

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
e-mail: ap@iung.pulawy.pl

ANNA PODLEŚNA

### **Wpływ doglebowego i dolistnego stosowania siarki na plon i skład mineralny roślin rzepaku ozimego**

---

The effect of soil and foliar application of sulfur on the yield and mineral composition of winter oilseed rape plants

**Streszczenie.** Ze względu na pojawiające się niedobory siarki w glebach Polski powstaje potrzeba wnoszenia tego składnika, w tym również poprzez dokarmianie dolistne roślin. W opracowaniu przedstawiono wyniki z dwuletniego doświadczenia wazonowego, w którym zastosowano dwa sposoby nawożenia rzepaku siarką: doglebowo oraz dolistnie w fazie tworzenia pąków kwiatowych w postaci  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , na tle obiektu kontrolnego, czyli bez siarki w pożywce. Stwierdzono, że rośliny pozbawione siarki zahamowały wzrost i rozwój i nie wykształciły nasion oraz zawierały nadmierną koncentrację większości makroelementów. Siarka zastosowana w oprysku dolistnym została zaabsorbowana przez liście rzepaku, przez co zmianie uległ metabolizm roślin, prowadząc do uruchomienia procesów wzrostu i rozwoju oraz obniżenia nadmiernej koncentracji badanych składników. W efekcie rośliny z tej serii wykształciły łuszczyzny wypełnione nasionami i dały plon w wysokości 70% plonu roślin nawożonych siarką doglebowo.

**Słowa kluczowe:** rzepak, odmiany, nawożenie siarką, plon, zawartość składników

#### WSTĘP

Siarka należy do tzw. składników niezbędnych, co oznacza, że spełnia ona w metabolizmie roślin specyficzne funkcje fizjologiczne i nie może być zastąpiona przez żaden inny pierwiastek. Rzekpak, jak i inne rośliny z rodziny kapustowatych, należy do roślin siarkolubnych, pobierających duże ilości tego składnika. Ponieważ od końca minionego wieku następuje stałe zmniejszanie się ilości gazowych zanieczyszczeń powietrza zawie-

rających związku siarki, więc pula tego składnika dostępna dla roślin z tego źródła także ulega zmniejszeniu. Niedobór siarki prowadzi do obniżenia plonu nasion, a często także do pogorszenia jego jakości [Podleśna 2002]. Obecne w glebie jony siarczanowe charakteryzują się znaczną łatwością wymywania w głąb profilu glebowego, przez co znaczna część siarki jest tracona dla roślin. W efekcie tych zmian w niektórych rejonach Polski niedobory siarki negatywnie wpływają na wzrost i rozwój roślin. W takiej sytuacji zaleca się poza nawożeniem doglebowym także dokarmianie dolistne rzepaku bądź innych roślin. Jednakże tą drogą można podawać tylko ograniczone ilości siarki, która jest trudno przemieszczana z liści do pozostałych organów. Według Schnuga i in. [1998] tylko do 3% dolistnie podanego siarczanu magnezu oraz 33–35% siarki elementarnej jest wykorzystywane przez rośliny rzepaku.

Celem podjętych badań było sprawdzenie reakcji roślin rzepaku ozimego na sposób i termin zastosowanego nawożenia siarką w aspekcie plonu końcowego i akumulacji głównych składników pokarmowych.

