



Siarka obok azotu, fosforu, potasu i magnezu traktowana jest obecnie jako podstawowy składnik pokarmowy roślin, który w związku z występującym w wielu regionach jego deficytem powinno się dostarczyć roślinom uprawnym poprzez nawożenie. Wyniki prezentowane w wielu pracach [Hrivna i in. 1999; Krauze, Bowszys 2000; Lašák i in. 2000; Orlovius 2000; Szulc i in. 2000; Podleśna 2002] wskazują na pozytywną reakcję roślin na wprowadzenie do gleby nawozów zawierających siarkę. Aby jednak osiągnąć korzystną, a więc zwiększającą i gwarantującą dobre jakościowo plony zawartość tego pierwiastka w roślinach, należy go dostarczyć w formie i ilościach zapewniających jego optymalne wykorzystanie w trakcie wegetacji. Celem niniejszej pracy była analiza pobierania siarki w trakcie wegetacji przez jare formy pszenicy i rzepaku w warunkach zróżnicowanego nawożenia tym składnikiem i wapnowania.

#### METODY

Podstawę badań stanowiła analiza materiału roślinnego, pochodzącego z dwuletnich, ścisłych doświadczeń wazonowych. Eksperyment założono metodą kompletnej randomizacji i obejmował on trzy zmienne czynniki: dawkę siarki, formę siarki oraz dawkę i formę nawozu odkwaszającego. Charakterystykę roślin i gleby użytej do doświadczeń oraz metodykę prowadzenia eksperymentu i oznaczenia zawartości siarki ogółem przedstawiono w pracy dotyczącej zawartości siarki w jarych formach pszenicy i rzepaku [Kaczor i in. 2004].

Pobranie siarki ogółem przez jare formy pszenicy i rzepaku obliczono na podstawie procentowych zawartości tego składnika [Kaczor i in. 2004] i plonów roślin [Brodowska 2003; Kaczor, Brodowska 2003].

#### WYNIKI

W zależności od zastosowanych czynników doświadczenia i fazy rozwojowej oraz organu rośliny pobranie siarki ogółem przez jare formy pszenicy i rzepaku było wyraźnie zróżnicowane (tab. 1 i 2). Jak wynika z przedstawionych w tabelach danych, pobranie siarki ogółem przez pszenicę i rzepak zbierane w fazach dojrzałości pełnej i kwitnienia było zdecydowanie większe niż u roślin zbieranych w fazach krzewienia (pszenica) i rozety (rzepak).

Na pobranie siarki przez pszenicę i rzepak w trakcie wegetacji największy wpływ z analizowanych czynników doświadczenia miało zastosowanie nawożenia siarkowego w postaci  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  i siarki elementarnej. Wprowadzenie nawozów siarkowych – podobnie jak w badaniach Boreczek [2001] – powodowało

wzrost pobrania siarki ogółem w stosunku do wartości w obiektach nienawożonych tym pierwiastkiem. Zastosowanie siarki w postaci siarczanu sodu wyraźniej wpływało na zwiększenie pobrania siarki przez rośliny, zwłaszcza rzepaku, gdzie było ono średnio 1,5-krotnie wyższe niż w przypadku roślin nawożonych siarką elementarną. W obiektach z pszenicą obserwowano podobne, ale mniej widoczne różnice wynikające z formy zastosowanego nawozu siarkowego.

Tabela 1. Wpływ zróżnicowanego nawożenia siarką i wapnowania na pobranie siarki ogółem przez pszenicę jarą zbieraną w fazach krzewienia i kwitnienia oraz rzepak jary zbierany w fazach rozety i kwitnienia

Table 1. The influence of sulphur fertilization and liming on total sulphur uptake by spring wheat harvested at the stages of tillering and flowering and spring rape harvested at the stages of rosette and flowering

Obiekt Object	Faza Stage			
	pszenica spring wheat		rzepak spring rape	
	krzewienie tillering	kwitnienie flowering	Rozeta Rosette	Kwitnienie Flowering
	mg S wazon <sup>-1</sup>		mg S pot <sup>-1</sup>	
S w postaci Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Sulphur applied as Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				
S <sub>0</sub> Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>	38,8	73,4	29,5	26,7
S <sub>1</sub> Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>	43,0	90,0	58,1	92,5
S <sub>2</sub> Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>	46,4	107,0	65,4	132,1
S <sub>0</sub> Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	38,6	74,8	28,1	30,8
S <sub>1</sub> Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	43,7	82,0	74,2	117,0
S <sub>2</sub> Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	49,0	91,5	79,1	170,7
S <sub>0</sub> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>	35,4	68,6	22,9	18,0
S <sub>1</sub> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>	40,0	77,7	66,3	99,7
S <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>	43,4	83,2	70,3	156,4
S w postaci elementarnej Sulphur applied as elementary form				
S <sub>0</sub> Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>	34,0	75,2	29,7	21,6
S <sub>1</sub> Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>	39,4	86,2	40,7	45,4
S <sub>2</sub> Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>	44,6	101,3	48,0	82,3
S <sub>0</sub> Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	34,6	67,8	25,5	17,7
S <sub>1</sub> Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	39,0	77,9	71,5	52,9
S <sub>2</sub> Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	41,9	87,5	81,0	82,7
S <sub>0</sub> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>	30,4	64,0	24,1	21,4
S <sub>1</sub> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>	31,9	72,4	48,0	50,4
S <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>	36,3	78,6	68,2	78,9

