ULLAH S.M., SOJA G., GERZABEK M.H. 1993. Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Bodenkultur*, 44 (4): 291-301.
- YADAV B.R., TOMAR S.P.S., 1990. Comparative effect of chloride and sulphate salinity in irrigation water on yield and mineral nutrition of cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis L.). *Vegetable Sc.*, 17 (2): 191-194.
- YURTSEVER E., SONMEZ B., 1996. The effects of irrigation water salinity on the yield of tomato and soil salinization. *Turkish J. Agricult. Forest*, 20 (1): 27-33.

ŻEBROWSKA J., JACKOWSKA I. 2004. *Interakcje między zawartością niektórych makro- i mikroelementów w roślinach z kultur in vitro*. J. Elementol., 9 (4): 869-875.

**Ewa Rumasz-Rudnicka, Zdzisław Koszański, Cezary Podsiadło, I. Gluba**

### **WPLYW NAWADNIANIA WODĄ O RÓŻNYM ZASOLENIU NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W WARZYWACH**

Słowa kluczowe: nawadnianie, zasolenie, plony, burak ćwikłowy, cebula, skład chemiczny.

#### Abstrakt

Na glebie lekkiej przeprowadzono czteroletnie doświadczenie polowe, w którym badano wpływ nawadniania wodą o różnym zasoleniu na zawartość niektórych pierwiastków w buraku ćwikłowym i cebuli zwyczajnej. Schemat doświadczenia uwzględniał następujące obiekty: kontrolny (nienawadniany), nawadniany wodą słodką (woda z rurociągów, o zasoleniu średnio  $200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  wody), nawadniany rozcieńczoną wodą zasoloną (zasolenie średnio  $2700 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  wody), nawadniany wodą zasoloną (zasolenie średnio  $5200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  wody).

Wykazano, że woda zastosowana do deszczowania przyczyniła się do niewielkiego obniżenia zawartości azotu, potasu, wapnia w ich częściach użytkowych. Zawartość ocenianych pierwiastków była tym niższa, im bardziej zasoloną wodę stosowano do nawodnień. Ponadto zabieg ten przyczynił się również do niewielkiego wzrostu zawartości fosforu. Z analizowanych pierwiastków tylko zawartość sodu w warzywach była w sposób istotny modyfikowana stopniem zasolenia wody użytej do nawadniania – zawartość sodu była tym wyższa im bardziej zasoloną wodą podlewano rośliny.

### **INFLUENCE OF IRRIGATION WITH SALINE WATER ON THE CONTENT OF SOME MINERALS IN VEGETABLES**

Key words: irrigation, salinity, yield, red beet, onion, chemical composition.

#### Abstract

In a 4-year field experiment the content of some minerals in red beet and onion, irrigated with water of various salt content, was assessed. The following objects were tested: control (no irrigation), tap water irrigation ( $200 \text{ mg}$  salt per  $1 \text{ dm}^{-3}$ ), diluted salt water ( $2700 \text{ mg}$  salt per  $1 \text{ dm}^{-3}$ ), saline water ( $5200 \text{ mg}$  salt per  $1 \text{ dm}^{-3}$ ).

Irrigated plants contained less nitrogen, potassium and calcium, particularly those which had been irrigated with water of high salt content. On the other hand, the watered plants contained more phosphorus. Among the minerals which were analysed only the content of sodium depended on the salinity of water used for irrigation; the higher the salt content in water, the more sodium found in the plants.





**Beata Rutkowska, Wiesław Szulc, Jan Łabętowicz**

## **SKŁAD GRANULOMETRYCZNY GLEBY JAKO CZYNNIK DETERMINUJĄCY STĘŻENIE JONÓW W ROZTWORZE GLEBOWYM**

**Katedra Nauk o Środowisku Glebowym  
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**

### **WSTĘP**

Roztwór glebowy stanowi środowisko, w którym zachodzi większość reakcji chemicznych w glebie. Jest on znaczącym ogniwem w procesie odżywiania roślin. Jego skład chemiczny oraz stężenie poszczególnych jonów decydują o szybkości pobierania składników pokarmowych przez rośliny. „Rzeczywisty” roztwór glebowy stanowi tę płynną fazę gleby, która jest w równowadze z jej fazą stałą, przy wilgotności równej połowej pojemności wodnej. Skład chemiczny tak otrzymanego roztworu jest odzwierciedleniem składu roztworu glebowego, jaki występuje w naturalnym środowisku glebowym i jest uzależniony m.in. od zawartości części spławialnych w glebie i pojemności kompleksu sorpcyjnego. Jony zawarte w roztworze glebowym pozostają w równowadze ze składnikami wymiennymi w fazie stałej gleby. Równowaga ta jest kształtowana przez wiele procesów chemicznych, fizycznych i biologicznych. Skład chemiczny roztworu glebowego jest więc w znacznym stopniu cechą charakterystyczną dla danej gleby (CAMPBELL i in. 1989)) Stężenie składników w roztworach gleb lekkich, piaszczystych jest zazwyczaj wyższe niż w roztworach gleb o większej zawartości części spławialnych (WOLT 1994).

Właściwości fizyko-chemiczne gleby, a w głównej mierze pojemność kompleksu sorpcyjnego, wywierają bowiem większy wpływ na mobilność składników pokarmowych w glebie, a co za tym idzie na ich stężenie w roztworze glebowym, niż właściwości samych pierwiastków (CAMPBELL i in. 1989, TYLER, McBRIDE 1982).

Celem podjętych badań było prześledzenie zależności między stężeniem makro- i mikroelementów w roztworze glebowym a składem granulometrycznym i pojemnością kompleksu sorpcyjnego gleby w warunkach gleb lekkich i średnich, charakterystycznych dla obszaru Polski.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 136 prób glebowych pobranych z obszaru kraju za pośrednictwem Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych. Próby glebowe pobierano jesienią z pól po uprawie zbóż bez uprawy poplonów. Były to w ponad 50% gleby lekkie i bardzo lekkie oraz w ok. 70% gleby kwaśne lub lekko kwaśne. Gleby te charakteryzowały się niewielkim zróżnicowaniem pod względem zawartości próchnicy (w ponad 70% tych gleb zawartość próchnicy wynosiła poniżej  $2,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Próby glebowe suszono w suszarce w temp.  $55^\circ\text{C}$ , a następnie przesiewano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Przed rozpoczęciem pomiarów oznaczono w próbach glebowych odczyn gleby po ekstrakcji w KCl o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  – metodą potencjometryczną, skład granulometryczny – metodą Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego oraz zawartość wymiennych kationów zasadowych (K, Ca, Mg) i pojemność wymienną kompleksu sorpcyjnego po ekstrakcji w  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA). Do otrzymywania roztworu zastosowano metodę podciśnieniową (WOLT, GRAVEEL 1986). W pozyskanym roztworze glebowym oznaczono stężenie makroelementów (Ca, Mg, K, Na,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl,  $\text{PO}_4$ ) i mikroelementów (Fe, Mn, Zn, Cu,  $\text{BO}_3$ ,  $\text{MoO}_4$ ) metodą emisyjnej spektrofotometrii plazmowej (ICP). Wyniki badań poddano analizie korelacji prostej oraz analizie regresji prostej i wielokrotnej między stężeniem poszczególnych jonów w roztworze glebowym a zawartością części spławialnych i pH gleby.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Skład granulometryczny gleby wywierał niewielki wpływ na stężenie jonów w roztworze glebowym. Spośród makroelementów jedynie stężenie wapnia i magnezu wykazywało istotną dodatnią korelację z zawartością części spławialnych w glebie (tab. 1).

Bezpośrednia korelacja między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem magnezu w roztworze glebowym, choć istotna, była stosunkowo słaba,

Tabela 1  
Table 1

Współczynniki korelacji prostej między stężeniem jonów w roztworze glebowym a właściwościami glebowymi  
Simple correlation coefficients between ionic concentration in soil solution and soil properties

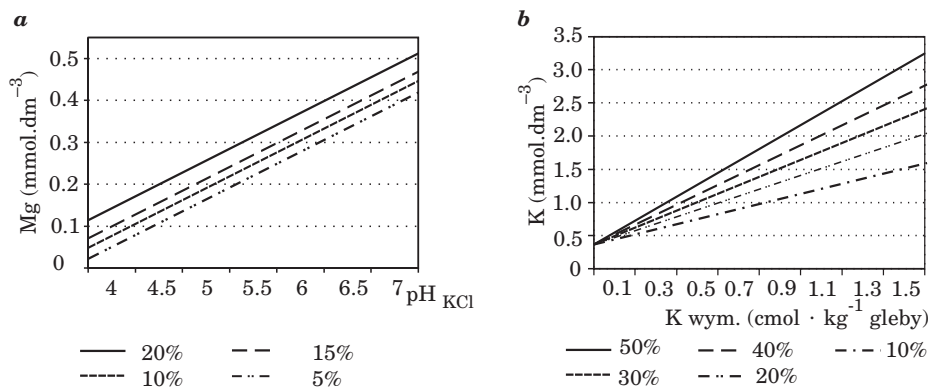
Pierwiastek Ion	pH w KCl pH in KCl	Zawartość części < 0,02 mm Content of soil particles < 0.02 mm
Ca	+ 0.65**	+ 0.52**
Mg	+ 0.55**	+ 0.23*
K	+ 0.10	+ 0.04
Na	+ 0.02	+ 0.05
SO <sub>4</sub>	+ 0.03	+ 0.14
Cl	+ 0.04	+ 0.08
PO <sub>4</sub>	+ 0.46**	+ 0.01
Mn	- 0.76*	+ 0.39*
Fe	- 0.73*	- 0.47*
Zn	- 0.65*	- 0.30*
Cu	- 0.60*	- 0.22*
BO <sub>3</sub>	+ 0.01	+ 0.03
MoO <sub>4</sub>	+ 0.77*	+ 0.11

istotne dla  $p = 0,05$  – significant for  $p = 0.05$  \*\*

istotne dla  $p = 0,01$  – significant for  $p = 0.01$

$r = + 0,23^*$  (tab. 1). Po wydzieleniu jednak przedziałów zawartości części iłu koloidalnego okazało się, że na glebach lekkich stężenie magnezu w roztworze glebowym kształtowało się na niższym poziomie niż na glebach ciężkich dla określonych wartości pH (rys. 1a). Zawartość części spławialnych nie miała wpływu na zależność między stężeniem magnezu w roztworze glebowym a odczynem gleby, i dlatego wszystkie linie regresji były równoległe (rys. 1a).

Nie wykazano bezpośredniej korelacji między stężeniem potasu w roztworze glebowym a zawartością części spławialnych w glebie. Gdy jednak wydzielono przedziały zawartości części spławialnych, okazało się, że skład granulometryczny w znacznym stopniu determinuje zależność między stężeniem potasu w roztworze glebowym a potasem wymiennym (rys. 1b). Dla każdego przedziału zawartości części spławialnych w glebie stężenie potasu w roztworze glebowym wzrastało wraz ze wzrostem zawartości potasu wymiennego, ale nachylenie krzywych regresji było różne. Taki charakter zależności wskazuje, że nawet duża zmiana zawartości potasu wymiennego w glebie ciężkiej jest związana ze stosunkowo małymi zmianami stężenia potasu w roztworze glebowym.



Rys. 1, a – Zależność między stężeniem magnezu w roztworze glebowym a pH gleby ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) przy określonych zawartościach części koloidalnych  $< 0,002$  mm w glebie ( $r = 0,68^{**}$ ),  
 b – Zależność między stężeniem potasu w roztworze glebowym a zawartością potasu wymiennego przy określonej zawartości części  $< 0,02$  mm w glebie ( $r = 0,65^{**}$ )

Fig. 1, a – Relationship between magnesium concentration in the soil solution and soil reaction ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) at the defined content of particles  $< 0.002$  mm in the soil ( $r = 0.68^{**}$ ),  
 b – Relation between potassium concentration in soil solution and exchangeable potassium in defined content of particles  $< 0.02$  mm in soil ( $r = 0.65^{**}$ )

Przechodząc w kierunku gleb coraz lżejszych, o mniejszej zawartości części spławialnych, zmiana zawartości potasu wymiennego w glebie o jednostkę była związana z coraz większą zmianą stężenia potasu w roztworze glebowym.

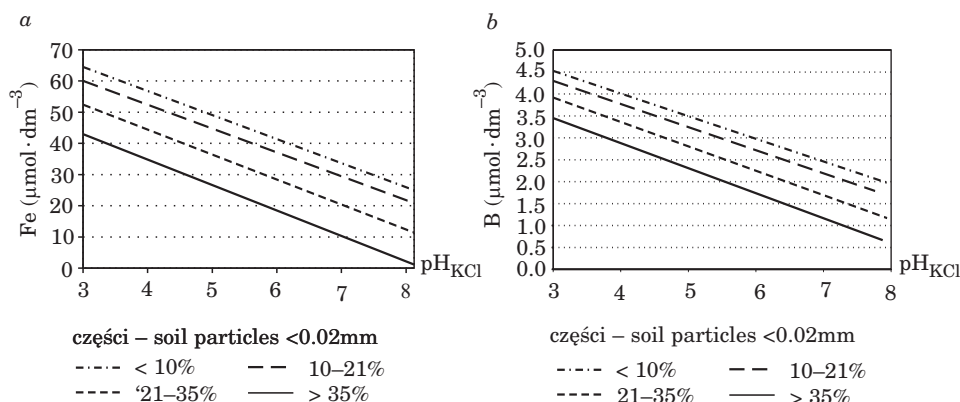
Korelacja między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem żelaza i cynku w roztworze glebowym była istotna, chociaż stosunkowo słaba, współczynniki korelacji odpowiednio dla żelaza i cynku wynosiły  $r = -0,47^{**}$ ,  $r = -0,30^{**}$  (tab. 1).

Po wydzieleniu przedziałów zawartości części spławialnych okazało się, że w glebach ciężkich stężenie żelaza i cynku kształtuje się na niższym poziomie niż w glebach lekkich dla określonych wartości pH (rys. 2ab).

Ponieważ wszystkie linie regresji były równoległe, zawartość części spławialnych nie miała wpływu na zależność między stężeniem żelaza i cynku w roztworze glebowym a odczynem gleby (rys. 2ab).