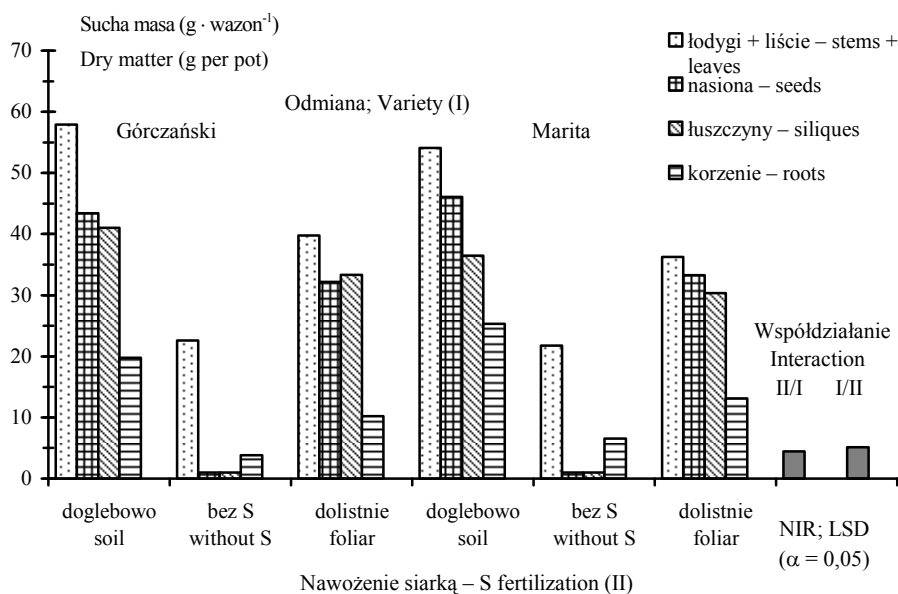
#### MATERIAŁ I METODY

Prezentowane wyniki pochodzą z doświadczenia wazonowego prowadzonego w hali wegetacyjnej IUNG – PIB w Puławach w latach 1998–2000. W wazonach Mitscherlicha wypełnionych 6,5 kg gleby o pH 6,5 oraz zawierającej 7,1 mg  $S-SO_4 \cdot kg^{-1}$  gleby wysiano jesienią po 10 sztuk nasion rzepaku ozimego dwóch odmian. Po wschodach pozostawiono po 5 roślin na przeliczeniu na wazon. Pierwszym czynnikiem doświadczenia było nawożenie siarką, które zróżnicowano na obiekty: 1) nawożenie doglebowe S w postaci siarczanu potasu, siarczanu magnezu i siarczanu amonu w łącznej dawce 1,2 g S wazon<sup>-1</sup>, 2) dokarmianie dolistne S w postaci roztworu  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , zastosowane w fazie tworzenia pąków kwiatowych, 3) brak nawożenia siarką. Ze względu na małą powierzchnię liści roślin dokarmianych dolistnie oprysk wodnym roztworem  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  wykonywano przez 6 dni po uprzednim zabezpieczeniu powierzchni gleby w wazonach. Całkowita dawka siarki i magnezu podana roślinom wynosiła odpowiednio 0,8 g S i 0,6 g Mg na wazon. Drugim czynnikiem doświadczenia były dwie dmiany rzepaku ozimego: Górczański – tradycyjna (wysokoerukowa i wysokoglukozyolanowa) oraz Marita – podwójnie ulepszona. Każdy obiekt doświadczenia miał 5 powtórzeń. Pozostałe składniki pokarmowe były podane w tych samych ilościach dla całego doświadczenia ( $g \cdot wazon^{-1}$ ): N – 2,5; P – 0,31; K – 1,16 i Mg – 0,22. Nawożenie rzepaku uzupełniono również o zestaw podstawowych mikroelementów a przy zakładaniu doświadczenia do gleby każdego wazonu dodano 3,9 g  $CaCO_3$ .

Zbiór roślin przeprowadzono w fazie pełnej dojrzałości nasion rzepaku. Zebrane rośliny dzielono na: liście z łodygami, nasiona, łuszczyny i korzenie. Każdego roku do analiz pobierano próbki materiału roślinnego, które stanowiły średnie próbki obiektowe, natomiast wyniki przedstawione w pracy stanowią średnie z dwu lat badań. Próbki były analizowane pod kątem zawartości poszczególnych makroelementów przy zastosowaniu następujących metod: azot ogólny i fosfor – metoda spektrofotometryczna, potas – spektrometria emisyjna, wapń i magnez – ASA, siarka – rentgenowska fluorescencja spektroskopowa. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji przy zastosowaniu programu Statgraphics Plus 5.1.

