

**Małgorzata Skwierawska, Bolesław Zawadzki,  
Lucyna Zawartka**

## **WPŁYW RÓŻNYCH DAWEK I FORM SIARKI NA ZAWARTOŚĆ MAGNEZU W GLEBIE I ROŚLINACH**

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

### **WSTĘP**

Zawartość przyswajalnego magnezu w glebie – oprócz odczynu, zasobności w fosfor i potas – świadczy o stanie żyzności gleby. W ostatnich latach zaobserwowano znaczną poprawę stanu zasobności gleb w przyswajalny magnez. Gleby o bardzo wysokiej zawartości magnezu mogą być narażone na znaczne straty tego pierwiastka na skutek wymywania (LIPIŃSKI 2005). Nadmierne nawożenie mineralne intensyfikuje proces wypłukiwania magnezu z gleby, a wskutek zwiększenie plonów roślin powoduje zubożenie gleby w ten składnik (RUSZKOWSKA i in. 1993, CHWIL 2000). W szczególności ujawnia się to na glebach lekkich i zakwaszonych (CZUBA 1995).

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu nawożenia różnymi dawkami siarki siarczanowej i elementarnej na zawartość przyswajalnego magnezu w glebie, w dwóch poziomach (0–40 i 40–80 cm). Dodatkowo badano wpływ nawożenia siarką na zawartość oraz pobranie magnezu przez rośliny: kapustę, cebulę i jęczmień jary, w dwóch fazach rozwoju. Przedstawione wyniki są częścią kompleksowych badań dotyczących wpływu siarki na środowisko glebowe oraz roślinę (SKWIERAWSKA 2005, ZAWADZKI 2005)

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W latach 2000–2002 przeprowadzono w Byszwałdzie, w okolicy Lubawy, 3-letnie doświadczenie polowe. W celu wyeliminowania antropopresji eksperyment był zlokalizowany w znacznej odległości od źródeł emitujących związki siarki. Eksperyment założono na glebie brunatnej, kwaśnej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. W glebie wyjściowej wykazano:  $\text{pH}_{(\text{KCl})}=5,30$ , azot mineralny – 24,0, siarka siarczanowa – 4,10, przyswajalny fosfor – 34,5, magnez – 26,13 i potas – 110,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby. Doświadczenie stałe założono metodą losowanych bloków. Obejmowało ono 8 obiektów nawozowych w 4 powtórzeniach: 1) 0; 2) NPK; 3) NPK +  $\text{S}_1\text{-SO}_4$ ; 4) NPK +  $\text{S}_2\text{-SO}_4$ ; 5) NPK +  $\text{S}_3\text{-SO}_4$ ; 6) NPK +  $\text{S}_1\text{-S}^0$ ; 7) NPK +  $\text{S}_2\text{-S}^0$ ; 8) NPK +  $\text{S}_3\text{-S}^0$ .

Coroczne dawki siarki siarczanowej ( $\text{S-SO}_4$ ) i elementarnej ( $\text{S-S}^0$ ) wynosiły:  $\text{S}_1$  – 40,  $\text{S}_2$  – 80 i  $\text{S}_3$  – 120  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dawki nawozów NPK zależały od gatunku uprawianej rośliny oraz zasobności gleby.

Tabela 1  
Table 1

Dawki NPK zastosowane w doświadczeniu  
Applied doses of NPK in the experiment

Roślina – Plant	Rok – Year	$(\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1})$		
		N	P	K
Kapusta głowiasta – Cabbage	2000	200.0	52.5	180.0
Cebula zwyczajna – Onion	2001	160.0	60.0	183.0
Jęczmień jary – Spring barley	2002	90.0	80.0	111.0

Zastosowano następujące nawozy: azot – saletra amonowa lub siarczan amonu, fosfor – superfosfat potrójny, potas – sól potasowa 60% lub siarczan potasu, siarka – siarczan potasu i uzupełniająco siarczan amonu, a także siarka elementarna na obiektach z tą formą siarki.

Roślinami testowanymi były kolejno: kapusta głowiasta (*Brassica oleracea* var. *capitata alba*) – odmiana średnio późna – „Sława z Enhuizen”, cebula zwyczajna (*Allium cepa* var. *cepa*) – odmiana „Wolska” i jęczmień jary (*Hordeum sativum* var. *nutans*) – odmiana „Rodion”. Powierzchnia poletka wynosiła 70  $\text{m}^2$ , każde z poletek podzielono na dwie części po 35  $\text{m}^2$ . Z jednej części pobierano całe rośliny w fazie juwenilnej, natomiast z drugiej w fazie dojrzałości konsumpcyjnej. Poletka do zbioru wynosiły: dla kapusty głowiastej 21,95  $\text{m}^2$ , cebuli zwyczajnej – 23,75  $\text{m}^2$  i jęczmienia jarego – 3 0,60  $\text{m}^2$ .