Nie wykazano bezpośredniej korelacji między stężeniem miedzi i boru w roztworze glebowym a zawartością części spławialnych w glebie (tab. 1). Po wydzieleniu przedziałów zawartości części spławialnych w glebie okazało się, że stężenie miedzi w roztworze glebowym dla określonych wartości pH kształtowało się na wyższym poziomie w glebach lekkich niż ciężkich (rys. 3a).

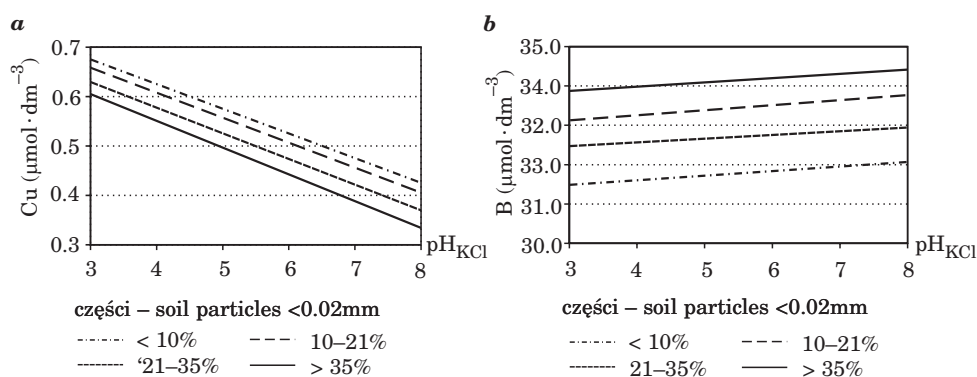
Natomiast stężenie boru w roztworze glebowym dla określonych wartości pH, było wyższe w glebach ciężkich niż lekkich (rys. 3b). Zarówno w przypadku miedzi, jak i boru zawartość części spławialnych w glebie nie miała wpływu na zależność między stężeniem tych pierwiastków w roztworze glebowym a odczynem gleby, ponieważ wszystkie linie regresji były niemal równoległe (rys. 3ab).



Rys. 2. Zależność między stężeniem żelaza – a, cynku – b w roztworze glebowym a zawartością części spławialnych w glebie przy określonych wartościach pH

Fig. 2. Relationship between iron – a and zinc – b concentrations in the soil solution and soil pH at the defined content of soil particles < 0.02 mm

Bezpośrednia korelacja między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem manganu w roztworze glebowym, choć istotna, była stosunkowo słaba ( $r = + 0,39^*$ ). Stężenie manganu w roztworze warstwy ornej gleby było ujemnie skorelowane z pH gleby (tab. 1). Zależność ta była uzależniona od składu granulometrycznego gleby (rys. 4a). Kąt nachylenia linii regresji był najmniejszy w glebach lekkich i wzrastał w miarę wzrostu zawartości frakcji części spławialnych

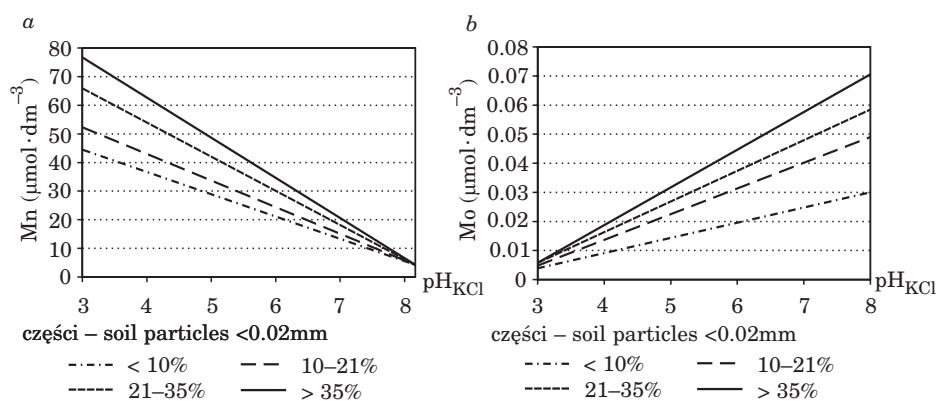


Rys. 3. Zależność między stężeniem miedzi – a, boru – b w roztworze glebowym a zawartością części spławialnych w glebie przy określonych wartościach pH

Fig. 3. Relationship between copper – a and boron – b concentrations in the soil solution and soil pH at the defined content of soil particles < 0.02 mm

w glebie. Tak więc poziom stężenia manganu był najmniejszy w glebach lekkich i w małym stopniu wzrastał wraz ze spadkiem pH. Natomiast w glebach ciężkich poziom stężenia manganu był wyraźnie wyższy. Spadek pH w tych warunkach o jednostkę był związany ze znacznie większym wzrostem stężenia manganu w roztworze glebowym (rys. 4a).

Nie zaobserwowano związku między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem molibdenu w roztworze glebowym (tab. 1). Jednak gdy wydzielono przedziały zawartości części spławialnych w glebie, okazało się, że skład granulometryczny w znacznym stopniu determinuje zależność między stężeniem molibdenu w roztworze glebowym a odczynem gleby (rys. 4b). Dla każdego przedziału zawartości części spławialnych w glebie stężenie molibdenu wzrastało wraz ze wzrostem odczynu gleby, ale nachylenie linii regresji było różne. W miarę wzrostu



Rys. 4. Zależność między stężeniem manganu – a, molibdenu – b w roztworze glebowym, a zawartością części spławialnych w glebie, przy określonych wartościach pH

Fig. 4. Relationship between manganese – a and molybdenum – b in the soil solution and soil pH at the defined content of soil particles < 0.02 mm

zawartości części spławialnych w glebie zwiększał się kąt nachylenia linii regresji. Taki charakter zależności wskazuje, że nawet mała zmiana wartości pH gleby powoduje znaczne zmiany stężenia molibdenu w roztworze warstwy ornej gleb ciężkich.

W miarę przechodzenia do gleb coraz lżejszych, o coraz mniejszej zawartości części spławialnych, zmiana wartości pH o jednostkę wiąże się z coraz mniejszą zmianą stężenia molibdenu w roztworze glebowym (rys. 4b).

## DYSKUSJA

Wraz ze wzrostem zawartości części spławialnych w glebie obserwowano istotny wzrost stężenia wapnia i magnezu w roztworze glebowym (tab. 1). Wyższe stężenie wapnia i magnezu w roztworze gleb ciężkich wiąże się bezpośrednio z wyższą zawartością w tych warunkach form wymiennych obu jonów, które regulują stężenie tych pierwiastków w roztworze glebowym (NEMETH i in. 1970, LIPIŃSKI, BEDNAREK 1998, PONDEL 1971). Wyższe stężenie magnezu w roztworze gleb ciężkich wiąże się także z wyższą zawartością wtórnych minerałów zawierających magnez, takich jak wermikulit i montmorylonit. Ponadto w glebach ciężkich jest więcej minerałów łatwo uwalniających magnez, takich jak biotyt, hornblenda i oliwin (MERICIK 1987). Bezpośrednia korelacja między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem magnezu w roztworze glebowym, choć istotna, była stosunkowo słaba  $r = +0,23^*$  (tab. 1). Jednak po wydzieleniu przedziałów zawartości iłu koloidalnego w glebie okazało się, że na glebach lekkich stężenie Mg w roztworze glebowym kształtowało się na niższym poziomie niż na glebach ciężkich, przy określonych wartościach pH (rys. 1a). Również badania innych autorów wskazują na wyższe uwalnianie magnezu do roztworu glebowego w warunkach gleb lekkich niż ciężkich (PONDEL i in. 1991, SPYCHAJ-FABISIAK i in. 1999). Nie wykazano bezpośredniej korelacji między stężeniem potasu w roztworze glebowym a zawartością części spławialnych w glebie (tab. 1). Gdy jednak wydzielono przedziały zawartości części spławialnych, okazało się, że skład granulometryczny w znacznym stopniu determinuje zależność między stężeniem potasu w roztworze glebowym a potasem wymiennym (rys. 1b). Uzasadnieniem uzyskanego wyniku są dane wskazujące, że w glebach lekkich, przy tej samej zawartości potasu wymiennego, o małej zawartości minerałów ilastych, wysycenie potasem jest wyższe stopniem niż w glebach ciężkich (PONDEL 1971, BENIANS 1985). W glebach lekkich dominuje sorpcja potasu na powierzchni minerałów ilastych, o małej sile wiązania potasu. W glebach ciężkich dominuje sorpcja w przestrzeniach wewnętrznych minerałów ilastych i na ich krawędziach, o znacznie większej sile wiązania potasu (BENIANS 1985).

Korelacja między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem żelaza i cynku w roztworze glebowym była istotna, chociaż stosunkowo słaba, współczynniki korelacji dla Fe i Zn wynosiły  $r = -0,47^*$ ,  $r = -0,30^*$  (tab. 1). Po wydzieleniu przedziałów zawartości części spławialnych okazało się, że w glebach ciężkich stężenie żelaza i cynku kształtuje się na niższym poziomie niż w glebach lekkich, dla określonych wartości pH (rys. 2ab). Nie wykazano bezpośredniej korelacji między stężeniem miedzi i boru w roztworze glebowym a zawartością części spławialnych w glebie (tab. 1). Po wydzieleniu przedziałów zawartości części spławialnych w glebie okazało się, że stężenie Cu w roztworze glebowym, dla określonych wartości pH, kształtowało się na wyższym poziomie w glebach lekkich niż ciężkich (rys. 3a). Natomiast stężenie boru w roztworze glebowym dla określonych wartości pH było wyższe w glebach ciężkich niż lekkich (rys. 3b).

Roztwory gleb lekkich, piaszczystych wykazują na ogół wyższe stężenia Fe, Mn, Cu i Zn niż w glebach cięższych, np. gliniastych. Wiąże się to z dużo słabszym kompleksem sorpcyjnym gleb lekkich, a również niższą, na ogół, wartością ich pH, co sprzyja zwiększonej rozpuszczalności wielu związków, w których skład wchodzi te pierwiastki (WOLT 1994). Prawdopodobnie, w warunkach gleb lekkich była ograniczana fizykochemiczna sorpcja boru na cząstkach fazy stałej gleby, co wzmagało straty tego pierwiastka przez wymywanie w głąb profilu glebowego. Niekwestionowana jest bowiem możliwość wymywania, zwłaszcza z gleb lekkich, boru w formie jonów boranowych (ŚWIECICKI 1964). Bezpośrednia korelacja między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem manganu w roztworze glebowym, choć istotna, była stosunkowo słaba (tab. 1). Stężenie manganu w roztworze warstwy ornej gleby było ujemnie skorelowane z odczynem gleby (tab. 1). Zależność ta była uzależniona od składu granulometrycznego gleby (rys. 4a). O stężeniu jonów  $Mn^{2+}$  w roztworze glebowym decydują dwa główne czynniki: pH i potencjał redoks, który w znacznej mierze jest związany ze składem granulometrycznym gleby (PETRIE, JACKSON 1984). W glebach ciężkich wartości potencjału redoks są wysokie, co tworzy warunki sprzyjające redukcji manganu do formy  $Mn^{2+}$ . Natomiast w glebach lekkich warunki sprzyjają utlenianiu związków manganu (niska wartość potencjału redoks). Zmniejsza to wpływ pH na redukcję manganu, powodując obniżenie stężenia tego pierwiastka w roztworze glebowym. Dlatego też należy oczekiwać, że stężenie jonu  $Mn^{2+}$ , jako czynnika toksyczności, ma znacznie mniejsze znaczenie w glebach lekkich niż ciężkich.

Nie zaobserwowano związku między zawartością części spławialnych w glebie a stężeniem molibdenu w roztworze glebowym (tab. 1). Jednak gdy wydzielono przedziały zawartości części spławialnych w glebie, okazało się, że skład granulometryczny w znacznym stopniu determinuje zależność między stężeniem molibdenu w roztworze glebowym a odczynem gleby (rys. 4b). Ruchliwość molibdenu w glebach, podobnie jak manganu, jest uzależniona od potencjału oksydoredukcyjnego i pH gleby. Rozpuszczalność molibdenu jest największa w glebach średnich i ciężkich, alkalicznych, w których dominuje anion  $MoO_4^{2-}$ , oraz w warunkach redukcyjnych (wysokie wartości potencjału oksydoredukcyjnego), gdy w roztworze dominują formy związane z mobilnymi siarczkami (JARELL, DAWSON 1978).

## WNIOSKI

1. Skład granulometryczny gleby jest czynnikiem wpływającym na stężenie jonów w roztworze glebowym. Spośród makroskładników jedynie stężenie wapnia i magnezu w roztworze glebowym jest uzależnione od zawartości części spławialnych w glebie.



2. Skład granulometryczny gleby modyfikuje zależność między stężeniem potasu w roztworze glebowym a ilością wymiennej formy tego składnika w glebie oraz wpływa na stosunki między stężeniem jonów  $Mg^{2+}$  w roztworze glebowym a pH gleby.

3. Wraz ze wzrostem zawartości części spławialnych w glebie wzrasta stężenie manganu w roztworze glebowym. Stężenie żelaza, cynku i miedzi obniża się wraz ze wzrostem zawartości części spławialnych w glebie, a stężenie boru i molibdenu w roztworze glebowym nie jest uzależnione od zawartości części spławialnych w glebie.

4. Skład granulometryczny gleby wpływa na zależność między stężeniem mikroelementów w roztworze glebowym a odczynem gleby. Przechodząc od gleb lekkich, kwaśnych do gleb cięższych o odczynie obojętnym i zasadowym obserwuje się spadek stężenia żelaza, cynku i miedzi oraz wzrost stężenia manganu, boru i molibdenu w roztworze glebowym.