## WYNIKI

Pierwsze objawy zróżnicowanego zaopatrzenia rzepaku w siarkę obserwowano w doświadczeniu wiosną, po podaniu pierwszej dawki N. Rośliny, które od początku wzrostu były żywione siarką, wydłużały pęd i rozwijały nowe liście, podczas gdy rzepak rosnący bez dodatku siarki miał zahamowany wzrost, a liście przybrały kolor jasnozielony. Aplikacja kolejnych dawek azotu spowodowała dalsze zmiany w wyglądzie rzepaku w obiekcie bez siarki, rośliny rzepaku miały krótkie łodygi oraz małe liście zabarwione antocyjanowo. W fazie pąkowania wykształciły niewielkie pąki kwiatowe. W tym czasie rośliny zaopatrzone w siarkę miały wysokie łodygi z zielonymi liśćmi oraz dobrze wykształconymi pąkami. W obiekcie z dolistną aplikacją siarczanu magnezu po 2 tygodniach od przeprowadzenia oprysków zaobserwowano pierwsze wyraźne zmiany w wyglądzie roślin rzepaku. Liście stały się zielone i bardziej elastyczne, a łodygi zaczęły się wydłużać. Następnie rośliny wytworzyły odgałęzienia boczne z licznymi pąkami kwiatowymi, które z pewnym opóźnieniem w stosunku do rzepaku nawozonego doglebowo siarką rozpoczęły kwitnienie i zawiązywanie łuszczyń. Dolistne dokarmienie rzepaku siarczanem magnezu okazało się więc korzystne dla wzrostu i rozwoju roślin, co w efekcie przełożyło się na wytworzenie 73% plonu nasion w porównaniu z roślinami doglebowo nawożonymi siarką. Rzekpak mający dostęp do siarki mineralnej od początku wegetacji wydał istotnie wyższy plon nasion oraz wytworzył większą masę łodyg, liści, łuszczyń i korzeni (rys. 1). Z kolei rośliny nienawożone siarką doglebowo i niedokarmiane



Rys. 1. Plon rzepaku w zależności od nawożenia siarką i odmiany  
Fig. 1. Yield of oilseed rape in dependence on S fertilization and variety

dolistnie wytworzyły niewielki plon masy wegetatywnej. W związku z opadaniem nielicznych łuszczyń w obiekcie tym nie uzyskano nasion. Obie odmiany rzepaku wykazywały podobny typ reakcji na zróżnicowane zaopatrzenie w siarkę. Jednakże odmiana

Górczański wytwarzała większą masę liści, łodyg i łuszczyn, a odmiana Marita miała większą masę korzeni oraz wyższy plon nasion z wazonu. Niezależnie od wymienionych różnic obie odmiany wyprodukowały zbliżony plon suchej masy roślin z wazonu.

Zróżnicowane żywienie rzepaku siarką wpływało zarówno na końcowy plon badanych odmian, jak i na skład chemiczny poszczególnych organów. Rośliny dokarmiane dolistnie siarczanem magnezu charakteryzowały się wyższą zawartością makroelementów w porównaniu z rzepakiem nawożonym doglebowo (tab. 1). Wyjątek stanowi koncentracja siarki w łodygach i nasionach. Jednak największe zawartości badanych składników stwierdzono w roślinach rosnących bez nawożenia siarką, które wyróżniały się bardzo dużą koncentracją makroelementów w liściach, łodygach i korzeniach. Zawartości te były kilkakrotnie większe w porównaniu ze stwierdzonymi w rzepaku nawożonym siarką doglebowo. Warto podkreślić, iż koncentracje wyższe od średnich stwierdzono również w roślinach dokarmianych dolistnie. Rzepak odmiany Górczański, w porównaniu z odmianą Marita, wykazywał większą koncentrację azotu, siarki, fosforu i wapnia w liściach, łodygach i korzeniach, podczas gdy koncentracja magnezu była podobna w obydwu odmianach (tab. 2).

Tabela 1. Koncentracja (%) i akumulacja ( $g \cdot wazon^{-1}$ ) składników pokarmowych w rzepaku ozimym

Table 1. Concentration (%) and accumulation (g per pot) of nutrients in oilseed rape