Próbki kapusty głowiastej pobrano w fazie zawiązywania główek (26.06.2000) oraz w fazie dojrzałości konsumpcyjnej (05.10.2000), próbki cebuli zwyczajnej – w fazie formowania cebuli (17.07.2001) i w fazie dojrzałości konsumpcyjnej (10.10.2001), natomiast próbki jęczmienia jarego – w fazie kłoszenia

(24.06.2002) oraz w pełnej dojrzałości technologicznej rośliny (09.08.2002). W tabeli przyjęto umowne oznaczenia dla roślin: faza juwenilna – A, faza dojrzałości pełnej – B. Plony roślin z każdego poletka zważono i doprowadzono do powietrznie suchej masy. Próbkę roślinną wysuszone, zmielono, zmineralizowano i oznaczono w nich magnez metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Pobranie składników liczono na podstawie średnich zawartości w suchej masie roślin i średniego plonu z poszczególnych obiektów (ZAWADZKI 2005).

Próbki glebowe pobierano z każdego poletka, z warstwy 0-40 cm i 40-80 cm przed założeniem doświadczenia, a także po zbiorze każdej rośliny i przed siewem następnego. Wyjątek stanowił 2001 r., okres wiosenny, bowiem ze względu na długotrwałe opady atmosferyczne próbki glebowe pobrano tylko z poziomu 0-40 cm. Powietrznie suchą glebę przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. W tak przygotowanych próbach glebowych oznaczono zawartość przyswajalnego magnezu w glebie, w wyciągu Schachtschabela, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej.

Wyniki analiz chemicznych gleby i rośliny opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych, w układzie losowanych bloków, przyjmując jako czynnik *a* formę siarki, zaś jako czynnik *b* – dawkę siarki.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

W 3-letnim doświadczeniu polowym badano wpływ nawożenia wzrastającymi dawkami siarki siarczanowej i elementarnej na zmiany zawartości przyswajalnego magnezu w glebie, w dwóch poziomach 0-40 i 40-80 cm.

Jesienią po zbiorze kapusty zawartość przyswajalnego magnezu w glebie (0-40 cm) kształtowała się od 23,66 do 33,13 mg·kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 2). W porównaniu z glebą wyjściową (26,13 mg·kg<sup>-1</sup> gleby), zawartość przyswajalnego magnezu na ogół wzrosła. Wyjątek stanowiły obiekty, na których zastosowano 120 kg·ha<sup>-1</sup> S-SO<sub>4</sub> oraz 80 i 120 kg·ha<sup>-1</sup> S-S<sup>0</sup>. Zastosowanie formy siarczanowej spowodowało zwiększenie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie w odniesieniu do formy elementarnej. Wraz ze zwiększaniem dawki siarki, niezależnie od formy, następowało zmniejszanie zawartości omawianego składnika w glebie, co mogło być spowodowane zwiększonym pobraniem magnezu przez rośliny (rys. 1) i możliwością migracji w głębsze warstwy gleby (tab. 3). Na możliwość migracji przyswajalnego magnezu pod wpływem zasarczenia wskazuje również KIEPUL (1999).

W poziomie gleby 40-80 cm zawartość przyswajalnego magnezu wahała się od 22,13 do 41,16 mg·kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 3). Zastosowane formy siarki nie miały większego wpływu na zawartość magnezu w tym poziomie gleby. W obiektach z siarką było na ogół mniej przyswajalnego magnezu w porównaniu z obiektem nawożonym NPK. Wyjątek stanowił obiekt nawożony 40 kg S-S<sup>0</sup>·ha<sup>-1</sup>. W obu poziomach gleby dawki 120 kg S·ha<sup>-1</sup> spowodowały zmniejszenie koncentracji badanej formy.