## PIŚMIENNICTWO

- BENIANS G. 1985. *The solubility of cations in soil*. Soil Sci., 36: 231-238.
- CAMPBELL D.J., KINNIBURGH D.G., BECKETT P.H.T. 1989. *The soil solution chemistry of some Oxfordshire soils*. J. Soil Sci. U.K., 40: 321-339.
- JARRELL W. M., DAWSON D. M. 1978. *Sorption and availability of molybdenum in soils of Western Oregon*. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 412-415.
- LPIŃSKI W., BEDNAREK W. 1998. *Występowanie łatwo rozpuszczalnych form metali w glebach Lubelszczyzny w zależności od odczynu i składu granulometrycznego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 456: 399-404.
- MERCIK S. 1987. Rozdziały 6 – 8. W: *Chemiczne podstawy żyzności gleb i nawożenia*. Red. FOTYMA M., MERCIK S., FABER A. Wyd. PWRiL, Warszawa, 127-184.
- NEMETH K., MENDEL K., GRIMME H. 1970. *The concentration of K, Ca and Mg in saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg*. Soil Sci., 100: 179-184.
- PETRIE S. E., JACKSON T. L. 1984. *Effects of fertilization on soil solution pH and manganese concentration*. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 315-318.
- PONDEL H. 1971. *Zasobność gleb wytworzonych z piasków w różne formy wapnia, magnezu, potasu i sodu*. Cz. I i II. Pam. Puł., 56: 93-125.
- PONDEL H., RUSZKOWSKA M., SYKUT S., TERELAK H. 1991. *Wymywanie składników nawozowych z gleb w świetle badań IUNG*. Roczn. Gleb., 42 (3/4): 97-107.
- SPYCHAJ-FABISIAK E., MURAWSKA B., JANOWIAK J. 1999. *Badania nad wymywaniem wapnia i magnezu z gleb przemywanych symulowanym kwaśnym deszczem w warunkach doświadczeń laboratoryjnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 467: 547-553.
- ŚWIECICKI C. W. 1964. *Bor w typowych glebach naturalnych Polski*. Roczn. Nauk Rol. Ser. D., 111: 1-15.
- TYLER L. D., MCBRIDE M. B. 1982. *Mobility and extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc in organic and mineral soil columns*. Soil Sc., 134: 198-205.
- WOLT J. D. 1994. *Soil Solution Chemistry – Applications to Environmental Science and Agriculture*. New York. John Wiley & Sons, Inc. 325 ss.
- WOLT J. D., GRAVEEL J. 1986. *A rapid routine method for obtaining soil solution using vacuum displacement*. Soil Sci. Soc. Am. J., 50: 602-605.

---

**Beata Rutkowska, Wiesław Szulc, Jan Łabętowicz**

**SKŁAD GRANULOMETRYCZNY GLEBY JAKO CZYNNIK DETERMINUJĄCY STĘŻENIE  
JONÓW W ROZTWORZE GLEBOWYM**

Słowa kluczowe: gleba, roztwór glebowy, skład granulometryczny, makroelementy, mikroelementy.

Abstrakt

Na podstawie 136 prób glebowych pobranych z obszaru całej Polski analizowano wpływ składu granulometrycznego na stężenie pierwiastków w roztworze glebowym. Roztwór glebowy pozyskano metodą podciśnieniową, a stężenie poszczególnych pierwiastków w roztworze oznaczono metodą ICP.

Zawartość części sypialnych w glebie była dodatnio skorelowana ze stężeniem wapnia, magnezu i manganu, a ujemnie – ze stężeniem glinu, żelaza, cynku i miedzi w roztworze glebowym. Przechodząc od gleb lekkich, piaszczystych i kwaśnych o małej pojemności kompleksu sorpcyjnego do gleb ciężkich o odczynie obojętnym i zasadowym, i większej pojemności kompleksu sorpcyjnego obserwowano spadek stężenia Fe, Zn i Cu w roztworze glebowym, wzrost zaś stężenia Ca, Mg, K, Mn i Mo.

**GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SOIL AS A FACTOR DETERMINING IONIC  
CONCENTRATION IN THE SOIL SOLUTION**

Key words: soil, soil solution, granulometric composition, macronutrients, micronutrients.

Abstract

On the basis of 136 soil samples collected from the whole area of Poland, the effect of granulometric composition of soil on the chemical composition of soil solution was analyzed. Soil solution was obtained by the subatmospheric pressure method and concentrations of particular ions in the soil solution were assayed with the ICP method.

The content of soil particles smaller than 0.02 mm was positively correlated with the concentration of calcium, magnesium and manganese in the soil solution, but negatively correlated with the concentration of aluminium, iron, zinc and copper in the soil solution. While passing from light sandy acidic soils with a small cation exchange capacity to heavier soils with neutral and alkaline soil reaction and a considerably greater cation exchange capacity, we observed certain decrease in the Fe, Zn and Cu concentration and increase in the Ca, Mg, K, Mn and Mo concentration in the soil solution.

**Jadwiga Wierzbowska**

## **GOSPODARKA POTASEM PSZENICY JAREJ W ZALEŻNOŚCI OD STOSOWANIA REGULATORÓW WZROSTU I POZIOMU NAWOŻENIA TYM SKŁADNIKIEM**

**Katedra Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**

### **WSTĘP**

Spośród kationów potas jest pobierany w największych ilościach (BARŁÓG i in. 2001), z dużym wyprzedzeniem w stosunku do rozwoju biomasy, a optymalne zaopatrzenie roślin w ten składnik poprawia efektywność plonotwórczą azotu (SZCZEPANIAK 2004). Najwyższą zawartość potasu stwierdza się w roślinach najmłodszych, w miarę wzrostu koncentracja stopniowo się obniża. U zbóż największe tempo pobrania potasu przypada na okres strzelania w źdźbło i utrzymuje się do fazy kłoszenia. Akumulacja tego składnika w pszenicy trwa do kwitnienia, po okresie tym do zbiorów może zmniejszyć się nawet o 50% w stosunku do pobrania maksymalnego (WIERZBOWSKA, NOWAK 2000, PREEZ du BENNIE 1991, ŁASZTITY 1988a,b).

Celem pracy było prześledzenie wpływu regulatorów wzrostu na gospodarkę potasem w roślinach pszenicy jarej w warunkach wzrastającego poziomu nawożenia tym składnikiem.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie, w 4 powtórzeniach, założono w wazonach Mitscherlicha napełnionych 6,5 kg piasku gliniastego lekkiego o pH w 1M KCl = 6,4 i średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Zastosowano nawożenie mineralne:

- N – 1,5 g/wazon ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ),
- P – 0,5 g/wazon ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ),
- K – 0–3,0 g/wazon ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  uzupełniony KCl i  $\text{K}_2\text{SO}_4$  w stosunku 1:1),
- Mg – 0,25 g/wazon ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).

P i Mg w całości oraz połowę dawki N i K wniesiono do gleby przedsiwennie. Pozostałą ilość nawozów NK zastosowano w 2 równych częściach – na początku krzewienia oraz w fazie strzelania w źdźbło. W wazonie uprawiano po 20 szt. pszenicy jarej odmiany Jasna.

W celu porównania działania regulatorów wzrostu w warunkach stosowania wzrastających dawek nawozów potasowych wazonny podzielono na grupy wg stosowanych oprysków regulatorami wzrostu.

Wariant doświadczenia	Termin oprysku i użyte regulatory wzrostu	
	początek krzewienia	początek kwitnienia
I – kontrola	woda destylowana	woda destylowana
II – kinetyna	BAP (6-benzyloaminopuryna)	FAP (furfuryloaminopuryna)
III – giberelina	$\text{GA}_3$ (kwas giberelinowy)	$\text{GA}_3$ (kwas giberelinowy)
IV – auksyna	IAA (kwas 3-indoliloctowy)	NAA (kwas $\alpha$ -naftyloctowy)

Objętość roztworu użytego do oprysku każdej z grup roślin wynosiła  $0,5 \text{ dm}^3$ . Stężenie regulatorów wzrostu –  $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Pszenicę zebrano w fazie dojrzałości pełnej, następnie rozdzielono na organy: ziarno, plewy z osadką kłosową, źdźbło, liść flagowy, liść 2 oraz pozostałe liście. Po wykonaniu pomiarów biometrycznych próby roślin z poszczególnych wazonów łączono według obiektów doświadczalnych w próby zbiorcze. Zmielony materiał roślinny mineralizowano w stężonym kwasie siarkowym z dodatkiem ditlenku wodoru jako utleniacza. Potas oznaczono metodą fotopłomieniową.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zawartość składników mineralnych, w tym również potasu, w ziarnie zbóż może się zmieniać w zależności od czynników klimatycznych i warunków uprawy (MAKARSKA, MICHALIK 2003).

Tabela 1  
Table 1Zawartość potasu w organach pszenicy jarej (g K · kg<sup>-1</sup> s.m.)  
Potassium content in organs of spring wheat (g K · kg<sup>-1</sup> d.w.)

Regulatory wzrostu Plant growth regulators	Dawka K w g wazon <sup>-1</sup> – Dose K in g per pot							Średnio Mean
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
Ziarno – Grain								
Kontrola – Control	8.00	7.40	8.60	8.00	8.30	8.60	8.00	8.13
Kinetyna – Kinetin	9.60	9.80	9.80	9.20	8.60	9.80	9.60	9.49
Giberelina – Gibberellin	7.80	7.80	7.80	7.40	7.40	7.80	7.80	7.69
Auksyna – Auxine	9.20	9.80	8.40	8.60	8.80	9.00	9.00	8.97
Średnie – Means	8.65	8.70	8.65	8.30	8.28	8.80	8.60	–
Plewy – Glume								
Kontrola – Control	29.80	40.30	40.00	36.80	38.50	44.80	44.80	39.54
Kinetyna – Kinetin	40.30	43.80	45.80	46.00	45.80	46.80	44.80	44.76
Giberelina – Gibberellin	33.00	31.15	30.50	29.90	29.20	28.60	28.00	30.10
Auksyna – Auxine	36.30	38.50	45.80	42.00	40.50	33.00	31.80	38.27
Średnie – Means	34.85	38.53	40.53	39.13	38.50	38.30	37.35	–
Żółtko – Stem								
Kontrola – Control	38.50	45.20	50.00	51.30	51.70	52.00	66.00	50.67
Kinetyna – Kinetin	44.00	48.20	62.00	66.70	71.30	71.30	71.40	62.13
Giberelina – Gibberellin	33.00	46.00	48.60	51.20	50.40	55.00	59.50	49.61
Auksyna – Auxine	48.50	50.70	52.80	54.40	56.20	57.00	61.40	54.43
Średnie – Means	41.00	47.53	53.35	55.90	58.30	58.83	64.58	–
Liść flagowy – Flag leaf								
Kontrola – Control	34.20	40.00	43.80	50.00	55.00	53.80	53.80	47.23
Kinetyna – Kinetin	43.60	48.00	53.00	53.80	53.80	53.80	55.00	51.57
Giberelina – Gibberellin	43.00	44.30	45.80	49.30	49.30	48.30	47.50	46.79
Auksyna – Auxine	40.30	45.80	49.30	49.30	51.30	53.00	54.00	49.00
Średnie – Means	40.28	44.53	47.98	50.60	52.35	52.23	52.58	–
Liść 2 – Second leaf								
Kontrola – Control	41.60	43.00	47.60	48.40	51.20	50.00	48.20	47.14
Kinetyna – Kinetin	46.00	48.20	50.00	51.40	48.20	49.00	49.00	48.38
Giberelina – Gibberellin	37.20	37.20	41.60	43.40	44.00	43.40	43.40	41.46
Auksyna – Auxine	43.00	48.40	50.60	47.60	48.80	50.00	57.00	49.34
Średnie – Means	41.95	44.20	47.45	47.70	48.05	48.10	49.40	–
Pozostałe liście – Remaining leaves								
Kontrola – Control	55.30	57.50	60.50	61.30	70.50	69.90	69.30	63.47
Kinetyna – Kinetin	60.50	60.50	65.00	68.30	72.00	78.50	72.00	68.40
Giberelina – Gibberellin	58.00	53.80	55.30	57.30	61.15	62.50	60.50	58.41
Auksyna – Auxine	60.50	52.80	57.50	57.50	57.50	58.60	62.30	58.10
Średnie – Means	58.58	56.65	59.58	61.10	65.38	67.38	66.03	–

W niniejszych badaniach, podobnie jak w pracach WIERZBOWSKIEJ i NOWAKA (2000, 2002), regulatory wzrostu w większym stopniu niż poziom nawożenia modyfikowały zawartość potasu w ziarnie pszenicy (tab. 1). Kinetyna i auksyna wyraźnie zwiększyły koncentrację potasu w ziarnie odpowiednio o 16,73 i 10,33%, a giberelina w niewielkim stopniu (-5,41%) ją obniżyła. Analogiczne tendencje uwidoczniły się także w organach wegetatywnych, oprócz pozostałych liści, w których tylko kinetyna o 7,77% zwiększyła zawartość tego składnika, a pozostałe fitohormony zmniejszyły o 8,00–8,50%.

Podobnie jak w badaniach GORBANOVA i KOSTADINOVEJ (2000) oraz STEPANIA i in. (2005), nawożenie potasem tylko w niewielkim stopniu modyfikowało zawartość tego pierwiastka w ziarnie, natomiast w organach wegetatywnych koncentracja wzrastała analogicznie do zastosowanych dawek tego składnika. Najwyższy przyrost koncentracji stwierdzono w źdźbło, gdzie po zastosowaniu 3,0 g K na wazon uzyskano 57,50% przyrost zawartości w porównaniu z pszenicą uprawianą bez nawożenia potasem.

Mniejsza masa wytworzonych organów, mimo na ogół wyższej zawartości potasu, sprawiła, że auksyna – a w niewielkim stopniu również kinetyna – zmniejszyła akumulację potasu w całych roślinach pszenicy (tab. 2). Z kolei pod wpływem gibereliny, głównie dzięki większej masie źdźbła, akumulacja tego pierwiastka była zbliżona do poziomu w roślinach kontrolnych.