Nawożenie S S fertilization	Liście + łodygi Leaves + stems	Nasiona Seeds	Łuszczyny Siliques	Korzenie Roots	Łączne pobranie Total uptake
N					
Doglebowo – Soil	0,59a/0,328a*	2,80a/1,251b	0,42a/0,165a	0,67a/0,152b	1,896c
Bez S – Without S	4,01c/0,892c	-	-	3,03b/0,149b	1,041a
Dolistnie – Foliar	1,14b/0,431b	2,87a/0,937a	0,40a/0,126b	0,72a/0,084a	1,578b
S					
Doglebowo – Soil	0,55b/0,306c	1,24b/0,546b	0,35a/0,133a	0,29b/0,066c	1,051c
Bez S – Without S	0,13a/0,028a	-	-	0,18a/0,006a	0,034a
Dolistnie – foliar	0,60b/0,228b	0,81a/0,263a	0,43a/0,211b	0,32b/0,038b	0,740b
P					
Doglebowo – Soil	0,07a/0,037a	0,65a/0,290a	0,10a/0,038a	0,13a/0,030a	0,395b
Bez S – Without S	0,64b/0,141c	-	-	0,77b/0,038b	0,179a
Dolistnie – foliar	0,15a/0,057b	0,79a/0,257a	0,17b/0,053b	0,21a/0,024a	0,391b
K					
Doglebowo – Soil	1,23a/0,689b	0,78a/0,350a	2,46a/0,952a	0,61a/0,138b	2,129b
Bez S – Without S	2,39b/0,529a	-	-	1,09b/0,056a	0,585a
Dolistnie – foliar	2,04b/0,776b	0,93a/0,304a	3,06b/0,978a	1,10b/0,126b	2,184b
Ca					
Doglebowo – Soil	1,65a/0,924b	0,39a/0,175b	1,16a/0,449b	0,62a/0,140b	1,688c
Bez S – Without S	2,91b/0,646a	-	-	0,96b/0,051a	0,697a
Dolistnie – Foliar	1,81a/0,689a	0,41a/0,134a	1,14a/0,362a	0,66a/0,077a	1,262b
Mg					
Doglebowo – Soil	0,08a/0,044a	0,26a/0,117a	0,03a/0,012a	0,11a/0,024b	0,197b
Bez S – Without S	0,66c/0,146b	-	-	0,25b/0,013a	0,159a
Dolistnie – Foliar	0,33b/0,124b	0,35a/0,113a	0,08b/0,024b	0,10a/0,012a	0,273c

\* zawartość/akumulacja – concentration/accumulation

Tabela 2. Koncentracja (%) i akumulacja ( $\text{g} \cdot \text{wazon}^{-1}$ ) składników pokarmowych w rzepaku ozimymTable 2. Concentration (%) and accumulation ( $\text{g per pot}$ ) of nutrients in oilseed rape

Składnik pokarmowy Nutrient	Odmiana Variety	Liście + łodygi Leaves + stems	Nasiona Seeds	Łuszczyzny Siliques	Korzenie Roots	Łączne pobranie Total uptake
N	Górczański	2,02a/0,589b	2,84a/1,069a	0,41a/0,153b	1,64b/0,112a	1,923a
	Marita	1,80a/0,511a	2,83a/1,120a	0,41a/0,137a	1,30a/0,144b	1,912a
S	Górczański	0,46a/0,206b	1,32b/0,520b	0,30a/0,109a	0,25a/0,027a	0,862b
	Marita	0,39a/0,168a	0,73a/0,290a	0,48b/0,161b	0,28a/0,046b	0,665a
P	Górczański	0,31a/0,087b	0,69a/0,255a	0,12a/0,041a	0,42b/0,027a	0,410a
	Marita	0,26a/0,069a	0,74a/0,292b	0,15a/0,050a	0,32a/0,033b	0,444a
K	Górczański	1,89a/0,695a	0,87a/0,322a	2,86a/1,045b	0,99b/0,095a	2,157b
	Marita	1,88a/0,634a	0,84a/0,332a	2,68a/0,885a	0,87a/0,118b	1,969a
Ca	Górczański	2,17a/0,792a	0,39a/0,146a	1,19a/0,445b	0,69a/0,072a	1,455b
	Marita	2,07a/0,714a	0,41a/0,164b	1,10a/0,367a	0,79b/0,106b	1,351a
Mg	Górczański	0,35a/0,109a	0,31a/0,113a	0,06a/0,020a	0,15a/0,014a	0,256a
	Marita	0,35a/0,100a	0,30a/0,117a	0,05a/0,016a	0,15a/0,019a	0,252a

