

**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 przedsięwzię. 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.

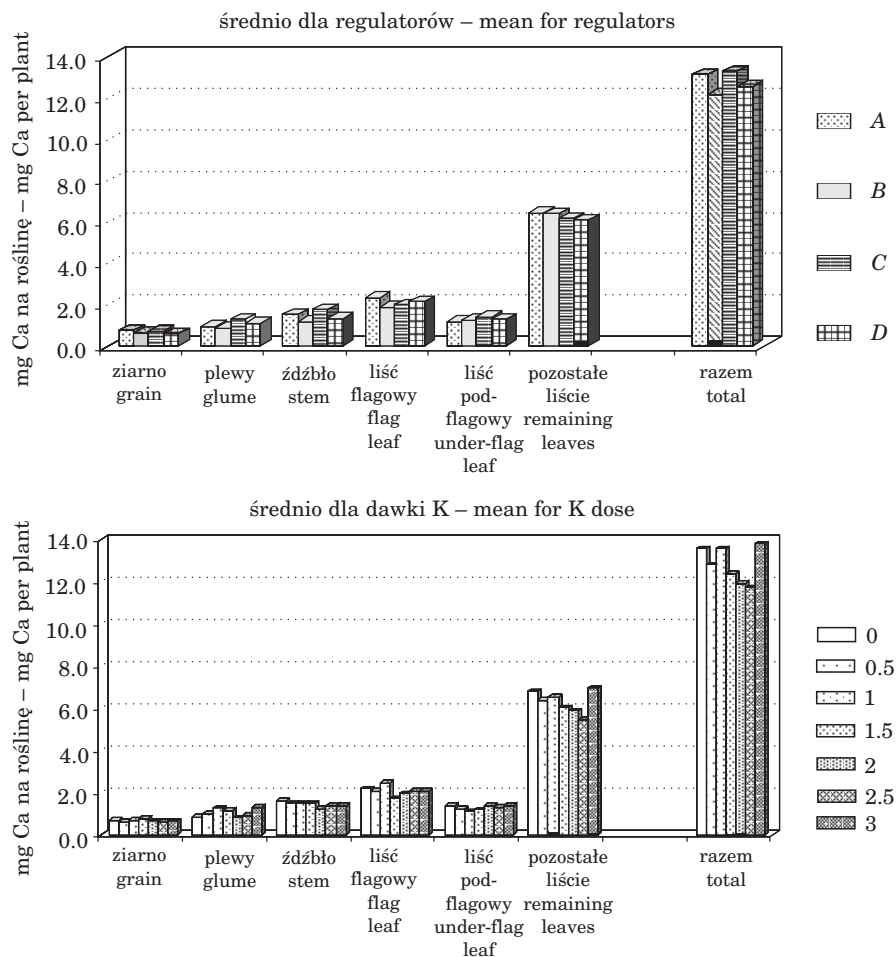
Fitohormony zmniejszyły akumulację magnezu zarówno w poszczególnych organach, jak i całych roślinach pszenicy (rys. 2). Szczególnie niekorzystnie działała kinetyna, zmniejszając nagromadzenie tego pierwiastka o 16,6% w ziarnie, a o 16,2% w całych roślinach. Poziom nawożenia potasem tylko nieznacznie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