Tabela 2  
Table 2

Akumulacja potasu w roślinach pszenicy jarej (mg K na roślinę)  
Potassium accumulation in spring wheat plants (mg K per plants)

Wyszczególnienie Specification	Organy rośliny – Plant organs						Razem Total
	ziarno graino	plewy glume	źdźbło stem	liść flagowy flag leaf	liść 2 second leaf	pozostałe liście remaining leaves	
Średnie dla regulatorów wzrost– Means for plant growth regulators							
Kontrola – Control	8.44	17.28	32.76	15.70	9.11	30.16	113.44
Kinetyna – Kinetin	7.66	15.96	32.95	14.74	8.86	31.10	111.28
Giberelina – Gibberellin	7.12	12.68	45.11	14.07	8.01	26.94	113.93
Auksyna – Auxine	8.54	14.53	34.01	15.51	8.21	24.28	105.07
Średnie dla dawki K – Means for dose K							
0.0	7.51	13.62	26.29	12.89	8.15	30.75	99.20
0.5	7.65	16.09	31.25	14.53	7.95	26.43	103.90
1.0	8.76	17.52	36.68	14.96	8.28	27.28	113.47
1.5	7.81	16.09	38.41	14.68	8.48	25.97	111.44
2.0	7.96	13.57	38.53	14.17	8.06	26.94	109.22
2.5	7.92	14.51	39.77	15.66	8.90	29.03	115.78
3.0	8.01	14.40	42.51	18.14	10.00	30.42	123.48

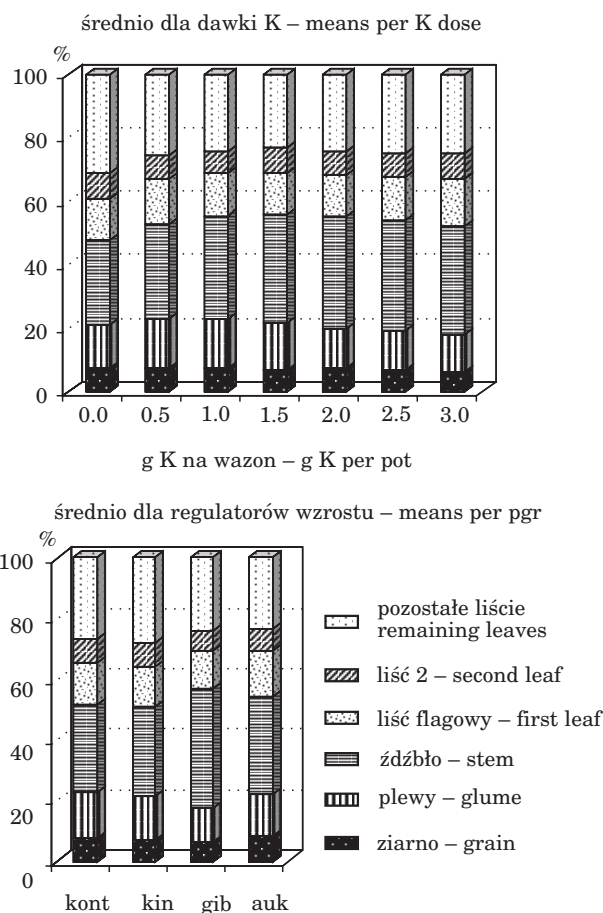
Podobne efekty uzyskano w badaniach WIERZBOWSKIEJ i NOWAKA (2002), w warunkach bowiem wzrastającego nawożenia azotem kinetyna i auksyna zmniejszyły globalne pobranie potasu przez pszenicę, natomiast giberelina nieco zwiększyła. Z kolei inne badania tych autorów (WIERZBOWSKA, NOWAK 2000) dowodzą, że zarówno auksyna, jak i kinetyna, szczególnie z dodatkiem mocznika, zwiększały pobranie potasu i jego akumulację w poszczególnych organach. Potwierdza to tezę, że wpływ regulatorów wzrostu na gospodarkę mineralną roślin jest uzależniony, w pewnym stopniu, od warunków środowiskowych.

Wzrastający poziom nawożenia potasem spowodował 24,48% przyrost akumulacji tego składnika w roślinach pszenicy, szczególnie na skutek zwiększonego nagromadzenia w źdźble (o 61,70%) i liściu flagowym (o 40,73%) – tab. 2. W pozostałych organach, w tym w ziarnie, zmiany te były znacznie mniejsze. Według FOTYMY (2005), o pobraniu potasu z plonem końcowym zbóż w większym stopniu decyduje poziom nawożenia azotem niż stosowanie lub nie nawożenia potasem.

Testowane regulatory wzrostu modyfikowały nie tylko zawartość i akumulację potasu w poszczególnych organach pszenicy, ale w pewnym stopniu wpływały również na udział tychże organów w retencjonowaniu potasu pobranego przez roślinę (rys. 1). Kinetyna i giberelina nieznacznie zmniejszały udział ziarna w gromadzeniu potasu, a auksyna zwiększyła. Fitohormony, a głównie giberelina i auksyna zwiększyły, kosztem najstarszych liści i plew, udział źdźbła w magazynowaniu tego pierwiastka. Podobne tendencje stwierdzono również w badaniach WIERZBOWSKIEJ i NOWAKA (2002), gdzie regulatory wzrostu, szczególnie giberelina, zmniejszyły akumulację tego pierwiastka w ziarnie, w plewach i pozostałych liściach. Natomiast w źdźble oraz w pierwszym i drugim liściu pod wpływem kinetyny, a zwłaszcza gibereliny, zwiększyło się gromadzenie potasu. Auksyna z kolei zmniejszyła całkowite pobranie potasu i jego akumulację w poszczególnych organach, z wyjątkiem liścia flagowego. Zdaniem NIEMYSKIEJ i STARCK (1988), egzogenna  $GA_3$  może wpływać na zwiększoną remobilizację jonów  $K^+$  ze starzejących się organów, co jednocześnie powoduje lepsze wykorzystanie jonów potasu w warunkach niedoboru. Wpływ egzogennych fitohormonów (IAA,  $GA_3$ ) na pobieranie i transport jonów jest zróżnicowany, zależy m.in. od czasu działania egzogennie wprowadzonych hormonów w roślinie (CHOŁUJ 1988). Transport jonów może być regulowany przez IAA lub ABA przez ich wpływ na otwieranie i zamykanie kanałów jonowych w błonach komórkowych (BLATT 1993).

Również wzrastający poziom nawożenia zwiększał udział źdźbła w retencjonowaniu potasu, a jednocześnie ograniczał udział najstarszych liści, a po zastosowaniu najwyższych dawek – również ziarna i plew (rys. 1).

Efektywność fizjologiczną potasu, czyli przyrost plonu ziarna na 1 g K pobranego z plonem końcowym pszenicy, przedstawiono na rysunku 2. Najwyższą efektywność fizjologiczną uzyskano dla roślin kontrolnych. Fitohormony, zwłaszcza kinetyna, znacznie ograniczały efekt fizjologiczny nawożenia potasem. Najlepszy efekt (1,44 g ziarna na 1 g K) otrzymano zwiększając nawożenie z 0,5 do 1,0 g K. Był on szczególnie wysoki w przypadku pszenicy opryskiwanej gibereliną (3,27 g ziarna na 1 g K).

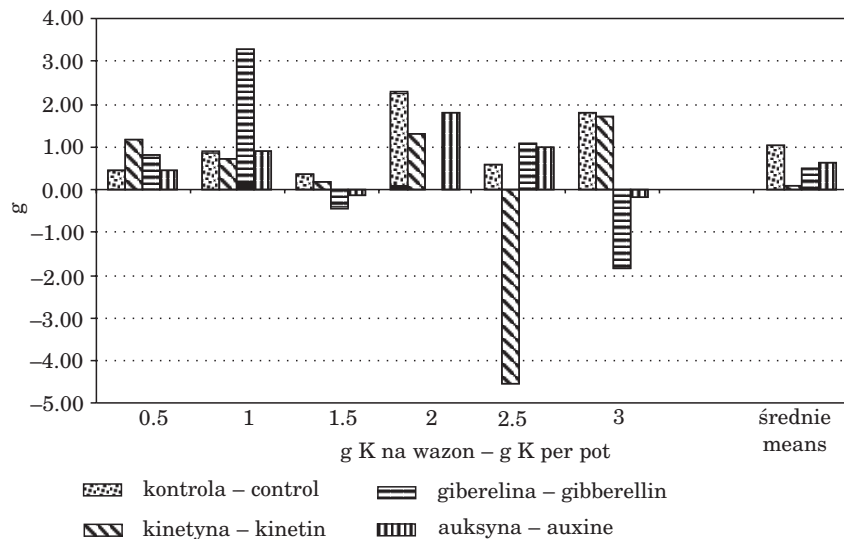


Rys. 1. Dystrybucja potasu w roślinach pszenicy jarej (kont -kontrola; kin – kinetyna; gib – giberelina; auk – auksyna)

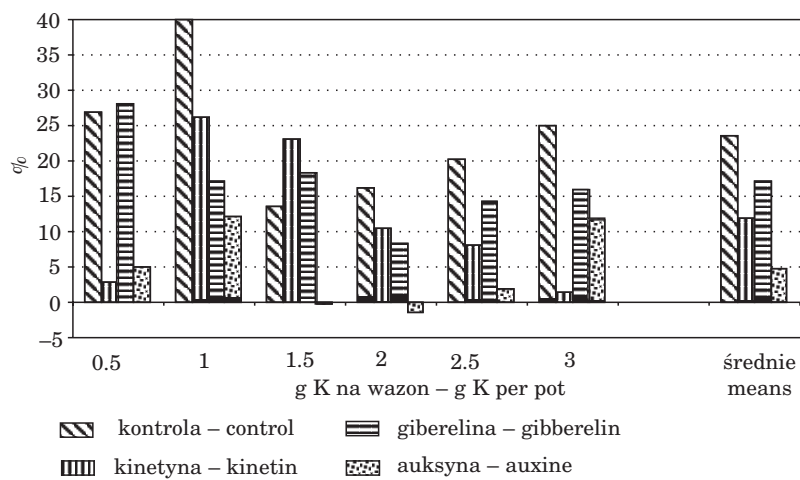
Fig 1. Potassium distribution in plants of spring wheat (kont – control; kin – kinetyna; gib – giberelina; auk – auksyna)

Najwyższy poziom wykorzystania potasu z nawozów uzyskano dla roślin kontrolnych (rys.3). Auksyna (ok. 5-krotnie), a w nieco mniejszym stopniu również kinetyna (ok. 2-krotnie) i giberelina (ok. 1,4-krotnie) ograniczyły wykorzystanie tego składnika. Związane to było przede wszystkim z mniejszą biomasą roślin traktowanych zwłaszcza auksyną i kinetyną. Różnica ta nie została zrekompensowana, mimo większej zawartości potasu w poszczególnych organach pszenicy opryskiwanej kinetyną i auksyną, co wpłynęło na mniejsze pobranie tego składnika. Dawka 1 g K na 1 wazon zapewniała największe (23,78%) wykorzystanie składnika z nawozu, a w przypadku roślin kontrolnych nawet 39,91%.





Rys. 2. Efektywność fizjologiczna nawożenia potasem  
Fig. 2. Physiological efficiency of potassium fertilization



Rys. 3. Wykorzystanie potasu z nawozów  
Fig. 3. Potassium utilization with fertilizers

## WNIOSKI

1. Kinetyna i auksyna zwiększyły zawartość potasu w ziarnie i organach wegetatywnych pszenicy jarej, natomiast giberelina zmniejszyła tę zawartość.
2. Wzrastające dawki potasu w niewielkim stopniu modyfikowały zawartość i akumulację potasu w ziarnie, natomiast w większym stopniu zwiększały zawartość i akumulację tego składnika w organach wegetatywnych, zwłaszcza w źdźble.
3. Egzogenne fitohormony, zwłaszcza kinetyna zmniejszyły fizjologiczną efektywność nawożenia potasem i wykorzystanie tego składnika z nawozów.
4. Dawka 1 g K na wazon zapewniła najwyższą efektywność fizjologiczną nawożenia i najwyższe wykorzystanie potasu z nawozów.

## PIŚMIENNICTWO

- BARŁÓG P., LEHRKE R., GÓRSKI D., PARADOWSKI A. 2001. *Uptake of potassium, sodium and magnesium by high-yielding sugar beet varieties depending on potassium fertilizers*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 480: 167 – 176.
- BLATT M. R. 1993. *Hormonal control of ion channel gating*. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol., 44: 543-567.
- CHOŁUJ D. 1988. *Wpływ fitohormonów i zróżnicowanego zaopatrzenia roślin rzodkiewki w potas na procesy pobierania, transportu i dystrybucji niektórych jonów* (praca doktorska). Inst. Biol. Roślin SGGW.
- FOTYMA E. 2005. *Interakcja potasu i azotu w nawożeniu roślin uprawy polowej*. Nawozy i Nawożenie, 3(24): 319 – 327.
- GORBANOV S., KOSTADINOVA S. 2000. *The effect of phosphorus and potassium fertilization on the yield and quality of winter wheat*. Potassium and phosphorus: fertilization effect on soil and crop Proc. Reg. IPI Workshop, Lithuania, 23 – 24 October 2000, 132 – 137.
- LSZTITY B. 1988a. *A mtrgyzs hatsa tpanyagok felutelre s dinamikjra szizban (N-, P-, K-, Ca-, Mg-)*. Nvntytermels, 37 (2): 143154.
- LSZTITY B. 1988b. *Az sziz bza, rozs s triticale szrazanyag-s elemforgalma*, Nvntytermels, 37 (6): 509-515.
- MAKARSKA E., MICHALIK M. 2003. *Wpływ systemu uprawy na zawartość i proporcje składników pokarmowych w ziarnie jęczmienia jarego*. J. Elementol., 8(2): 65 – 74.
- NIEMYSKA B., STARCK Z. 1988. *Effect of GA<sub>3</sub> on photosynthate allocation and invertase activity in radish plants on different potassium leaves*. Acta Soc. Bot. Pol., 57: 523-538.
- PREEZ C.C. DU., BENNIE A.T.P. 1991. *Concentration, accumulatio and uptake rate of macronutrients by winter wheat under irrigation*. S. Afr. J. Plant Soil, 8(1): 3137.
- STĘPIEŃ W., MERCIK S., SOSULSKI T. 2005. *Wpływ formy nawozu potasowego i sposobu nawożenia na plon i jakość roślin*. Nawozy i Nawożenie, 3(24): 401 – 407.
- SZCZEPANIAK W. 2004. *Reakcja roślin uprawnych na nawożenie potasem*. J. Elementol., 9(4) Suppl., 67 – 78.
- WIERZBOWSKA J., NOWAK G. A. 2000. *Effects of cytokinins and auxins application on potassium managment of spring wheat in relation to level on mineral fertilization*. Natur. Sc., 7: 81 – 92.
- WIERZBOWSKA J., NOWAK G.A. 2002. *The influence of growth regulators and increasing doses of nitrogen on the phosphorus and potassium management of spring wheat*. Pol. J. Natur. Sc., 12(3): 7 – 19.