\* zawartość/akumulacja – concentration/accumulation

Większe pobranie makroelementów stwierdzono w roślinach nawożonych doglebowo S, a mniejsze – w rzepaku dokarmianym dolistnie siarczanem magnezu. Rośliny rosnące w warunkach braku pożywki siarkowej wykazywały bardzo dużą akumulację większości składników pokarmowych w liściach, łodygach i korzeniach, jednak nie wykształciły nasion, które są głównym miejscem gromadzenia N, S, P i Mg. Rośliny tradycyjnej odmiany Górczański charakteryzowały się większą akumulacją siarki, fosforu i potasu w porównaniu z rzepakiem podwójnie ulepszonym odmiany Marita.

#### DYSKUSJA

Przedstawione w pracy wyniki badań wykazują, że deficyt siarki prowadzi do negatywnych zmian w metabolizmie roślin, co ostatecznie powoduje obniżenie jakości i ilości uzyskiwanych plonów. Wskazują one także, że w przypadku niedoboru siarki staje się ona czynnikiem limitującym produkcję, gdyż nie są wówczas wykorzystane inne składniki pokarmowe. Widocznym objawem niedoboru siarki w roślinie są jasnozielone zabarwienia młodych liści, które wynikają ze znacznego zmniejszenia zawartości chlorofilu na jednostkę powierzchni liścia [Baszyński i in. 1972, Dietz 1989, Landry i in. 1991]. Zdaniem Dietza [1989] liście roślin rosnących w warunkach deficytu siarki zawierają mniejszą pulę białka i kwasów nukleinowych, w wyniku czego ich wzrost zostaje zahamowany. Badania Lencioniego i in. [1997] wykazały zmniejszenie aktywności fotosyntetycznej roślin rzepaku, poddanych stresowi niedoboru S. Autorzy ci wykazali także 25% spadek chlorofilu a i b przy wzroście zawartości karotenu oraz 70% redukcję zawartości glukozyolanów, wolnych aminokwasów i innych związków zawierających siarkę. O ponad 70% zmniejszyła się również aktywność enzymu ATP sulfurylasy. Zdaniem tych badaczy długotrwały stres deficytu siarki powoduje u rzepaku powolne zmiany

przez obniżenie natężenia fotosyntezy i konsekwentne przystosowanie metabolizmu dla utrzymania syntezy białka i glutationu. Przedstawione zmiany wewnętrzne uwidaczniają się przez tzw. zmiany makroskopowe obserwowane w pokroju rzepaku, a szczególnie w zahamowanym przyroście masy liści, łodyg i łuszczyn [Schnug i Haneklaus 1994]. Według McGrath i Zhao [1996] powodem produkcji zmienionych kwiatów i aborcji łuszczyn są zaburzenia metabolizmu azotowego wywołane niedoborem siarki w roślinach, w tym głównie przez duże ilości  $\text{NO}_3$  akumulowane w liściach oraz znaczne obniżenie aktywności reduktazy azotanowej. Mniej widocznymi efektami niedoboru siarki jest hamowanie rozwoju systemu korzeniowego, co jest zgodne z wcześniejszymi doniesieniami Podleśnej [2002] oraz wysoka koncentracja składników pokarmowych w liściach, łodygach i korzeniach. Nadmierna zawartość N, P, K, Ca i Mg wskazuje, że te składniki zostały pobrane ze środowiska, ale nie mogły być przetransportowane ani rozłokowane w roślinach, ponieważ brak siarki prowadzi do zahamowania wzrostu i rozwoju ich organów. Występuje więc zjawisko przeciwne do „rozcieńczenia” – składniki ulegają „zagęszczeniu” w zmniejszonej masie rośliny. W takim przypadku dolistna aplikacja siarczanu magnezu spowodowała przywrócenie właściwego metabolizmu w roślinach i odblokowanie ich rozwoju.