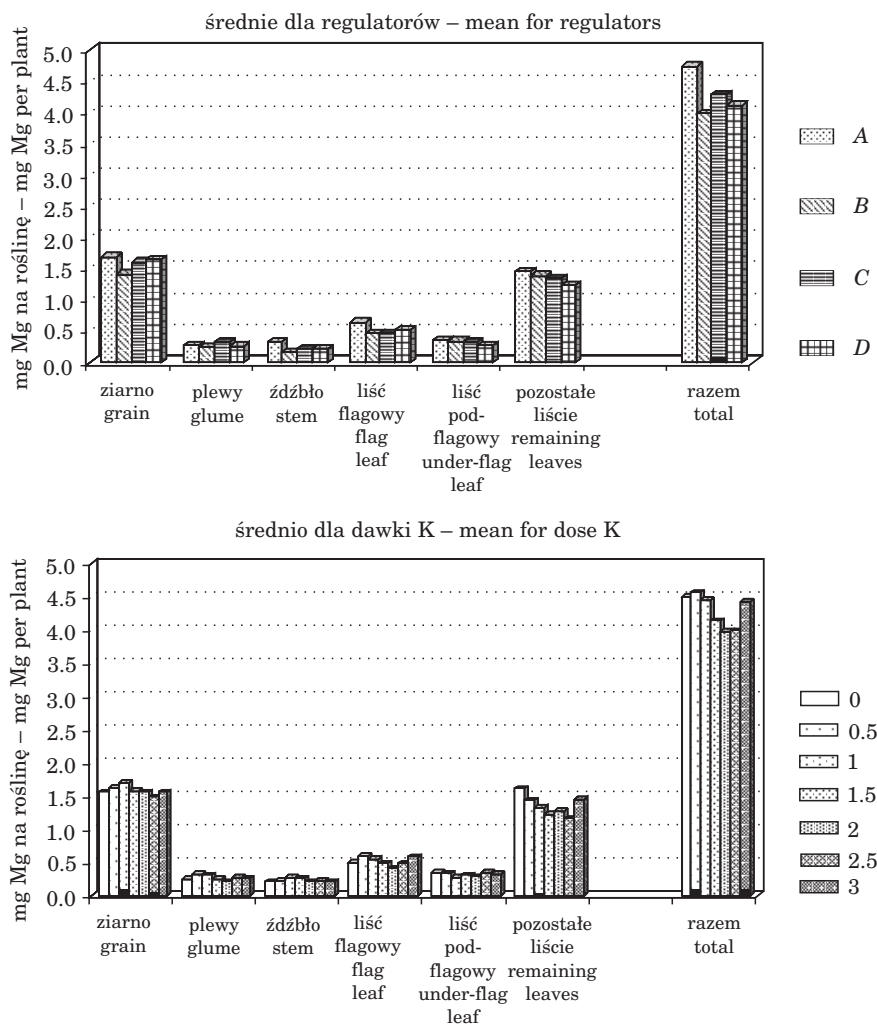
Regulatory wzrostu Plant growth regulators	Dawka K w $\text{g}/\text{wazon}^{-1}$ – Dose K in $\text{g}/\text{per pot}$							Średnio Mean
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
Ziarno – Grain								
Kontrola – Control	1.90	1.90	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	1.63
Kinetyna – Kinetin	1.80	1.80	1.70	1.80	1.70	1.70	1.70	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

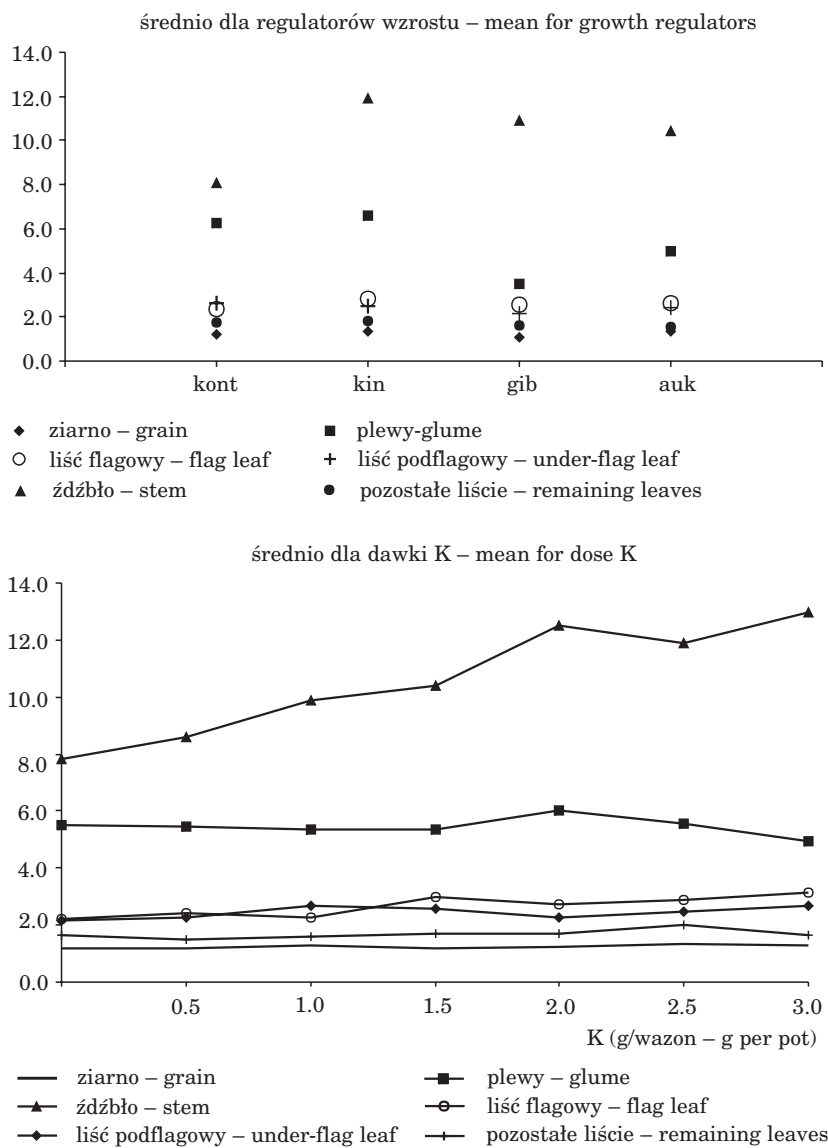
Fig. 1. Calcium accumulation in organs of spring wheat: A – control, B – kinetin, C – gibberellin, D – auxine

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.