---

Jadwiga Wierzbowska

**GOSPODARKA POTASEM PSZENICY JAREJ W ZALEŻNOŚCI OD STOSOWANIA  
REGULATORÓW WZROSTU I POZIOMU NAWOŻENIA TYM SKŁADNIKIEM**

Słowa kluczowe: pszenica jara, potas, gospodarka mineralna, regulatory wzrostu.

Abstrakt

Pod wpływem kinetyny i auksyny zawartość potasu w ziarnie i organach wegetatywnych pszenicy jarej wzrosła, natomiast pod wpływem gibereliny zmalała. Wzrastające dawki potasu w niewielkim stopniu modyfikowały zawartość i akumulację potasu w ziarnie, natomiast wyraźnie zwiększały zawartość i akumulację tego składnika w organach wegetatywnych, zwłaszcza w źdźble. Najwyższą efektywność fizjologiczną nawożenia potasem i wykorzystanie tego składnika z nawozów uzyskano w przypadku roślin kontrolnych. Dawka 1 g K na wazon zapewniła najwyższą efektywność fizjologiczną nawożenia i najwyższe wykorzystanie potasu z nawozów.

**POTASSIUM MANAGEMENT OF SPRING WHEAT IN RELATION TO PLANT GROWTH  
REGULATORS AND FERTILIZATION LEVEL OF THE NUTRIENT**

Key words: spring wheat, potassium, mineral management, plant growth regulators.

Abstract

Kinetin and auxine increased, while gibberellin reduced potassium content in grain and vegetative organs of spring wheat. Increasing potassium doses only slightly modified potassium contents and accumulation in grain, although they significantly raised the K content and accumulation in vegetative organs, especially in stems. The highest physiological effectiveness of potassium fertilization and potassium utilization from fertilizers was gained in the case of control plants. the dose of 1 g K per pot guaranteed the highest physiological effectiveness of fertilization and the highest potassium utilization from fertilizers.



**Jadwiga Wierzbowska**

## **GOSPODARKA WAPNIEM I MAGNEZEM W ROŚLINACH PSZENICY JAREJ W WARUNKACH STOSOWANIA REGULATORÓW WZROSTU I ZRÓŻNICOWANYCH DAWEK POTASU**

**Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Katedra Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska**

### **WSTĘP**

Kation wapniowy jest znacznie wolniej pobierany niż inne jony, dlatego stosowanie wysokich dawek potasu, a także azotu w formie amonowej może prowadzić do zmniejszenia pobrania wapnia. Rośliny jednoliścienne, w tym zboża, pobierają mniej wapnia niż dwuliścienne. Pierwiastek ten jest mało ruchliwy w roślinie, dlatego największe jego ilości stwierdza się w najstarszych liściach (WIERZBOWSKA, NOWAK 2000a).

W Polsce ok. 40% gleb wykazuje niedostateczną zawartość magnezu, a stosowanie wysokich dawek nawozów potasowych może dodatkowo pogłębiać deficyt tego składnika. W trakcie wypełniania ziarna tylko niewielka część znajdującego się w nim magnezu pochodzi bezpośrednio z gleby. Na potrzeby ziarna ulega remobilizacji część tego składnika z organów wegetatywnych, głównie z liścia flagowego. Jednakże nadmierne zmniejszenie koncentracji magnezu w liściach prowadzi do obniżenia aktywności fotosyntetycznej, a w konsekwencji do spadku plonu (GRIMME 1987). Dobre zaopatrzenie w magnez sprzyja wzrostowi zawartości

azotu i białek. Magnez jako kofaktor enzymów odpowiedzialnych za syntezę i transport węglowodanów przyczynia się do wzrostu masy ziarniaków, a więc i plonu ziarna (CHWIL 2001, GRZEBISZ 1999).

Celem badań było prześledzenie gospodarki wapniem i magnezem w roślinach pszenicy jarej w warunkach stosowania regulatorów wzrostu i zróżnicowanego nawożenia potasem.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie, w 4 powtórzeniach, założono w wazonach Mitscherlicha napełnionych 6,5 kg piasku gliniastego lekkiego o pH w 1M KCl 6,4 i średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Nawożenie mineralne wynosiło: N – 1,5; K – 0 – 3,0; P – 0,5; Mg – 0,25 g na wazon. P ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) i Mg ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) w całości oraz połowę dawki N ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) i K ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  uzupełniony KCl i  $\text{K}_2\text{SO}_4$  w stosunku 1:1) wniesiono do gleby przedsięwnie. Pozostałą ilość nawozów NK zastosowano w 2 równych częściach – na początku krzewienia oraz w fazie strzelania w źdźbło. Uprawiano po 20 sz. pszenicy jarej odmiany Jasna.

W celu porównania działania regulatorów wzrostu na tle wzrastających dawek nawozów potasowych, wazony podzielono na grupy wg stosowanych oprysków. Objętość roztworu użytego do oprysku każdej z grup roślin wynosiła  $0,5 \text{ dm}^3$  o stężeniu  $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  regulatorów wzrostu.

Wariant doświadczenia	Termin oprysku i użyte regulatory wzrostu	
	początek krzewienia	początek kwitnienia
I – kontrola	woda destylowana	woda destylowana
II – kinetyna	BAP (6-benzyloaminopuryna)	FAP (furfuryloaminopuryna)
III – giberelina	$\text{GA}_3$ (kwas giberelinowy)	$\text{GA}_3$ (kwas giberelinowy)
IV – auksyna	IAA (kwas 3-indoliloctowy)	NAA (kwas $\alpha$ -naftylooctowy)

Pszenicę zebrano w fazie dojrzałości pełnej i rozdzielono na organy: ziarno, plewy z osadką kłosową, źdźbło, liść flagowy, podflagowy oraz pozostałe liście. Próby roślin z wazonów łączono według obiektów doświadczalnych. Zmielony materiał roślinny mineralizowano w stężonym kwasie siarkowym z dodatkiem ditlenku wodoru jako utleniacza. Wapń oznaczono metodą fotopłomieniową (ESA), a magnez metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA).

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zarówno nawożenie mineralne, jak i regulatory wzrostu mogą wpływać na pobieranie na oraz gospodarkę wapniem i magnezem w roślinach pszenicy jarej (WYSZKOWSKI 2001, WIERZBOWSKA, NOWAK 2000a,b). Także w omawianych badaniach fitohormony modyfikowały zawartość wapnia w ziarnie i organach wegetatywnych (tab. 1). Kinetyna i giberelina zwiększyły koncentrację tego składnika w ziarnie, natomiast auksyna zmniejszyła ją o ok. 10%. Wszystkie badane fitohormony, zwłaszcza giberelina w plewach (o 40%), a auksyna w liściu podflagowym (o 28,7%) i pozostałych liściach (o 8,6%) zwiększyły zawartość wapnia w porównaniu z wartością w roślinach kontrolnych. Wiązało się to jednocześnie ze zmniejszeniem koncentracji tego składnika w źdźble, zwłaszcza pod wpływem gibereliny (o 17,8%) i liściu flagowym.

Nawożenie potasem w niewielkim stopniu zmniejszało zawartość wapnia w ziarnie oraz źdźble, liściu flagowym i podflagowym, jednocześnie wzrastało jego stężenie w plewach i najstarszych liściach.

Zawartość magnezu w ziarnie i plewach w niewielkim stopniu zwiększyła się po oprysku regulatorami wzrostu (tab. 2). W pozostałych organach wegetatywnych fitohormony spowodowały zmniejszenie zawartości tego pierwiastka w porównaniu z wartościami w roślinach kontrolnych. Największy deficyt magnezu obserwowano po zastosowaniu gibereliny, która wywołała ponad 2-krotne zmniejszenie ilości tego składnika w źdźble i o 19,4% w liściu flagowym. Tylko nawożenie dawką 0,5 g K na 1 wazon zwiększyło zawartość magnezu we wszystkich organach pszenicy. Natomiast dawka 1,0 g K, w porównaniu z roślinami nie nawożonymi tym składnikiem, obniżyła o 6,7% zawartość magnezu w ziarnie, i dalszy wzrost poziomu nawożenia nie miał już w tym względzie żadnego znaczenia. Z kolei w organach wegetatywnych poziom nawożenia potasem modyfikował, w pewnym stopniu, zawartość magnezu, jednak wpływ ten okazał się niejednoznaczny.

Kinetyna, a w pewnym stopniu również auksyna, zmniejszyła akumulację wapnia w całych roślinach pszenicy, głównie z powodu mniejszego nagromadzenia w ziarnie (odpowiednio o 14,9 i 17,6%) – rys. 1. Z kolei giberelina nieznacznie zwiększyła akumulację tego składnika w całych roślinach, głównie za sprawą większego nagromadzenia w plewach (ok. 38%) i źdźble (ok. 16%). Nawożenie potasem ograniczało akumulację wapnia, jednak wpływ wysokości dawki okazał się niejednoznaczny.

Fitohormony zmniejszyły akumulację magnezu zarówno w poszczególnych organach, jak i całych roślinach pszenicy (rys. 2). Szczególnie niekorzystnie działała kinetyna, zmniejszając nagromadzenie tego pierwiastka o 16,6% w ziarnie, a o 16,2% w całych roślinach. Poziom nawożenia potasem tylko nieznacznie i niejednoznacznie modyfikował akumulację magnezu w całych roślinach.

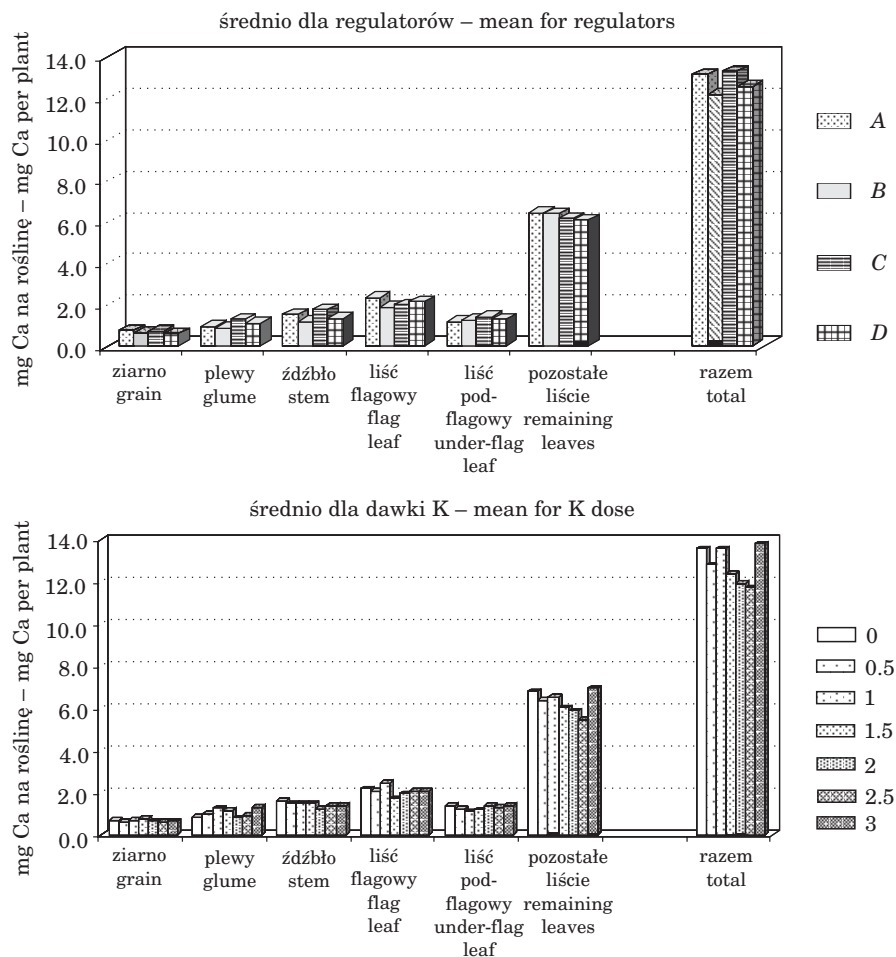
Tabela 1  
Table 1Zawartość wapnia w organach pszenicy jarej ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)  
Calcium content in organs of spring wheat ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.)

Regulatory wzrostu Plant growth regulators	Dawka K w g/wazon <sup>-1</sup> – Dose K in g/per pot							Średnio Mean
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
Ziarno – Grain								
Kontrola – Control	0.70	0.60	0.70	0.80	0.80	0.70	0.70	0.71
Kinetyna – Kinetin	0.80	0.80	0.80	1.00	0.60	0.70	0.70	0.77
Giberelina – Gibberellin	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.70	0.80	0.77
Auksyna – Auxine	0.90	0.70	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.64
Średnie – Means	0.83	0.73	0.68	0.80	0.68	0.68	0.70	–
Plewy – Glume								
Kontrola – Control	1.60	2.10	2.00	2.80	2.70	2.10	2.00	2.19
Kinetyna – Kinetin	2.20	2.30	2.40	2.40	2.40	2.70	2.40	2.40
Giberelina – Gibberellin	2.40	2.40	4.60	3.10	2.00	2.40	4.60	3.07
Auksyna – Auxine	2.60	2.70	2.90	2.80	2.10	2.50	4.40	2.86
Średnie – Means	2.20	2.38	2.98	2.78	2.30	2.43	3.35	–
Żdźbło – Stem								
Kontrola – Control	4.40	2.30	2.20	2.20	1.60	2.00	1.80	2.36
Kinetyna – Kinetin	2.10	2.00	2.30	2.70	2.00	2.10	2.00	2.17
Giberelina – Gibberellin	1.50	2.00	2.00	1.90	1.80	2.00	2.30	1.93
Auksyna – Auxine	2.10	2.90	2.10	1.90	2.00	1.90	2.00	2.13
Średnie – Means	2.53	2.30	2.15	2.18	1.85	2.00	2.03	–
Liść flagowy – Flag leaf								
Kontrola – Control	6.30	6.40	8.20	5.40	6.20	8.20	8.10	6.97
Kinetyna – Kinetin	8.90	5.10	8.20	6.20	6.20	6.20	5.40	6.60
Giberelina – Gibberellin	6.10	6.70	7.70	7.50	9.20	5.20	4.70	6.73
Auksyna – Auxine	6.30	7.30	7.60	5.00	7.80	7.60	5.60	6.74
Średnie – Means	6.90	6.38	7.93	6.03	7.35	6.80	5.95	–
Liść podflagowy – Uder-flag leaf								
Kontrola – Control	5.00	6.10	5.10	5.00	7.40	8.00	6.00	6.09
Kinetyna – Kinetin	7.20	7.40	6.60	7.30	6.50	7.10	5.90	6.86
Giberelina – Gibberellin	8.30	5.90	6.10	7.30	9.30	5.90	7.80	7.23
Auksyna – Auxine	7.80	7.90	8.00	6.90	9.90	6.60	7.80	7.84
Średnie – Means	7.08	6.83	6.45	6.63	8.28	6.90	6.88	–
Pozostałe liście – Remaining leaves								
Kontrola – Control	12.40	14.10	15.40	11.50	13.50	12.00	15.90	13.54
Kinetyna – Kinetin	14.80	15.30	12.50	12.70	15.70	12.90	15.70	14.23
Giberelina – Gibberellin	10.70	12.50	13.80	16.00	13.80	12.80	14.60	13.46
Auksyna – Auxine	14.00	14.40	15.40	16.80	14.50	13.50	14.30	14.70
Średnie – Means	12.98	14.08	14.28	14.25	14.38	12.80	15.13	–



Tabela 2  
Table 2Zawartość magnezu w organach pszenicy jarej ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)  
Magnesium content in organs of spring wheat ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.)