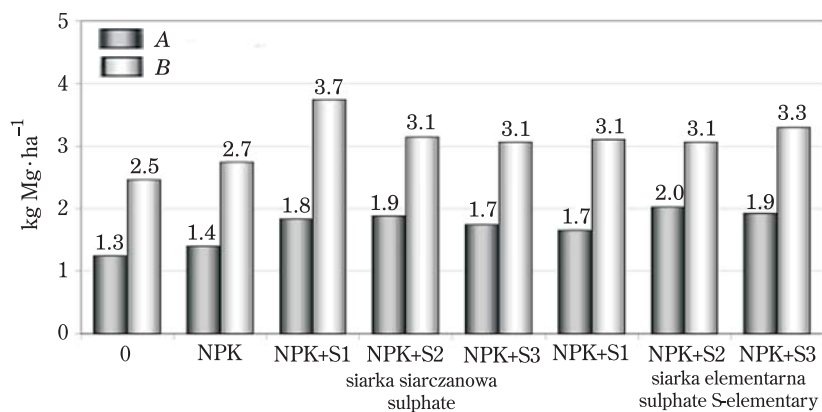
Tabela 2

Table 2

Wpływ różnych dawek i form siarki na zawartość przyswajalnego magnezu w glebie,  
w poziomie 0–40 cm ( $\text{mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )  
Influence of dose and form of sulphur on the content of available magnesium  
in 0–40 cm soil layer ( $\text{mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Obiekty Treatment	2000 Jesień Autumn	2001 Wiosna Spring	2001 Jesień Autumn	2002 Wiosna Spring	2002 Jesień Autumn	Średnia Mean
	poziom gleby – soil level (0–40 cm)					
0	30.46	33.00	26.73	31.13	32.93	30.85
NPK	31.50	28.46	23.66	24.33	25.93	26.77
NPK+ S <sub>1</sub> -SO <sub>4</sub>	33.13	25.80	25.15	30.35	24.93	27.87
NPK+ S <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	31.60	33.26	29.00	35.66	29.10	31.72
NPK+ S <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	23.66	23.60	21.53	22.53	23.15	22.89
NPK+S <sub>1</sub> -S <sup>0</sup>	32.00	35.00	28.95	29.20	30.46	31.12
NPK+S <sub>2</sub> -S <sup>0</sup>	23.86	24.46	21.66	26.60	28.33	24.98
NPK+S <sub>3</sub> -S <sup>0</sup>	24.66	27.13	24.60	24.80	26.00	25.43
NIR-p-0,05						
a	2.313	1.263	r.n*	3.226	r.n	
b	3.271	1.970	r.n	r.n	r.n	
a x b	4.626	2.786	r.n	6.453	4.803	

\*r.n. – różnica nieistotna – non significant difference



Rys. 1. Wpływ różnych dawek i form siarki na pobranie magnezu przez kapustę:  
A – rośliny w fazie juwenilnej, B – rośliny dojrzałe konsumpcyjnie, SO<sub>4</sub> – siarka siarczanowa,  
S<sup>0</sup> – siarka elementarna, S<sub>1</sub>– 40 kg·ha<sup>-1</sup>, S<sub>2</sub>– 80 kg·ha<sup>-1</sup>, S<sub>3</sub>– 120 kg·ha<sup>-1</sup>

Fig. 1. Influence of dose and form of sulphur on the uptake of magnesium by cabbage:  
A – juvenile plants, B – ripe crop, SO<sub>4</sub> – sulphate sulphur, S<sup>0</sup> – elementary sulphur,  
S<sub>1</sub>– 40 kg·ha<sup>-1</sup>, S<sub>2</sub>– 80 kg·ha<sup>-1</sup>, S<sub>3</sub>– 120 kg·ha<sup>-1</sup>

Wiosną 2001 r. w poziomie gleby 0-40 cm, zawartość przyswajalnego magnezu wahała się od 23,60 do 35,00 mg·kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 2). Po zastosowaniu formy elementarnej, szczególnie 40 kg·ha<sup>-1</sup> S-S<sup>0</sup>, uwidoczniło się nieznaczne, ale istotne zwiększenie zawartości badanego składnika w glebie w porównaniu z obiektami, na których stosowano formę siarczanową. Zastosowane dawki siarki działały niejednoznacznie. Podobnie jak jesienią 2000 r., w obiekcie nawożonym 120 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup> wystąpiło również zmniejszenie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie.

Jesienią 2001 r. (po zbiorze cebuli), w poziomie gleby 0-40 cm, zarówno zastosowane formy, jak i dawki siarki, nie miały istotnego wpływu na zmiany zawartości przyswajalnego magnezu w glebie (tab. 2). W obiekcie z potrójną dawką siarki siarczanowej zarysowała się jedynie malejąca tendencja w zawartości przyswajalnego magnezu w glebie, co wystąpiło już we wcześniejszym okresie.