Dietz [1989] wykazał, że dostarczenie głodującym roślinom pożywki siarkowej powoduje wzrost ich aktywności poprzez syntezę chloroplastów, białka i kwasów nukleinowych. Ponadto w warunkach niedoboru siarki często obserwuje się akumulację argininy, która w około 50% może być użyta do produkcji białka po zasileniu roślin siarczanami [Landry i in. 1991]. Zmiany te mają odbicie we wzroście kinetyki RuBP i fotosyntezy. W efekcie następuje także znaczne obniżenie koncentracji N, P, K, Ca i Mg, a wzrost zawartości S w liściach, łodygach i korzeniach rzepaku. Wprawdzie wartości tych koncentracji są jeszcze często większe niż spotykane w roślinach doglebowo nawożonych siarką [Podleśna 2004], ale są zbliżone do podawanych dla odmian bezerukowych [Szukalski 1984].

Zmiana koncentracji makroelementów w organach rzepaku po dolistnym zastosowaniu siarczanu magnezu spowodowała w większości przypadków zwiększenie ich akumulacji do wartości stwierdzonych w roślinach nawożonych siarką doglebowo. Stwierdzono również, że wielkość akumulacji makroelementów w nasionach w stosunku do całkowitej puli zgromadzonych składników nie różniła się znacznie pomiędzy obiektami nawożonymi siarką doglebowo oraz z zastosowaniem oprysku dolistnego i wynosiła: 66, 70 oraz 15% odpowiednio dla N, P i K. Z kolei akumulacja S i Mg w nasionach roślin dokarmianych dolistnie siarczanem magnezu była istotnie niższa niż w nasionach roślin żywionych doglebowo, chociaż badania Landry i in. [1991] z zastosowaniem siarki znaczonej  $^{35}\text{S}$  dowodzą, iż aplikacja siarki na rośliny z deficytem tego składnika zwiększa efektywność i trwanie procesu pobierania S. Jest także sygnałem do uruchomienia zmian w metabolizmie związków S i N obecnych w liściach, dzięki którym zmniejszają się skutki stresu wywołane deficytem.

Uruchomienie właściwych szlaków metabolicznych w roślinach, którym dostarczono siarkę, zauważa się wizualnie jako zmianę zabarwienia liści, przywrócenie ich elastyczności, uruchomienie wzrostu łodygi, a zwłaszcza pędów bocznych oraz normalny proces pąkowania, kwitnienia i zawiązywania łuszczyn z nasionami. Panak i Szafranek [1967] stwierdzili bowiem, że siarka ( $^{35}\text{S}$ ) podana dolistnie przemieszcza się w roślinie mniej więcej równomiernie do liści, łodyg i korzeni, podczas gdy w roślinach żywionych

doglebowo najwięcej tego składnika gromadzi się w liściach, a najmniej w łodygach. W efekcie drastycznych zmian wywołanych głodem siarkowym, a następnie dostarczeniem siarki w formie dolistnej aplikacji siarczanu magnezu możliwe było uzyskanie ponad 70% plonu nasion w porównaniu z plonem roślin nawożonych doglebowo. W pracy nie oszacowano wpływu dawki magnezu wprowadzonej wraz z siarką w oprysku dolistnym, aczkolwiek, podobnie jak w badaniach Schnuga i in. [1998], zastosowana siarka była w wysokim stopniu wykorzystana w produkcji plonu. O korzystnym oddziaływaniu siarczanu magnezu na plon nasion rzepaku w doświadczeniu polowym donoszą także Barłóg i Potarzycki [2000].

Przedstawione objawy deficytu i reakcja roślin na dokarmianie dolistne były takie same u obu badanych odmian. Różnice wynikały głównie z cech genotypowych, bowiem odmiany stare oraz odmiany niskoerukowe charakteryzują się dużą zawartością siarki w nasionach, co wynika z typowej dla tych odmian dużej koncentracji glukozyolanów – wtórnych metabolitów zawierających siarkę [Szukalski 1984]. Koncentracja siarki w nasionach tych odmian jest większa niż zawartość K i P, a znacznie większa niż Ca i Mg, co potwierdzają również badania autorki. Natomiast nowsze, podwójnie ulepszone (OO) odmiany rzepaku wyróżniają się mniejszą zawartością siarki.