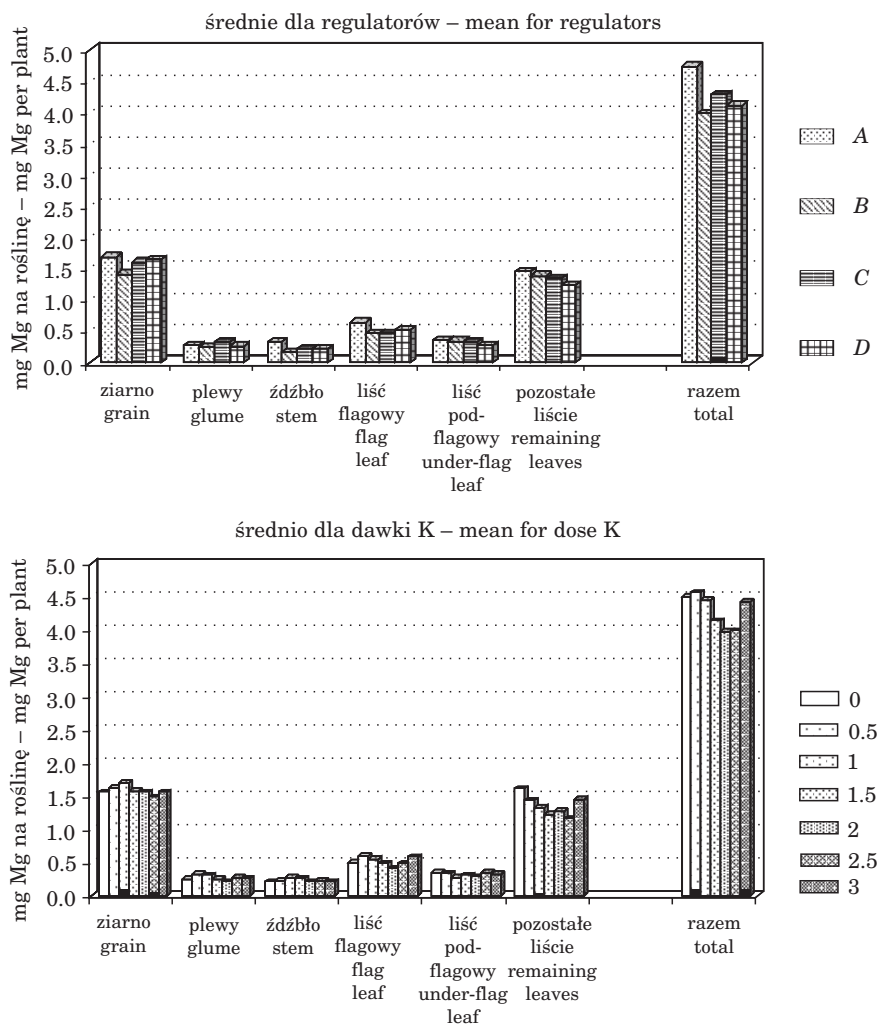
Regulatory wzrostu Plant growth regulators	Dawka K w $\text{g}/\text{wazon}^{-1}$ – Dose K in $\text{g}/\text{per pot}$							Średnio Mean
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
Ziarno – Grain								
Kontrola – Control	1.90	1.90	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	1.63
Kinetyna – Kinetin	1.80	1.80	1.70	1.80	1.70	1.70	1.70	1.74
Giberelina – Gibberellin	1.70	1.80	1.80	1.70	1.70	1.70	1.70	1.73
Auksyna – Auxine	1.80	1.80	1.70	1.70	1.60	1.70	1.70	1.71
Średnie – Means	1.80	1.83	1.68	1.68	1.63	1.65	1.68	–
Plewy – Glume								
Kontrola – Control	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.63
Kinetyna – Kinetin	0.60	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.64
Giberelina – Gibberellin	0.70	0.80	0.80	0.70	0.70	0.90	0.90	0.79
Auksyna – Auxine	0.70	0.90	0.70	0.50	0.50	0.70	0.60	0.66
Średnie – Means	0.65	0.78	0.73	0.63	0.60	0.70	0.68	–
Żdźbło – Stem								
Kontrola – Control	0.50	0.50	0.70	0.60	0.50	0.40	0.40	0.51
Kinetyna – Kinetin	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Giberelina – Gibberellin	0.20	0.30	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.24
Auksyna – Auxine	0.30	0.30	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.33
Średnie – Means	0.33	0.35	0.40	0.38	0.33	0.33	0.33	–
Liść flagowy – Flag leaf								
Kontrola – Control	1.80	2.30	1.80	1.80	1.60	1.90	2.20	1.91
Kinetyna – Kinetin	1.60	1.70	1.60	1.60	1.70	1.60	1.60	1.63
Giberelina – Gibberellin	1.60	1.70	1.80	1.50	1.30	1.30	1.60	1.54
Auksyna – Auxine	1.20	1.80	1.90	1.80	1.60	1.70	1.40	1.63
Średnie – Means	1.55	1.88	1.78	1.68	1.55	1.63	1.70	–
Liść podflagowy – Uder-flag leaf								
Kontrola – Control	1.80	2.10	1.60	1.70	1.70	2.60	1.50	1.86
Kinetyna – Kinetin	2.00	2.10	1.80	2.10	1.70	1.60	1.70	1.86
Giberelina – Gibberellin	1.80	1.60	1.50	1.70	1.70	1.80	1.60	1.67
Auksyna – Auxine	1.60	1.70	1.40	1.60	1.70	1.70	1.70	1.63
Średnie – Means	1.80	1.88	1.58	1.78	1.7	1.93	1.63	–
Pozostałe liście – Remaining leaves								
Kontrola – Control	3.00	3.20	3.10	3.10	3.10	2.60	3.30	3.06
Kinetyna – Kinetin	3.20	3.30	2.80	2.60	3.50	2.80	3.30	3.07
Giberelina – Gibberellin	3.20	3.20	2.80	2.90	2.80	2.60	2.90	2.91
Auksyna – Auxine	2.90	3.00	2.90	3.00	3.10	2.80	3.10	2.97
Średnie – Means	3.08	3.18	2.90	2.90	3.13	2.70	3.15	–



Rys. 1. Akumulacja wapnia w organach pszenicy jarej: A – kontrola, B – kinetyna, C – giberelina, D – auksyna

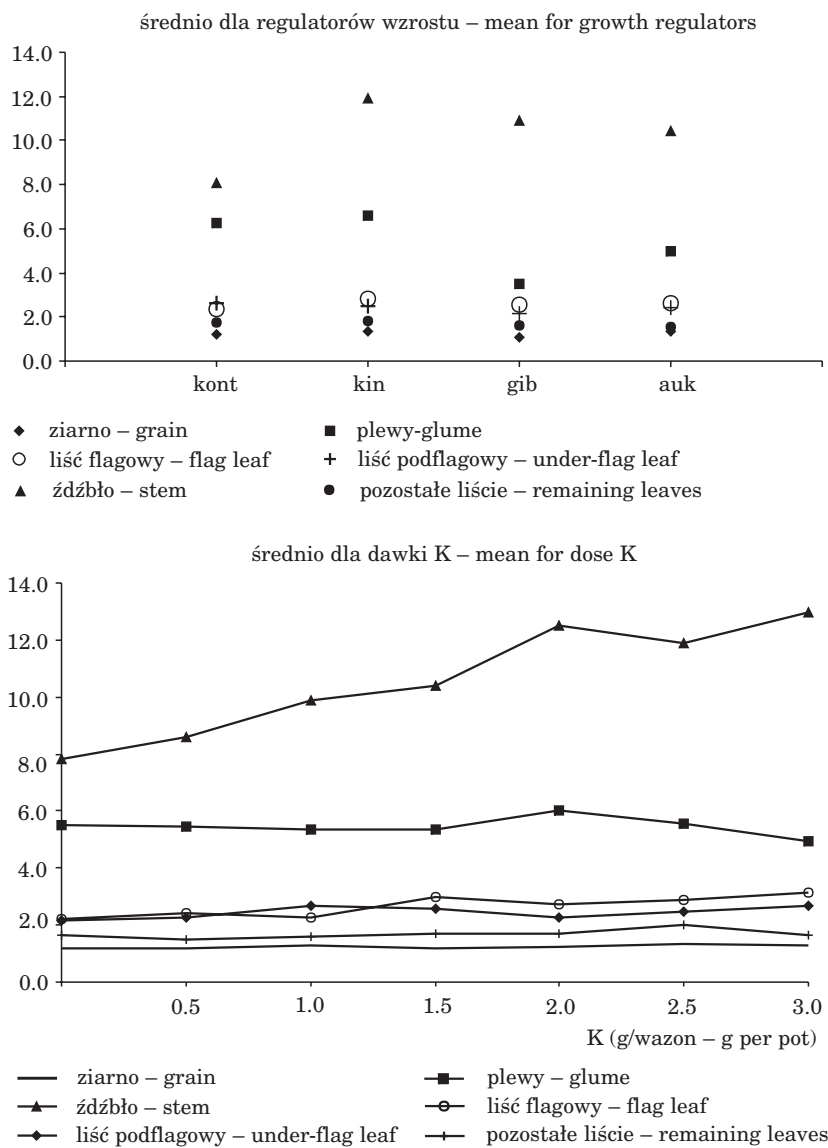
Fig. 1. Calcium accumulation in organs of spring wheat: A – control, B – kinetin, C – gibberellin, D – auxine

Nawożenie potasem i warunki uprawy w większym stopniu modyfikują stosunek jonowy K: (Ca+Mg) w częściach wegetatywnych niż w ziarnie zbóż (MAKARSKA i MICHALIK 2003, STĘPIEŃ i in. 2005). W omawianych badaniach kinetyna i auksyna rozszerzyły stosunek K: (Ca+Mg) w ziarnie pszenicy, natomiast giberelina spowodowała zacieśnienie tego stosunku w porównaniu z wartościami w roślinach kontrolnych (rys. 3). Wszystkie regulatory wzrostu, zwłaszcza kinetyna spowodowały rozszerzenie równoważnikowego stosunku w źdźbło i liściu flagowym, a jego zawężenie w podflagowym. Wzrost poziomu nawożenia potasem nieznacznie, ale systematycznie rozszerzał stosunek jonowy K: (Ca+Mg) w ziarnie. Znacznie bardziej proces ten był widoczny w źdźbło i liściu flagowym oraz podflagowym.



Rys. 2. Akumulacja magnezu w organach pszenicy jarej: A – kontrola, B – kinetyna, C – giberelina, D – auksyna

Fig. 2. Magnesium accumulation in organs of spring wheat: A – control, B – kinetin, C – gibberellin, D – auxine



Rys. 3. Równoważnikowy stosunek K:(Ca+Mg) w organach pszenicy jarej

Fig. 3. Equivalent ration K:(Ca+Mg) in organs of spring wheat

## WNIOSKI

1. Regulatory wzrostu w większym stopniu aniżeli poziom nawożenia potasem modyfikowały zawartość wapnia w roślinie, zwłaszcza w częściach wegetatywnych.

2. Regulatory wzrostu w niewielkim stopniu zwiększyły zawartość magnezu w ziarnie, a wyraźnie zmniejszyły jego koncentrację w źdźble i liściach. Pod wpływem nawożenia dawką 0,5 g K zawartość magnezu we wszystkich organach pszenicy była najwyższa.

3. Fitohormony, zwłaszcza kinetyna, ograniczały akumulację wapnia i magnezu w ziarnie i organach wegetatywnych pszenicy.

4. Kinetyna i auksyna rozszerzały stosunek jonowy K: (Ca+Mg) w ziarnie pszenicy, natomiast giberelina zacieśniała. Wzrastające dawki potasu wyraźnie rozszerzyły stosunek K: (Ca+Mg) w źdźble i liściach (flagowym i podflagowym), a w niewielkim stopniu również w ziarnie.