Zastosowanie siarczanu sodu pod rzepak jary powodowało wzrost pobrania siarki przez rośliny w stosunku do wartości w obiektach nienawożonych tym składnikiem. W fazie rozety wzrost ten był średnio 2,6-krotny, w fazie kwitnienia prawie 5-krotny, a w fazie pełnej dojrzałości średnio 6,1-krotny. Zastosowanie S elementarnej również wpływało na wzrost pobrania siarki w podobny spo-

sób. Średnie wartości wzrostu pobrania siarki były jednakże w tym przypadku nieco niższe. Podobnej zależności nie stwierdzono w przypadku pszenicy. Średni wzrost pobrania S ogółem w fazie krzewienia i kwitnienia był 1,2-krotny, a w fazie dojrzałości pełnej 3,8-krotny, przy obydwu poziomach nawożenia ( $S_1$ ,  $S_2$ ).

Tabela 2. Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na pobranie siarki ogółem przez jare formy pszenicy i rzepaku zbierane w fazie pełnej dojrzałości  
Table 2. The influence of sulphur fertilization and liming on total sulphur uptake by spring forms of wheat and rape harvested at full maturity stage

Objekt Object	Roślina Plant					
	pszenica spring wheat			rzepak spring rape		
	słoma straw	ziarno grain	słoma + ziarno straw + grain	słoma straw	nasiona seeds	słoma + nasiona straw + seeds
mg S wazon <sup>-1</sup> mg S pot <sup>-1</sup>						
S w postaci Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Sulphur applied as Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>						
$S_0Ca_0Mg_0$	56,2	40,8	97,0	29,6	x <sup>1</sup>	29,6
$S_1Ca_0Mg_0$	71,8	44,1	115,9	64,1	65,5	129,6
$S_2Ca_0Mg_0$	87,8	49,8	137,6	157,0	89,8	246,8
$S_0Ca_1Mg_1$	56,9	40,9	97,8	37,6	7,9	45,5
$S_1Ca_1Mg_1$	70,5	50,4	120,9	84,1	97,9	182,0
$S_2Ca_1Mg_1$	87,1	53,6	140,7	208,6	124,2	332,8
$S_0Ca_2Mg_0$	50,4	30,5	80,9	35,1	2,3	37,4
$S_1Ca_2Mg_0$	62,1	38,2	100,3	75,3	91,3	166,6
$S_2Ca_2Mg_0$	77,7	45,7	123,4	187,9	117,1	305,0
S w postaci elementarnej Sulphur applied as elementary form						
$S_0Ca_0Mg_0$	52,7	37,9	90,6	28,7	1,2	29,9
$S_1Ca_0Mg_0$	59,7	38,1	97,8	42,0	51,8	93,8
$S_2Ca_0Mg_0$	76,3	40,3	116,6	94,9	68,2	163,1
$S_0Ca_1Mg_1$	49,6	39,6	89,2	41,2	7,1	48,3
$S_1Ca_1Mg_1$	72,0	50,3	122,3	63,4	68,5	131,9
$S_2Ca_1Mg_1$	84,8	58,0	142,8	135,6	86,9	222,5
$S_0Ca_2Mg_0$	45,3	34,4	79,7	31,6	2,9	34,5
$S_1Ca_2Mg_0$	58,0	38,4	96,4	59,1	58,4	117,5
$S_2Ca_2Mg_0$	71,1	40,9	112,0	125,5	75,8	201,3

<sup>1</sup>x – nie oznaczano ze względu na brak materiału; not determined because of lack of material

Czynnikiem wpływającym na pobranie przez rzepak jary siarki ogółem było także wapnowanie. Zaobserwowano tu pewną prawidłowość, która dotyczyła pobierania siarki we wszystkich fazach rozwojowych, w których zbierano rzepak. Z analizowanych danych wynika bowiem, że po wprowadzeniu nawozów odkwaszających, zarówno w postaci dolomitu, jak i węgla wapnia pobranie siarki obniżało się w porównaniu z wartościami w serii niewapnowanej, ale tylko w przypadku obiektów, w których nie stosowano żadnego nawozu siarko-

wego. Natomiast w obiektach wapnowanych dolomitem i  $\text{CaCO}_3$ , w których stosowano również wzrastające dawki siarki w postaci  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  czy S elementarnej, pobranie siarki ogółem przez rośliny rzepaku wzrastało w porównaniu z wartościami w seriach niewapnowanych. W większości obiektów, w których rośliną testową była pszenica jara zastosowanie wapnowania powodowało spadek pobrania siarki ogółem.