W poziomie gleby 40-80 cm zawartość przyswajalnego magnezu wahała się od 22,06 do 33,00 mg·kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 3). Po zastosowaniu obu form i wszystkich dawek siarki wystąpiło zmniejszenie zawartości omawianego składnika w glebie, w porównaniu z obiektem nawożonym NPK. W obiektach z siarką siarczanową uwidoczniła się tendencja do zmniejszania zawartości przyswajalnego magnezu w porównaniu z obiektami nawożonymi formą siarki elementarnej. Wielkość zasto-

Tabela 3  
Table 3

w poziomie 40-80 cm (mg Mg·kg<sup>-1</sup>)  
Influence of dose and form of sulphur on the content of available magnesium  
in 40-80 cm soil layer (mg Mg·kg<sup>-1</sup>)

Obiekty Treatment	2000 Jesień Autumn	2001 Wiosna Spring	2001 Jesień Autumn	2002 Wiosna Spring	2002 Jesień Autumn	Średnia Mean
	poziom gleby – soil level (0-40 cm)					
0	28.00	-	30.00	32.13	28.70	29.70
NPK	39.06	-	33.00	32.66	28.20	33.23
NPK+ S <sub>1</sub> -SO <sub>4</sub>	32.66	-	22.06	32.13	34.60	30.36
NPK+ S <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	28.00	-	29.75	36.00	26.20	29.98
NPK+ S <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	22.13	-	22.40	21.66	20.26	21.61
NPK+S <sub>1</sub> -S <sup>0</sup>	41.16	-	25.75	25.35	26.00	29.56
NPK+S <sub>2</sub> -S <sup>0</sup>	34.66	-	25.00	25.06	25.00	27.43
NPK+S <sub>3</sub> -S <sup>0</sup>	27.46	-	27.70	27.60	20.20	25.74
NIR-p-0,05						
a	r.n.		2.588	3.102	3.196	
b	3.456		3.661	r.n.	r.n.	
a x b	4.888	-	5.177	r.n.	r.n.	

\*r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

sowanych dawek siarki nie miała jednoznacznego wpływu na zmiany koncentracji przyswajalnego magnezu w glebie. Postępowało jedynie dalsze zmniejszenie zawartości tego składnika w obiekcie z potrójną dawką siarki siarczanowej. MOTOWICKA-TERELAK (1989), MOTOWICKA-TERELAK i TERELAK (1998) stwierdzili również w swoich badaniach, że nawożenie dużymi dawkami siarki powoduje zmniejszanie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie.

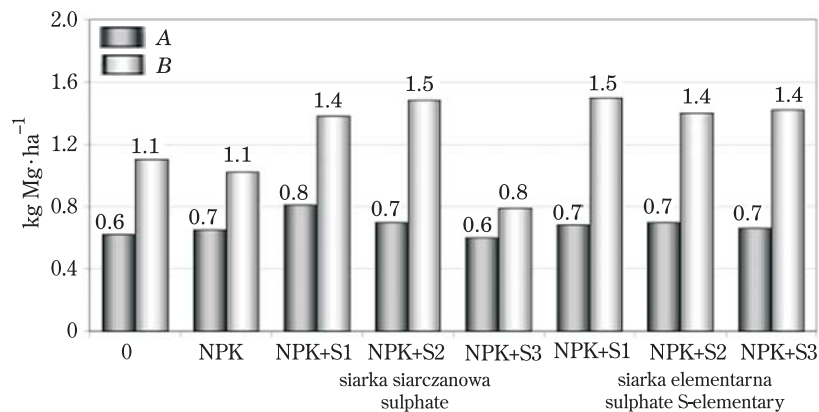
W trzecim roku badań (wiosną 2002), w poziomie gleby 0–40 cm, nawożenie siarką spowodowało na ogół zwiększenie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie w stosunku do obiektu nawożonego NPK (tab. 2). Zaaplikowanie poszczególnych dawek siarki nie wpływało istotnie na zmiany zawartości omawianego składnika w glebie, jedynie w obiekcie nawożonym  $120 \text{ kg S-SO}_4 \cdot \text{ha}^{-1}$  utrzymała się tendencja malejąca.

W poziomie gleby 40–80 cm zawartość przyswajalnego magnezu kształtowała się na poziomie  $21,66\text{--}36,00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (tab. 3). Zastosowanie  $\text{S-SO}_4$  spowodowało niewielkie, ale istotne, zwiększenie zawartości tej formy magnezu w glebie w porównaniu z obiektem nawożonym  $\text{S-S}^0$ . W obiekcie z potrójną dawką siarki siarczanowej potwierdziła się tendencja do zmniejszania zawartości omawianego składnika, zapoczątkowana już w pierwszym roku doświadczenia.