## PIŚMIENNICTWO

- CHWIL S. 2001. Wpływ dolistnego i doglebowego stosowania magnezu na wielkość i strukturę plonu pszenicy ozimej. *Biul. Magnezol.*, 6(2): 118-124.
- GRIMME 1987. *Die Mg-Aufnahme von Getreide und Mg-Umverteilung whrend des Kornwachstums*. *Landwirtsch. Forschung*, 40(4): 356-363.
- GRZEBISZ W. 1999. *Magnez w glebie i roślinie – profilaktyka pierwotna?*. *Biul. Magnezol.*, 4(2): 468-473.
- MAKARSKA E., MICHALIK M. 2003. Wpływ systemu uprawy na zawartość i proporcje składników pokarmowych w ziarnie jęczmienia jarego. *J. Elementol.*, 8(2): 65-74.
- STĘPIEŃ W., MERCIK S., SOSULSKI T. 2005. Wpływ formy nawozu potasowego i sposobu nawożenia na plon i jakość roślin. *Nawozy i Nawożenie*, 3(24): 401-407.
- WIERZBOWSKA J., NOWAK G. A. 2000a. *Effects of cytokinins and auxins application on the calcium management of spring wheat in relation to the level of mineral fertilization*. *Natur. Sc.*, 7: 57-67.
- WIERZBOWSKA J., NOWAK G. A. 2000b. *Effects of cytokinins and auxins application on the magnesium management of spring wheat in relation to the level of mineral fertilization*. *Natur. Sc.*, 7: 69-80.
- WYSZKOWSKI M. 2001. Zmiany pobrania makroskładników przez pszenżyto jare w zależności od nawożenia mineralnego. *Biul. Magnezol.*, 6(4): 700-708.

Jadwiga Wierzbowska

**GOSPODARKA WAPNIEM I MAGNEZEM W ROŚLINACH PSZENICY JAREJ  
W WARUNKACH STOSOWANIA REGULATORÓW WZROSTU  
I ZRÓŻNICOWANYCH DAWEK POTASU**

Słowa kluczowe: pszenica jara, regulatory wzrostu, gospodarka mineralna, wapń, magnez, stosunki jonowe.

Abstrakt

W doświadczeniu wazonowym badano wpływ regulatorów wzrostu na gospodarkę wapniem i magnezem w warunkach stosowania wzrastającego poziomu nawożenia potasem. Zawartość wapnia w roślinach pszenicy w większym stopniu zależała od regulatorów wzrostu niż od poziomu nawożenia potasem. Regulatory wzrostu w niewielkim stopniu zwiększyły zawartość magnezu w ziarnie, a wyraźnie zmniejszyły jego koncentrację w źdźble i liściach. Nawożenie dawką 0,5 g K pozwoliło uzyskać najwyższą zawartość magnezu we wszystkich organach pszenicy. Fitohormony, zwłaszcza kinetyna, ograniczały akumulację wapnia i magnezu w ziarnie i organach wegetatywnych pszenicy. Kinetyna i auksyna rozszerzały stosunek K: (Ca+Mg) w ziarnie pszenicy, a giberelina go zacieśniała. Wzrastające dawki potasu wyraźnie rozszerzyły stosunek K: (Ca+Mg) w źdźble i liściach (flagowym i podflagowym), a w niewielkim stopniu również w ziarnie.

**CALCIUM AND MAGNESIUM MANAGEMENT IN PLANT OF SPRING WHEAT  
IN CONDITIONS OF GROWTH REGULATORS AND INCREASING  
POTASSIUM DOSES USE**

Key words: spring wheat, growth regulators, minerals management, calcium, magnesium, equivalent rations.

Abstract

In a pot experiment the effect of growth regulators on calcium and magnesium management under conditions of increasing level of potassium fertilization was studied. Calcium content in wheat depended on growth regulators rather than on the level of potassium fertilization. Growth regulators increased slightly the content of magnesium in grain, but decreased it considerably in stems and leaves. Fertilization with the dose of 0.5 g K resulted in the highest content of magnesium in all wheat organs. Phytohormones, and kinetin in particular, limited calcium and magnesium accumulation in grain and vegetative organs of wheat. Kinetin and auxine broadened while gibberellin narrowed the K:(Ca+Mg) ratio in wheat grain. Increasing potassium doses broadened the K:(Ca+Mg) ratio in stems and leaves (flag and under-flag leaves) as well as in wheat grain, albeit to a much smaller extent.

## **Z życia Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego\***

**Tadeusz Wojtaszek**

### **PROFILAKTYCZNO-ZDROWOTNE DZIAŁANIE WÓD MINERALNYCH**

**Polskie Towarzystwo Magnezologiczne im. prof. Juliana Aleksandrowicza,  
Oddział w Krakowie**

#### **WSTĘP**

Woda do picia to nie tylko związek wodoru i tlenu, ale także rozpuszczone w niej różnorodne mikroelementy, które nadają jej określony skład, zapach i smak.

Wprawdzie powszechnie uważa się, że woda nie powinna zawierać zanieczyszczeń bakteriologicznych i składników szkodliwych dla zdrowia, jednaknie wszyscy zdają sobie sprawę z tego, że woda jako bardzo ważny element pożywienia powinna zawierać składniki mineralne, niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, których brakuje w codziennej diecie, a które wprowadzone do organizmu powodują właściwą przemianę materii i zapobiegają różnorodnym chorobom i schorzeniom

---

mgr Tadeusz Wojtaszek, były główny specjalista ds Informacji Uzdrawiskowej Zespołu Uzdrawisk Krakowskich i członek Prezydium ZG PTM im. prof. Juliana Aleksandrowicza. 30-199 Kraków Rzaska ul.Piaski 38 tel. 102 637-27-33, e-mail: t.wojtaszek@ambar.pl

\*I Europejski Kongres Magnezologiczny i X Jubileuszowe Seminarium PTMag. Kraków, 23-24 września 2005 r.

W przyrodzie nie ma wody chemicznie czystej. Nawet woda deszczowa może zawierać w 1 dm<sup>3</sup> ok. 35 mg substancji stałych, ze względu jednak na brak w niej soli mineralnych jest niesmaczna i mdła, i dlatego nie nadaje się do picia.

**Najlepsza dla zdrowia jest woda mineralna wydobywana z głębi ziemi, bez zanieczyszczeń bakteriologicznych i szkodliwych substancji, o odpowiednim poziomie składników mineralnych. Może być ona wówczas doskonałym czynnikiem ekologicznej profilaktyki zdrowotnej.**

Taka woda ma oddziaływanie profilaktyczno-zdrowotne wtedy, gdy zawartość któregoś ze składników mineralnych osiąga wartość wykazującą działanie fizjologiczno-odżywcze. Zazwyczaj są to wody zawierające w 1 dm<sup>3</sup> od 1000 do 4000 mg składników mineralnych. Do najbardziej wartościowych należą te, które mają w odpowiedniej ilości takie składniki mineralne, których brakuje nam w codziennej diecie.

## **ROLA SKŁADNIKÓW MINERALNYCH ZAWARTYCH W WODZIE**

Za wodę mineralną można uznać, która ma co najmniej jeden składnik mineralny działający **fizjologicznie lub odżywczo** na organizm człowieka, i taka woda jest wodą **profilaktyczno-zdrowotną**. Zawartość tych składników jest ściśle określona i ma zasadnicze znaczenie przy uznaniu wody za wodę mineralną. Wody mineralne mogą zawierać nawet do 70 różnego rodzaju składników, jednakże praktyczne znaczenie ma właściwie tylko 10, które należy uwzględnić dobierając wodę na potrzeby własnego organizmu. Są to: **magnez, wapń, wodorowęglany, chlorki, sól, siarczany, fluorki, jodki, żelazo oraz dwutlenek węgla**. Inne, takie jak: potas, lit, bar, stront, mangan, brom, cynk, miedź, itp., występują w tego typu wodach w tak małych ilościach, że nie mają praktycznie większego znaczenia. Składniki mineralne znajdujące się w wodzie mogą mieć znaczenie zdrowotne dla organizmu wówczas, gdy ich ilość nie jest mniejsza niż 15% zalecanego dziennego zapotrzebowania.

Najważniejsze z nich to **magnez i wapń**. Ich znaczne niedobory w codziennej diecie można znacznie zniwelować, pijąc odpowiednią wodę mineralną.

**Magnez** bierze udział w ponad 300 procesach biochemicznych, i dlatego decyduje o prawidłowej czynności układu immunologicznego i nerwowo-mięśniowego. Zapobiega chorobom nowotworowym, miażdżycy naczyń krwionośnych, zawałom i kamicy nerkowej. Zapobiega zaburzeniom ciąży i opóźnieniom rozwoju płodu. Przeciwdziała stresom, zmniejsza napięcie nerwowe, likwiduje zaburzenia pracy serca i szkodliwe skutki działania alkoholu. Chroni przed zatruciami związkami fluoru, rtęci, ołowiu i innych metali ciężkich oraz zmniejsza skutki wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na organizm.



**Wapń** jest podstawowym składnikiem kości i zębów. Wpływa korzystnie na przemianę materii i jest niezbędny do utrzymywania normalnej czynności serca i prawidłowej aktywności układu mięśniowo-nerwowego. Ułatwia leczenie niektórych procesów zapalnych, zapobiega osteoporozie i chorobom nowotworowym. Szczególnie dużo wapnia potrzebują dziewczęta w okresie dojrzewania i kobiety w okresie menopauzy.

Współcześnie stwierdza się, że dzienne niedobory Mg i Ca to ok. 100 mg magnezu i 500 mg wapnia. **Te ilości można łatwo uzupełnić, pijąc wody mineralne zawierające w 1 dm<sup>3</sup> co najmniej 50 mg magnezu i powyżej 150 mg wapnia.** Ponieważ występują w wodzie w formie zjonizowanej, są łatwiej przyswajalne niż w innych preparatach. Korzystnie jest, aby proporcja Mg i Ca wynosiła 1:2.

Duże znaczenie dla organizmu człowieka mają wodorowęglany zawarte w wodzie mineralnej. Po wypiciu dają one najbardziej odczuwalne, prawie bezpośrednie, efekty. Wodorowęglany alkalizują kwasy żołądkowe i są korzystne dla osób cierpiących na nadkwasotę, przynosząc ulgę w tych dolegliwościach. Wody o wysokim poziomie wodorowęglanów wpływają korzystnie na ustrój w początkowych stadiach cukrzycy, obniżają bowiem zawartość cukru we krwi i moczu, zmniejszają wydzielanie acetonu i korzystnie wpływają na działanie insuliny oraz regulują pH krwi. Wód zawierających duże ilości wodorowęglanów, powyżej 600 mg w 1 dm<sup>3</sup>, nie powinni pić w dużych ilościach ludzie mający niedokwasotę, a zawierających ponad 1000 mg/dm<sup>3</sup> – ludzie zdrowi, może to bowiem zaburzyć ich procesy trawienne.

Kontrowersyjnym składnikiem wód mineralnych i źródlanych jest **sód**. W wielu wodach mineralnych jego zawartość jest wyższa niż zawartość minimalna wymagana dla wody mineralnej, tj. 200 mg/dm<sup>3</sup>. „Zła opinia” o sodzie spowodowała, że preferowane są wody o bardzo niskiej zawartości sodu – poniżej 20 mg/dm<sup>3</sup>. Sprawa wymaga szerszego wyjaśnienia. Sód jako składnik płynów ustrojowych jest niezwykle ważnym składnikiem mineralnym organizmu. Reguluje on równowagę elektrolityczną i jest podstawowym składnikiem czynnika trawiącego, tj. kwasu solnego. Sód zawarty w cieczach ustroju jest podstawowym czynnikiem wpływającym na jego gospodarkę wodną. Zapobiega odwodnieniu organizmu i utrzymuje równowagę kwasowo-zasadową. Sód jest także moderatorem krwi. Jego brak w organizmie powoduje osłabienie i zaburzenia trawienne. Problemem jest jednak to, że spożywa się go w nadmiernej ilości. Dzienna dawka do spożycia, wg Światowej Organizacji Zdrowia, wynosi ok. 6 g soli kuchennej (NaCl), natomiast spożywa się przeciętnie 10–14 g soli, a w tym jest ok. 5 g sodu. Ale nie jest temu absolutnie winna woda, lecz inne produkty spożywcze, takie jak wędliny, mięso, zupy i inne przetwory. Woda zawierająca w 1 dm<sup>3</sup> 250 mg sodu mogłaby stanowić najwyżej ok. 5% bilansu sodowego, i dlatego – zupełnie niesłusznie – kładzie się taki nacisk na picie wód niskosodowych, nie mają one chociaż żadnego praktycznego znaczenia w obniżeniu spożycia soli w stosunku do innych przesolonych produktów spożywczych.

Natomiast mało zwraca się uwagę na zawarte w wodach mineralnych **chlorki**. Ich ilość jest znacznie zróżnicowana w wodach mineralnych, i wynosi od kilku do ponad 1500 mg w 1 dm<sup>3</sup>. Zazwyczaj w większych ilościach występują w wodach razem z sodem. Anion chlorkowy znajduje się w soku żołądkowym w postaci kwasu solnego, a jako chlorek sodu utrzymuje właściwe ciśnienie osmotyczne krwi i płynów ustrojowych. Podczas ciężkiej pracy fizycznej, w czasie uprawiania sportu i w dni upalne następuje intensywne wydzielanie z organizmu soli z potem, co może spowodować jej niedobór, objawiający się osłabieniem, szybkim zmęczeniem, a nawet mdłościami. Picie wód chlorkowo-sodowych w takich sytuacjach umożliwia uzupełnienie ubytków soli i wpływa dodatkowo na samopoczucie i wydolność organizmu. W przypadku dużego ubytku soli z organizmu – spowodowanego bardzo intensywnym wysiłkiem – zalecane jest picie wody zawierającej w 1 dm<sup>3</sup> nawet do 1000 mg sodu i 1500 mg chlorku. W czasie upałów i przy dużym wysiłku nie powinno się pić zwykłej wody bez soli mineralnych. Zwykła woda rozcieńcza w organizmie elektrolity, które stymulują pracę serca, i w skrajnych przypadkach może ono odmówić posłuszeństwa. Przykładem tego mogą być zasląbnienia i nagłe zgony piłkarzy i biegaczy.

Dodatnie działanie na ustrój wykazują naturalne wody **siarczanowe**. Wpływają one korzystnie na przemianę materii, zwiększają wydzielniczość wątroby i żółci. Działają korzystnie w stanach zapalnych dróg moczowych, w chronicznych stanach nieżytowych jelit oraz w początkowych i średnich stanach cukrzycy. Wpływając na aktywność insuliny, obniżają zawartość cukru we krwi i w moczu. Działanie fizjologiczne wód siarczanowych obserwuje się wtedy, gdy zawartość siarczanów (SO<sub>4</sub>) wynosi co najmniej 250 mg/dm<sup>3</sup>, gdy poziom wynosi powyżej 600 mg /dm<sup>3</sup> mogą niekiedy powodować biegunki. Praktycznie jednak nie ma w Polsce wód o zawartości siarczanów powyżej 250 mg/dm<sup>3</sup>.

