

**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 ³ ·ha ⁻¹
Miedź – Copper	CuSO ₄ ·5H ₂ O	25 g Cu·ha ⁻¹
Cynk – Zink	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	30 g Zn·ha ⁻¹
Mangan – Manganese	MnSO ₄ ·5H ₂ O	45 g Mn·ha ⁻¹
Molibden – Molybdenum	(NH ₄) ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	4.5 g Mo·ha ⁻¹
Bor – Boron	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	20 g B·ha ⁻¹

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

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 m². 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 _{0,05} LSD _{0,005}
	kontrolny control	nawóz wieloskładnikowy multicomponent fertilizer	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
Zawartość K (g kg ⁻¹ s.m.) K content (g kg ⁻¹ s.m.)	4.53	4.23	4.37	4.47	4.60	4.54	4.66	4.49	0.152
Zawartość P (g kg ⁻¹ s.m.) P content (g kg ⁻¹ d.m.)	4.29	4.42	4.22	3.93	3.83	4.66	4.31	4.24	0.249
Zawartość Na (g kg ⁻¹ s.m.) Na content (g kg ⁻¹ d.m.)	0.34	0.32	0.33	0.38	0.36	0.43	0.37	0.36	0.061
Zawartość Ca (g kg ⁻¹ s.m.) Ca content (g kg ⁻¹ d.m.)	0.38	0.39	0.41	0.44	0.40	0.41	0.43	0.41	0.088
Zawartość Mg (g kg ⁻¹ s.m.) Mg content (g kg ⁻¹ 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.