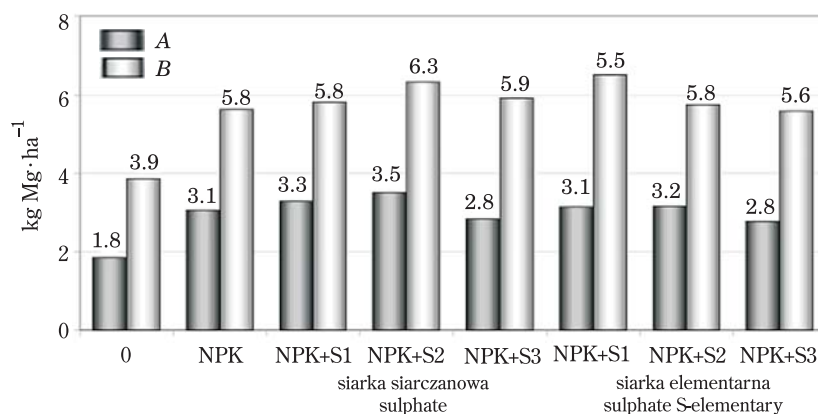
Jesienią 2002 r. (po zbiorze jęczmienia jarego) zarówno forma, jak i dawka siarki nie miały wpływu na zawartość przyswajalnego magnezu w glebie, w poziomie 0–40 cm (tab. 2). Po zastosowaniu siarki elementarnej uwidoczniła się jedynie tendencja zwiększenia zawartości tego składnika w stosunku do obiektów nawożonych formą siarczanową.

W poziomie 40–80 cm zawartość przyswajalnego magnezu wahała się od  $20,20$  do  $34,60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (tab. 3). Nawożenie  $\text{S-SO}_4$  spowodowało niewielkie, ale istotne, zwiększenie jego zawartości w glebie w porównaniu z nawożeniem siarką elementarną. Mogło to wynikać z silniejszego oddziaływania siarki siarczanowej na migrację magnezu w głąb profilu glebowego. Podobne wyniki otrzymały ZAWARTKA, SKWIERAWSKA (2005). Pod wpływem wzrastających dawek obu form siarki zarysowała się jedynie tendencja do zmniejszania zawartości omawianego składnika w glebie.

W ciągu trzech lat trwania doświadczenia, w poziomie gleby 0–40 cm, nawożenie spowodowało na ogół zmniejszenie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie, w porównaniu z obiektem bez nawożenia (tab. 2). Na skutek nawożenia NPK bez udziału siarki, wystąpiło stosunkowo duże zubożenie gleby w przyswajalny magnez w poziomie 0–40 cm, natomiast największe wzbogacenie w poziomie 40–80 cm, co świadczy o dużej migracji omawianego składnika. Zarówno w poziomie gleby 0–40, jak i 40–80 cm, w obiektach z  $\text{NPK} + \text{S}_2\text{-SO}_4$  i  $\text{NPK} + \text{S}_1\text{-S}^0$  zawartość przyswajalnego magnezu w glebie utrzymywała się na zbliżonym poziomie w porównaniu z obiektem bez nawożenia. Potrójne dawki siarki (tab. 2), a szczególnie  $\text{S-SO}_4$ , spowodowały zmniejszenie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie w porównaniu z pozostałymi obiektami, co prawdopodobnie wiązało się ze znacznie większym wynosem magnezu przez rośliny (rys. 1,2,3). Po-



Rys. 2. Wpływ różnych dawek i form siarki na pobranie magnezu przez cebulę  
 Fig. 2. Influence of dose and form of sulphur on the uptake of magnesium by onion



Rys. 3. Wpływ różnych dawek i form siarki na pobranie magnezu przez jęczmień jary  
 Fig. 3. Influence of dose and form of sulphur on the uptake of magnesium by spring barley

ziom głębszy, w ciągu trzech lat doświadczenia, na ogół wzbogacił się w przyswajalny magnez. Jedynie dawka  $120 \text{ kg S-SO}_4 \cdot \text{ha}^{-1}$  powodowała zubożenie gleby w ten składnik (tab. 3).

Wahania w zawartości przyswajalnego magnezu w glebie mogły być uzależnione od uruchamiania zapasowych form glebowych w wyniku zakwaszającego działania siarki, konkurencyjności kationów towarzyszących siarce, przemieszczania się magnezu w głąb profilu glebowego oraz wielkości pobrania przez rośliny.

W latach 2000–2002 wystąpiły niekorzystne warunki pogodowe dla wzrostu i rozwoju uprawianych roślin. Temperatury były wyższe, a opady atmosferyczne niższe niż średnie z wielolecia (ZAWADZKI 2005).

Zawartość magnezu w kapuście w fazie juvenilnej była, na ogół, na wyrównanym poziomie (tab. 4). Zarówno formy, jak i dawki siarki nie wpływały istotnie na zawartość tego składnika w młodej kapuście. Jedynie po zastosowaniu 120 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup> wystąpiła tendencja zniżkowa w porównaniu z pozostałymi obiektami, co przypuszczalnie wiązało się z najmniejszą zawartością tej formy magnezu w glebie (tab. 2). Zastosowanie siarki nie wpłynęło już istotnie na zmiany koncentracji magnezu w dojrzałej konsumpcyjnie kapuście. Podobne wyniki otrzymali GAŁDOR i MOTOWICKA-TERELAK (1986b).