W wodach mineralnych mogą występować również takie mikroskładniki, jak **jod, fluor i żelazo**. Praktycznie nie ma już wody o znaczącej ilości **fluoru** (1,5–5,0 mg/dm<sup>3</sup>), a znaczącą granicę określającą początek oddziaływania fizjologicznego **jodu**, tj. 0,5 mg/dm<sup>3</sup>, przekracza w nieznacznym stopniu tylko kilka wód mineralnych. Cennym źródłem jodu mogłyby być jedynie wody mineralne, w których jego zawartość wynosiłaby od 0,5 do 10,0 mg/dm<sup>3</sup>. Duże znaczenie dla organizmu może mieć zawarty w wodzie mineralnej dwuwartościowy jon **żelaza**. Wody zawierające sole żelaza wykazują działanie fizjologiczne wówczas, gdy stężenie Fe wynosi, co najmniej, 1 mg/dm<sup>3</sup> wody, ale wód spełniających te kryteria, i to w niewielkim stopniu, jest tylko kilka. Ze względu na minimalne ilości tych składników mineralnych w dostępnych wodach, zostały one pominięte w tych rozważaniach.

Nie ma natomiast w wodach mineralnych dużych ilości **potasu**, który jest bardzo potrzebny organizmowi, zwłaszcza do prawidłowego funkcjonowania serca. Przeciętnie jego zawartość w wodach mineralnych wynosi od kilku do kilkadziesiąt mg w 1 dm<sup>3</sup>, co przy dziennym zapotrzebowaniu organizmu na ten składnik mineralny wynoszącym ok. 3000 mg nie zaspokaja nawet w 5% po-

trzeb. Poza tym w normalnej zrównoważonej diecie jest zazwyczaj wystarczająca podaż tego pierwiastka. Czasem trzeba go w stanach chorobowych uzupełniać lekami, ale na pewno nie wodą.

## OCENA POLSKICH WÓD MINERALNYCH BUTELKOWANYCH

Wybitny lekarz i ekolog, twórca Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego, prof. Julian Aleksandrowicz twierdził, że zdrowie i życie człowieka w bardzo dużej mierze zależą od rodzaju oraz jakości wody, jaką na co dzień się pije. Dlatego najlepszymi wodami, nie tylko do zaspokajania pragnienia, ale także do wzbogacania diety w składniki mineralne, są wody pochodzące z podziemnych pokładów wodonośnych, o pierwotnej czystości, pozbawione zanieczyszczeń bakteriologicznych i składników szkodliwych dla zdrowia, o odpowiednim poziomie składników mineralnych.

W Polsce wytwarza się kilkaset rodzajów wód butelkowanych, z tego tylko ok. 30 naturalnych wód mineralnych oraz kilka wzbogaconych w składniki mineralne wód mineralizowanych, które przy systematycznym picciu mogą spełniać funkcje profilaktyczno-zdrowotne

Celem opracowania jest wybranie spośród wód mineralnych, źródłanych i stołowych tych, które zawierają znaczące ilości składników mineralnych. Do oceny wybrano 40 wód butelkowanych najbardziej popularnych na rynku. W tabeli 1

Tabela 1  
Table 1

Zawartość składników mineralnych (mg/dm<sup>3</sup>) w wodach mineralnych, źródłanych i stołowych  
Concentration of minerals in mineral, spring and table waters

L.p No	Nazwa wody Water	Mg <sup>2</sup>	Ca <sup>2</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sup>-3</sup>
<b>1.</b>	<b>Anka</b>	<b>56</b>	92	<b>345</b>	51	<b>1216</b>
2.	Aqua Minerale	19	88	30	16	425
3.	Arctic	16	103	13	4	423
4.	Bonaqa	20	20	-	150	-
<b>5.</b>	<b>Buskowieńka</b>	<b>47*</b>	121	<b>320</b>	<b>496</b>	404
<b>6.</b>	<b>Celestynka</b>	20	80	<b>230</b>	<b>260</b>	500
7.	Cisowieńka	23	133	10	5	523
8.	Dar Natury	15	84	10	4	350
9.	Dobrawa	30	55	1	5	287
10.	Eden	4	20	77	7	224

<b>11.</b>	<b>Galicjanka</b>	<b>91</b>	<b>467</b>	89	12	<b>2151</b>
12.	Jurajska	37	67	9	9	346
13.	Kazimierska	29	88	10	7	387
14.	Kinga Pienińska	15	88	3	7	305
15.	Kropla Beskidu	20	46	36	2	299
<b>16.</b>	<b>Krynica Minerale</b>	35	<b>360</b>	58	7	<b>1372</b>
17.	Krynica Zdrój	43	12	2	4	159
<b>18.</b>	<b>Krynica Zdrój</b>	<b>65</b>	<b>548</b>	67	11	<b>2172</b>
<b>19.</b>	<b>Krystynka</b>	<b>63</b>	<b>174</b>	<b>950</b>	<b>1655</b>	470
<b>20.</b>	<b>Mineral</b>	17	<b>157</b>	50	29	<b>601</b>
21.	Mirosławiec	6	62	4	-	202
<b>22.</b>	<b>Multi - Vita</b>	<b>86</b>	<b>214</b>	80	5	<b>981</b>
<b>23.</b>	<b>Muszyna Minerale</b>		<b>473</b>	39	7	<b>1763</b>
<b>24.</b>	<b>Muszyna Zdrój</b>	<b>49*</b>	<b>242</b>	66	4	<b>1159</b>
<b>25.</b>	<b>Muszynianka</b>	<b>182</b>		57	11	<b>1446</b>
26.	Nałęczowianka	23	115	12	9	496
<b>27.</b>	<b>Ostromecko Magnezowa</b>	<b>70</b>	<b>150</b>	8	90	<b>170</b>
<b>28.</b>	<b>Piwniczanka</b>	<b>121</b>	<b>235</b>		12	<b>1898</b>
29.	Rabka Zdrój	12	67	29	18	299
<b>30.</b>	<b>Sądecka</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	14	<b>219</b>	342
<b>31.</b>	<b>Skarb Życia</b>	34	<b>374</b>	12	2	<b>1290</b>
<b>32.</b>	<b>Staropolanka</b>	22	<b>159</b>	46	12	<b>702</b>
<b>33.</b>	<b>Staropolanka 2000</b>	<b>66</b>	<b>271</b>	136	10	<b>1550</b>
34.	Ustronianka	22	91	5	24	310
<b>35.</b>	<b>Vita</b>	25	<b>164</b>	5	2	597
36.	Vitalinea	4	51	2	9	143
37.	Wysowianka	6	21	97	89	389
<b>37.</b>	<b>Zamościanka</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	4	50	386
<b>39.</b>	<b>Zdroje Piwniczna</b>	<b>91</b>	131		7	<b>1342</b>
40.	Żywiec Zdrój	8	28	8	5	109

\*+10%

Pogrubione liczby i nazwy wód wskazują na zawartość składników mineralnych o znaczeniu odżywczym lub fizjologicznym.

Bolded numbers and brand names indicate the concentrations of minerals which are nutritionally or physiologically significant

uszeregowano zawartość składników mineralnych, które mogą oddziaływać odżywczo lub fizjologicznie na organizm i mieć znaczenie profilaktyczno-zdrowotne. W ocenie uwzględniono magnez, wapń, sód, chlorki i wodorowęglany. W ilości poszczególnych składników uwzględniono możliwość 10% naturalnego wahania składu wody mineralnej.

Tabela może służyć pomocą w wyborze wody, którą można uzupełniać dietę w potrzebne składniki mineralne. Optymalną zawartość składników mineralnych mają wody mineralne i stołowe, natomiast wody źródlane nie mają składników mineralnych w takiej ilości, by miały znaczenie odżywcze lub fizjologiczne dla organizmu.

Jak wynika z tabeli, znaczące ilości magnezu i wapnia mają wody z rejonu Beskidu Sądeckiego, takie jak: Muszynianka, Piwniczanka, Galicjanka, Źdroje Piwniczna, Multi-Vita, Kryniczanka, Muszyna Źródło i Muszyna Minerale; z Kotliny Kłodzkiej: Staropolanka 2000 i Anka; z Kujaw: Krystynka; z Doliny Nidy: Buskowiec. One też mają największą ilość wodorowęglanów. Odpowiednie ilości magnezu mają również wody stołowe wzbogacone jonami magnezu, takie jak np.: Sądecka, Zamościanka, Ostromecka Magnezowa. Wodami słonymi są wody: Krystynka, Anka, Buskowiec i Celestynka.

Znając potrzeby własnego organizmu, można dobrać sobie taką wodę, która pomoże uzupełnić braki składników mineralnych, a także będzie korzystnie wpływać na nasze zdrowie i samopoczucie. Jeżeli nie jesteśmy pewni, który rodzaj wody najbardziej nam sprzyja, najlepiej pić różne wody, obserwując ich działanie na nasz organizm. Dlatego kupując dla siebie i swojej rodziny wodę mineralną, trzeba kierować się przede wszystkim ilością poszczególnych składników mineralnych zawartych w wodzie i dobierać ją do indywidualnych potrzeb. Już po niedługim czasie będzie można zauważyć zmiany w swoim zdrowiu i samopoczuciu. Mniej podatni na stresy będą ci którzy piją wodę o dużej ilości magnezu i wapnia. Dolegliwości żołądka mogą ustąpić, gdy będzie się pić wodę o właściwie dobranej ilości wodorowęglanów. Wykonując ciężką pracę, a także w dni upalne można się poczuć lepiej, pijąc wodę o zwiększonej zawartości soli, natomiast cierpiący na nadciśnienie złagodzą swoje dolegliwości, ograniczając picie wody zawierającej zbyt duże ilości sodu.

Na ogół, nie zwraca się na te sprawy większej uwagi, bo przecież woda to taki pospolity napój, a jak chce się pić, to wystarczy że jest .... mokra!

**PIŚMIENNICTWO**

- ALEKSANDROWICZ J., SKOTNICKI A. 1989. *Wpływ magnezu na układ immunologiczny. Ekologizm w ochronie zdrowia*. Ossolineum.
- CHRZĄSTOWSKI J., CHRZĄSZCZ K., WIECŁAWIK S. 1991. *Uzupełnienie niedoboru magnezu poprzez wody mineralne Polski południowej*. Biul. Magnezol. 2 PTMag, Kraków
- DURLACH J. 1991. *Magnez w praktyce klinicznej*. PZWL, Warszawa.
- Gumińska M. 1989. *Wapń i jego rola w metabolizmie człowieka. Ekologizm w ochronie zdrowia*. Ossolineum.
- HAMEDD A. VOHORA S. 1989. *Rola pierwiastków w patogenezie i leczeniu niektórych chorób. Ekologizm w ochronie zdrowia*. Ossolineum.
- IDM. 1993. *Natürliches Mineralwasser Informationszentrale Deutsches Mineralwasser*, Munchen.
- LATOUR T. 1994. *Naturalne wody mineralne w świetle dotychczasowych i proponowanych norm polskich*. ZTU PZH Poznań.
- PONIKOWSKA J. 1996. *Lecznictwo Uzdrawiskowe*. Oficyna Wyd. Branta, Bydgoszcz.
- PONIKOWSKA J., WALCZAK-SIEDLECKA J., LATOUR T., ŁAUKAJTYS T. 1995. *Medycyna Uzdrawiskowa w zarysie*. WATEXT S, Warszawa.
- Skotnicki A. 1989. *Rola niedoboru magnezu w powstawaniu miażdżycy i jej powikłań*. Biul. Magnezol. 1/98, PTMag, Kraków.
- WOJTASZEK T. 2003. *Woda mineralna jako czynnik ekologicznej profilaktyki zdrowotnej*. Probl. Hig., 79, Warszawa.
- WOJTASZEK T. 2004. *Prawda i mity o wodach mineralnych i innych wodach butelkowanych*. •ródło 3/2004, Izba Gospodarcza „Przemysł Rozlewniczy”, Warszawa.
- ZDRÓJKOWSKA B., RUTKOWSKA U., SZPONAR L. 1996. *Magnez w profilaktyce zdrowotnej*. Żyw. Człow. 2/96.
- ZIEMLAŃSKI Ś. 1992. *Rola równowagi wodno-mineralnej w utrzymaniu optymalnej wydolności psychofizycznej człowieka*. IŻiŻ, Warszawa.

---

## Regulamin ogłaszania 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 pracom naukowym.
3. W JE zamieszczamy materiały reklamowe.
4. Materiały do wydawnictwa należy przesłać 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 ICH OMÓWIENIE, WNIOSKI, PIŚMIENICTWO**, streszczenie w języku polskim i angielskim nieprzekraczające 1/2 strony (9 000 znaków). Przed streszczeniem w języku polskim: *imię i nazwisko Autora (-ów)*, **TYTUŁ PRACY**, Słowa kluczowe (maks 10 słów), Streszczenie, **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 cyfrą arabską, również w języku angielskim, następnie tytuł tabeli w języku polskim i angielskim wyrównany do środka akapitu. Ewentualne objaśnienia pod tabelą oraz opisy tabel należy podać 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 uszeregować alfabetycznie bez numerowania w układzie: NAZWISKO INICJAŁ 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 INICJAŁ 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. Poi. Agric. Univ., 5(1): 1-13.  
<http://www.ejpau.media.pl/series/volume5/issuel/environ-ment/art-Ol.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 uszeregować 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 przy odstępach akapitu 1,5 – bez dyskietki) należy przesłać na adres Sekretarza Redakcji:

**dr Katarzyna Glińska-Lewczuk**  
**Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**  
**Plac Łódzki 2, 10-756 Olsztyn**

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



## 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 not exceeding 1/2 page (9 00 signs). 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 ziemiakach. Przem. Spoż., 7(3): 23-27.

11. It is allowed to cite papers published in electronic journals formatted as follows: SURNAME FLRST 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 detoxication of chemically polluted soils*. Electr. J. Poi. Agric. Univ., 5(1): 1-13.  
<http://www.ejpau.pl/series/volume5/issuel/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. KOWALSKI 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 Katarzyna Glińska-Lewczuk**  
**Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**  
**Plac Łódzki 2, 10-756 Olsztyn**

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 send 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.