#### WNIOSKI

1. W warunkach doświadczenia wazonowego nawożenie siarką mineralną okazało się konieczne do prawidłowego rozwoju rzepaku ozimego i jego plonowania.
2. Rośliny rzepaku pozbawione siarki zahamowały wzrost i rozwój oraz nie wykształciły nasion. Zawierały też, z wyjątkiem siarki, nadmierne koncentracje badanych makroelementów w organach wegetatywnych i korzeniach.
3. Siarka zastosowana w oprysku dolistnym została zaabsorbowana przez deficytowe w ten składnik rośliny rzepaku, co zmieniło ich metabolizm, prowadząc do uruchomienia wzrostu i rozwoju, w wyniku czego rośliny zakwitły i wydały nasiona. W roślinach tych stwierdzono również wzrost zawartości S oraz zmniejszenie koncentracji N, P, K, Ca i Mg w liściach, łodygach i korzeniach.
4. Zróżnicowane genetycznie odmiany rzepaku podobnie reagowały na zastosowane w doświadczeniu nawożenie siarką, chociaż odmiana Górczański wykazała większą całkowitą akumulację tego składnika i większe jego gromadzenie w nasionach.

#### PIŚMIENNICTWO

- Barłóg P., Potarzycki J., 2000. Plonotwórcza i ekonomiczna efektywność magnezu zastosowanego dolistnie w uprawie rzepaku ozimego. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy, pod red. W. Grzebisza, Wyd. AR w Poznaniu, 152–156.
- Baszynski T., Brand J., Barr R., Krogmann W., Crane F.L., 1972. Some biochemical characteristics of chloroplasts from mineral-deficient maize. *Plant Physiol.*, 50, 410–411.
- Dietz K.J., 1989. Recovery of spinach leaves from sulfate and phosphate deficiency. *J. Plant Physiol.*, 134, 551–557.

- Landry J., Legris-Delaporte S., Ferron F., 1991. Foliar application of elemental sulphur on metabolism of sulphur and nitrogen compounds in leaves of sulphur-deficient wheat. *Phytochemistry*, 30 (3), 729–732.
- Lencioni L., Ranieri A., Fergola S., Soldatini G.F., 1997. Photosynthesis and metabolic changes in leaves of rapeseed grown under long-term sulfate deprivation. *J. Plant Nutr.*, 20 (2–3), 405–415.
- McGrath S.P., Zhao F.J., 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.*, 126, 53–62.
- Panak H., Szafrank R.C., 1967. Przemieszczanie siarki znaczonej izotopem  $^{35}\text{S}$  przy dolistnym i dokerzeniowym jej zastosowaniu. *Acta Agrobot.*, 20, 143–152.
- Podleśna A., 2002. Reakcja rzepaku ozimego na zróżnicowane nawożenie siarką. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 481, 335–339.
- Podleśna A., 2004. Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. *Rośl. Oleiste*, 25, 627–636.
- Schnug E., Haneklaus S., 1994. Sulphur deficiency in *Brassica napus*. *Landbauforschung Volkenrode*, 144, 1–31.
- Schnug E., Paulsen H.M., Untiedt H., Haneklaus S., 1998. Fate and physiology of foliar applied sulphur compounds in *Brassica napus*. *Proc. Symp. „Foliar Fertilization: A technique to improve production and decrease pollution”*. 10–14 December 1995, Cairo, Egipt., Publ. NRC, Cairo, 91–100.
- Szukalski H., 1984. Bilans składników i potrzeby nawozowe jakościowo ulepszonych odmian rzepaku. *Nowe Rol.*, 10, 2–7.

**Summary.** Considering sulfur shortages in Polish soils, there is a necessity of supplying this nutrient by foliar fertilization of plants. In the paper results of a two years' pot experiment are presented where two ways of oilseed rape fertilization with sulfur were used: to soil and foliar fertilization during the budding stage with  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  against the background of control object without S in the nutrient solution. It was found that plants deprived S inhibited the growth and development and did not produce any seeds as well as containing excessive concentration of most of nutrients. Sulfur used as foliar application was absorbed by oilseed rape leaves and as a consequence plant metabolism was changed, which led to growth and plant development processes and a decrease of excessive concentration of nutrients. As a result, plants originating from this object produced siliques filled with seeds and gave a 70% yield in comparison to plants fertilized with sulfur to soil.

**Key words:** oilseed rape, varieties, fertilization with sulfur, yield, content of nutrients