Pobranie magnezu przez kapustę w fazie juvenilnej zależało głównie od wielkości plonu oraz zawartości magnezu w roślinie i kształtowało się od 1,25 do 2,03 kg·ha<sup>-1</sup>. W obiektach nawożonych siarką pobranie magnezu było nieco większe niż w obiektach kontrolnych. Podobna zależność zarysowała się u kapusty dojrzałej technologicznie. Najwięcej magnezu dojrzałe rośliny pobrały w obiekcie nawożonym 40 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup>, gdzie uzyskano największy plon.

W 2001 r. uprawiano cebulę. Nawożenie spowodowało obniżenie zawartości magnezu w cebuli, co wiązało się z wyższym plonem uzyskanym w tych obiek-

Tabela 4  
Table 4

Wpływ różnych dawek i form siarki na zawartość magnezu w roślinie (g·kg<sup>-1</sup>)  
Influence of dose and form of sulphur on the content of magnesium in plants (g·kg<sup>-1</sup>)

Obiekty Treatment	Kapusta głowiasta Cabbage		Cebula zwyczajna Onion		Jęczmień jary Spring barley		
	A	B	A	B	A	B	
						ziarno grain	słoma straw
0	3.2	1.04	1.48	0.55	0.90	1.06	0.71
NPK	2.8	1.00	1.18	0.45	0.97	1.02	0.52
NPK+ S <sub>1</sub> -SO <sub>4</sub>	2.9	1.03	1.29	0.49	0.97	1.00	0.43
NPK+ S <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	2.9	0.96	1.20	0.50	1.05	1.05	0.48
NPK+ S <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	2.6	1.05	1.28	0.45	0.87	1.00	0.47
NPK+S <sub>1</sub> -S <sup>0</sup>	3.3	1.03	1.18	0.50	0.98	1.07	0.50
NPK+S <sub>2</sub> -S <sup>0</sup>	2.9	1.03	1.17	0.51	0.95	1.05	0.46
NPK+S <sub>3</sub> -S <sup>0</sup>	3.0	1.06	1.11	0.49	0.92	1.01	0.46
NIR-p-0,05							
a	r.n	r.n	0.045	r.n	r.n	r.n	0.027
b	r.n	r.n	0.064	r.n	0.062	r.n	0.039
a x b	0.486	r.n	0.090	0.036	r.n	r.n	0.055

\* A – rośliny w fazie juvenilnej – juvenile plants, B – rośliny dojrzałe konsumpcyjnie – ripe crop,  
SO<sub>4</sub>– siarka siarczanowa – sulphate sulphur, S<sup>0</sup> – siarka elementarna – elementary sulphur,  
S<sub>1</sub>–40 kg·ha<sup>-1</sup>, S<sub>2</sub>–80 kg·ha<sup>-1</sup>, S<sub>3</sub>–120 kg·ha<sup>-1</sup>  
a – forma siarki – form of sulphur  
b – dawka siarki – dose of sulphur  
a x b współdziałanie – interaction



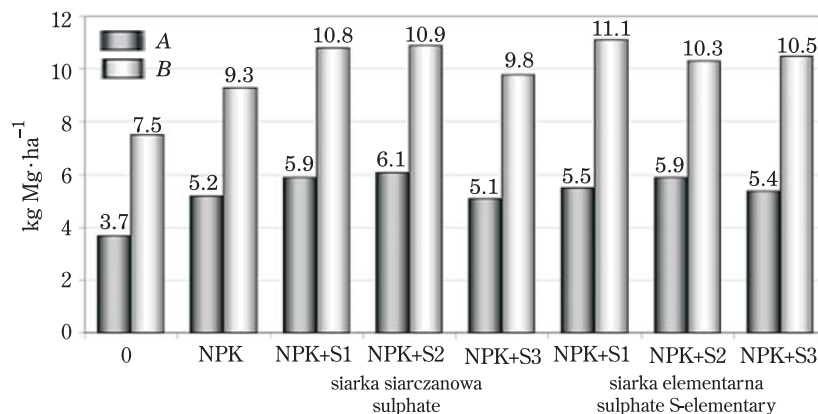
tach. Zastosowane formy i dawki siarki wpływały istotnie na zmiany zawartości magnezu w młodej cebuli (tab. 4). W obiektach nawożonych formą siarczanową wykazano większą zawartość magnezu w roślinie niż po zastosowaniu siarki elementarnej. Dawki 40 i 120 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup> spowodowały zwiększenie zawartości magnezu w cebuli w porównaniu z pozostałymi obiektami nawożonymi NPK i NPK+S. Nie zaobserwowano ujemnego wpływu potrójnej dawki S-SO<sub>4</sub> jak w przypadku kapusty. W dojrzałej konsumpcyjnie cebuli zawartość magnezu była na zbliżonym poziomie i wahała się od 0,045 do 0,055% s.m. Nieco większą zawartość magnezu w cebuli oznaczyli HLUSEK i in. (1999). Zarówno formy, jak i dawki siarki nie wykazały istotnego działania.

