

**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 żyniego 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 badaniami 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 CO<sub>2</sub> 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 (g·kg<sup>-1</sup>)

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.