Należy dodać, że pewien wpływ na pobranie siarki miała również forma nawozu wapniowego. W obiektach wapnowanych  $\text{CaCO}_3$  pobranie siarki było bowiem niższe niż podczas zastosowania dolomitu. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w pracy Motowickiej-Terelak i in. [1993]. Autorzy ci podają, że spowodowany wapnowaniem wzrost jonów wapnia i magnezu w kompleksie sorpcyjnym gleby może przyczyniać się do ograniczenia pobierania siarki przez rośliny. Część zastosowanej siarki może bowiem w obecności jonów  $\text{Ca}^{2+}$  przechodzić w trudno rozpuszczalny, uwodniony siarczan wapnia (gips).

Pobranie siarki ogółem przez rośliny testowe wzrastało w trakcie wegetacji. Najwyższe pobranie tego pierwiastka przez pszenicę następowało pomiędzy krzewieniem a kwitnieniem roślin, natomiast w przypadku rzepaku pomiędzy wschodami i rozetą oraz pod koniec okresu wegetacji, co sugeruje, że akumulacja siarki wzrasta do końca wegetacji rośliny [Grzebisz, Gaj 2000].

Należy dodać, że widoczny wzrost pobrania siarki przez rośliny nawożone tym składnikiem wynika w dużym stopniu z jego plonotwórczej roli. W warunkach prowadzonych badań, nawożenie siarką – podobnie jak w pracach innych autorów [Lašák i in. 2000; Orlovius 2000; Podleśna 2002] istotnie wpływało bowiem na wzrost pszenicy i rzepaku [Brodowska 2003; Kaczor, Brodowska 2003].

#### WNIOSKI

1. Nawożenie siarką wpłynęło znacząco na wzrost pobrania tego składnika przez jare formy pszenicy i rzepaku.
2. Nawożenie roślin siarką w postaci  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  wpływało wyraźniej na wzrost pobrania tego składnika przez pszenicę i rzepak w porównaniu ze zwiększeniem uzyskanym w serii z siarką elementarną.
3. Wapnowanie spowodowało spadek pobrania siarki ogółem przez pszenicę w większości obiektów doświadczalnych. W przypadku rzepaku spadek ten wystąpił tylko w obiektach nienawożonych siarką ( $\text{S}_0$ ).

## PIŚMIENNICTWO

- Boreczek B. 2001. Bilans siarki w uprawie wybranych roślin polowych. *Fragm. Agron.* 4, 118–133.
- Brodowska M.S. 2003. Wpływ wapnowania i nawożenia siarką na wzrost, rozwój i plonowanie jarych form pszenicy i rzepaku. Cz. I. Pszenica jara. *Acta Agrophysica* 1, 4, 617–622.
- Grzebisz W., Gaj R. 2000. Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. *Mat. monograficzne nt. „Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy”* (red.) W. Grzebisz, Wyd. AR, Poznań, 83–98.
- Hřivna L., Richter R., Ryant P. 1999. Possibilities of improving the technological quality of winter wheat after sulphur fertilization. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 349. *Mat. Konf. Nauk. nt. „Ekologiczne i rolnicze uwarunkowania nawożenia”*, 64, 143–150.
- Kaczor A., Brodowska M.S. 2003. Wpływ wapnowania i nawożenia siarką na wzrost, rozwój i plonowanie jarych form pszenicy i rzepaku. Cz. II. Rzepak jary. *Acta Agrophysica* 1, 4, 661–666.
- Kaczor A., Brodowska M.S., Kowalski G. 2004. Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na zawartość siarki w jarych formach pszenicy i rzepaku. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 4, 1847–1853.
- Krauze A., Bowszys T. 2000. Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura* 81, 133–142.
- Lašák T., Hřivna L., Richter R. 2000. Effect of increasing doses of nitrogen and sulphur on yields, quality and chemical composition of winter rape. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 472, 481–487.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H., Witek T. 1993. Liczby graniczne do wyceny zawartości siarki w glebach i roślinach. *IUNG Puławy, Seria P*, 53, 15–20.
- Orlovius K. 2000. Wyniki badań nad wpływem nawożenia potasem, magnezem i siarką na rośliny oleiste w Niemczech. *Mat. monograficzne nt. „Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy”* (red.) W. Grzebisz, Wyd. AR, Poznań, 229–239.
- Podleśna A. 2002. Reakcja rzepaku ozimego na zróżnicowane nawożenie siarką. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 481, 335–339.
- Szulc P., Piotrowski R., Drozdowska L., Skinder Z. 2000. Wpływ nawożenia siarką na plon i akumulację związków siarki w nasionach rzepaku jarego odmiany Star. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura* 81, 157–162.