Pobranie magnezu przez cebulę w fazie juvenilnej w obiektach z siarką kształtowało się na zbliżonym poziomie (0,60–0,80 kg·ha<sup>-1</sup>), i było na ogół nieco wyższe niż w obiektach kontrolnych (rys. 2). Podobna zależność wystąpiła w cebuli dojrzałej konsumpcyjnie. Jedynie po zastosowaniu 120 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup> wystąpiło wydatne zmniejszenie pobrania magnezu w porównaniu z pozostałymi obiektami. Było to, prawdopodobnie, spowodowane uzyskaniem niskiego plonu w tym obiekcie (ZAWADZKI 2005).

W trzecim roku badań uprawiano jęczmień jary. Zawartość magnezu w jęczmieniu jarym w fazie kłoszenia wahała się od 0,087 do 0,105% s.m (tab. 4). Zbliżone wyniki otrzymali BADORA i FILIPEK (1994). Zastosowanie obu form siarki nie wpływało istotnie na zmiany zawartości magnezu w roślinie. Po zastosowaniu 120 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup>, podobnie jak w przypadku kapusty, wystąpiło zmniejszenie zawartości magnezu w biomase jęczmienia w porównaniu z innymi obiektami nawozowymi. Największa zawartość tego składnika wystąpiła w obiekcie nawożonych 80 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup>. Zawartość magnezu w ziarnie nie zależała od form i dawek siarki, i mieściła się w granicach od 0,100 do 0,107% s.m. W obiektach z NPK+S uwidoczniło się, na ogół, zmniejszenie zawartości magnezu w słomie jęczmienia w odniesieniu do obiektu nawożonego NPK, z wyjątkiem dawki 40 kg S-S<sup>0</sup>·ha<sup>-1</sup>.

Pobranie magnezu przez jęczmień w fazie kłoszenia mieściło się w granicach od 1,84 do 3,50 kg·ha<sup>-1</sup>. Po zastosowaniu 120 kg S-SO<sub>4</sub> i S-S<sup>0</sup> wystąpiło nieco mniejsze pobranie magnezu w odniesieniu do pozostałych obiektów nawozowych. Nawożenie NPK i NPK+S wpłynęło na zwiększenie pobrania omawianego składnika w porównaniu z obiektem kontrolnym. Podobna zależność uwidoczniła się w fazie dojrzałości pełnej.

Nawożenie siarką spowodowało większe łączne pobranie magnezu przez dojrzałe rośliny niż w obiekcie nawożonym NPK, szczególnie po zastosowaniu 40 i 80 kg S-SO<sub>4</sub>·ha<sup>-1</sup> i 40 kg S-S<sup>0</sup>·ha<sup>-1</sup> (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ różnych dawek i form siarki na łączne pobranie magnezu przez rośliny  
 Fig. 4. Influence of dose and form of sulphur on the total uptake of magnesium by plants

## WNIOSKI

1. Nawożenie dawką 120 kg S · ha<sup>-1</sup> spowodowało zmniejszenie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie w poziomie 0–40 i 40–80 cm oraz magnezu ogółem w kapuście i jęczmieniu w fazie juvenilnej.

2. Działanie siarki na zawartość i pobranie magnezu zależało od gatunku i fazy rozwojowej rośliny. W dojrzałych roślinach dawki 40 i 80 kg S-SO<sub>4</sub> · ha<sup>-1</sup> i 40 kg S-S<sup>0</sup> · ha<sup>-1</sup> działały najkorzystniej na łączne pobranie magnezu.

3. Nawożenie siarką miało, na ogół, niewielki wpływ na zawartość magnezu w roślinach dojrzałych.

## PIŚMIENNICTWO

- BADORA A., FILIPEK T. 1994. *Reakcja zbóż na silne zakwaszenie gleb. Cz.III. Wpływ silnego zakwaszenia gleb na skład mineralny jęczmienia w fazie kłoszenia*. Roczn. Glebozn., 45 (1/2): 85-90.
- CHWIL S. 2000. *Nawożenie jako czynnik zwiększający zawartość magnezu w glebie*. Biul. Magnezol., 5(4): 272-277.
- CZUBA R., 1995. *Zmiany zasobności gleb kraju w trzydziestolecie oraz eksperymentalna ocena systemów regeneracji nadmiernie wyczerpanych ich zasobów*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 421a: 59-66.
- GAJDOR J., MOTOWICKA-TERELAK T. 1986b. *Wpływ zasiarczenia gleb na ich właściwości oraz na plonowanie roślin w doświadczeniu lizymetrycznym. Cz. II. Wpływ zasiarczenia gleb siarką elementarną na plonowanie i skład chemiczny roślin uprawnych*. Pam. Puł., 88: 25-37.
- HLUSEK J., RICHTER R., HRIVNA L. 1999. *Yields and quality of onions fertilised with nitrogen and sulphur*. Zesz. Nauk AR. Kraków, 64(349): 121-125.
- KIEPUL J. 1999. *After-effect of simulated immission of sulphur and liming on leaching of some elements out of soil*. Roczn. AR w Pozn. CCCX. Melior. Inż. Środ., 205 (1): 59-65.
- LIPIŃSKI W. 2005. *Zasobność gleb Polski w magnez przyswajalny*. Nawozy i Nawożenie, 2(23):61-66.

- MOTOWICKA-TERELAK T. 1989. *Badania modelowe nad mechanizmami i skutkami degradacji gleb zanieczyszczonych związkami siarki. Cz. I. Zmiany właściwości chemicznych gleby gliniastej w warunkach systematycznego zasiarczania*. Pam. Puł., 94: 11-28.
- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H. 1998. *Siarka w glebach Polski. Stan i zagrożenie*. PIOŚ. Bibl. Monit. Środ. Warszawa, ss. 1-106.
- RUSZKOWSKA M., SYKUT S., KUSIO M. 1993. *Plony roślin i bilans składników pokarmowych w zależności od rodzaju gleby i nawożenia w statycznym doświadczeniu lizymetrycznym (1977–1989)*. Zesz. Nauk. AR Kraków, 277(37): 153-168.
- SKWIERAWSKA M. 2005. *Wpływ różnych dawek i form siarki na zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie*. UWM w Olsztynie (praca doktorska).
- ZAWADZKI B. 2005. *Wpływ różnych dawek i form siarki na zawartość siarki i azotu w glebie*. UWM w Olsztynie (praca doktorska).
- ZAWARTKA L., SKWIERAWSKA M., 2005. *Wpływ nawozów mineralnych zawierających siarkę na wymywanie makroelementów z gleby*. Zesz.Prob. Post. Nauk Rol., 505:523-529.

**Małgorzata Skwierawska, Bolesław Zawadzki, Lucyna Zawartka**

### **WPŁYW RÓŻNYCH DAWEK I FORM SIARKI NA ZAWARTOŚĆ MAGNEZU W GLEBIE I ROŚLINIE**

Słowa kluczowe: nawożenie, siarka siarczanowa, siarka elementarna, magnez, gleba, roślina.

#### Abstrakt

W 3-letnim doświadczeniu polowym badano wpływ nawożenia różnymi dawkami siarki siarczanowej i elementarnej na zawartość przyswajalnego magnezu w glebie, w dwóch poziomach: 0-40 i 40-80 cm. Dodatkowo badano wpływ nawożenia siarką na zawartość oraz pobranie magnezu przez rośliny: kapustę, cebulę i jęczmień jary, w dwóch fazach rozwoju.

Nawożenie dawką  $120 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$  spowodowało zmniejszenie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie, w poziomie 0-40 i 40-80 cm, oraz magnezu ogółem w kapuście i jęczmieniu w fazie juvenilnej.

Działanie siarki na zawartość i pobranie magnezu zależało od gatunku i fazy rozwojowej rośliny. Nawożenie siarką miało, na ogół, niewielki wpływ na zawartość magnezu w roślinach dojrziałych.

### **INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES AND FORMS OF SULPHUR ON MAGNESIUM CONTENT IN SOIL AND PLANTS**

In a three-year field experiment the influence of fertilization with different doses of sulphate and elementary sulphur on the content of available magnesium in soil layers at the depths of 0-40 and 40-80 cm was studied. Impact of fertilization with sulphur on the content and uptake of magnesium by plants (cabbage, onion and spring barley in two growth stages) was estimated in the studies.

Fertilization with  $120 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$  caused decrease in the content of available magnesium in soil at 0-40 and 40-80 cm depth. Decrease of total magnesium content was observed in cabbage and juvenile plants of spring barley.

The influence of sulphur fertilization on the content and uptake of magnesium depended on the growth stage of crops. Only slight influence of fertilization with sulphur on the content of magnesium in ripe crops was observed.