

**Anna Krauze, Teresa Bowszys**

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

## **Wpływ terminu nawożenia siarką rzepaku jarego Star na plon nasion oraz zawartość siarki i tłuszczu**

### **Effect of time of sulphur fertilization of spring oilseed rape cv. Star on seed yield, sulphur content and crude oil**

**Słowa kluczowe:** rzepak jary, nawożenie S, plon nasion, zawartość tłuszczu w nasionach, zawartość siarki w liściach i nasionach

**Key words:** spring oilseed rape, S fertilization, seed yield, seed crude oil content, leaf and seed sulphur content

Trzyletnie doświadczenie polowe z odmianą rzepaku jarego Star przeprowadzono na glebie płowej, klasy IIIa. Jako źródła siarki użyto siarczanu amonu. Nawóz ten stosowano w trzech terminach: przed siewem, pogłównie i dolistnie. Dawka siarki wynosiła 12 kg/ha. Istotne, pozytywne różnice stwierdzono w plonach nasion oraz zawartości siarki w liściach, łodygach i słomie między obiektem kontrolnym a obiektami nawożonymi siarką, niezależnie od terminu i sposobu jej stosowania. Nawożenie siarką poprawiało również wartość odżywczą oleju, zwiększając w nim istotnie udział NNKT ( $C_{18:2}$  i  $C_{18:3}$ ). Uzyskane wyniki potwierdzają celowość nawożenia siarką rzepaku jarego.

A three-year field experiment with spring oilseed rape cv. Star was conducted on a soil lessives, class IIIa. Sulphur was applied as  $(NH_4)_2SO_4$  at three dates: preplant, top dressing and as foliar application. A dose of sulphur amounted to 12 kg/ha. There were stated significant favourable differences in the seed yield and content of S in the leaves, stems and straw between the control object and sulphur treatments, independently of the time and way of application. The sulphur fertilization improved the nutritive value of oilseed rape increasing significantly PUFA ( $C_{18:2}$  and  $C_{18:3}$ ) in it. The results obtained indicate the usefulness of sulphur fertilization of spring oilseed rape.

## **Wstęp**

W Polsce nasiona rzepaku są najważniejszym źródłem surowca do produkcji wysokogatunkowych olejów i innych tłuszczów roślinnych, a śruta rzepakowa stanowi cenny dodatek w żywieniu zwierząt, jako pasza zawierająca białko o wysokiej wartości (Krzymański 1993, Rakowska 1987).

Rzepak ma szczególnie duże potrzeby pokarmowe w stosunku do siarki, wynoszące od 30 do 60 kg S/ha (Saalbach, Aigner 1987). Podstawowym źródłem

siarki dla roślin jest gleba w której występuje ona głównie w połączeniach organicznych (Eriksen 1997). Siarka jest przede wszystkim pobierana z gleby w formie mineralnej jako anion  $\text{SO}_4^{2-}$ , a także przez liście z atmosfery w postaci  $\text{SO}_2$  (Koter, Panak 1966).

W rejonach o ograniczonej emisji przemysłowej oraz na glebach o niskiej zawartości frakcji koloidalnej i substancji organicznej występuje deficyt siarki przyswajalnej. Przeprowadzone ostatnio w Polsce badania wykazały, że około 57% gleb zawiera siarkę na poziomie naturalnym, co wskazuje na ich niską zasobność w ten składnik (Motowicka-Terelak, Terelak 1998).

Celem pracy było sprawdzenie wpływu nawożenia siarką rzepaku jarego uprawianego na glebie płowej w warunkach północno-wschodniej Polski na plon nasion oraz zawartość w nich tłuszczu i siarki.

## Material i metody

---

W latach 1997–1999 w ZPD Bałcyny k. Ostródy przeprowadzono doświadczenie polowe z odmianą rzepaku jarego Star na glebie płowej, średnio zasobnej w składniki przyswajalne i próchnicę. Zawartość siarki S- $\text{SO}_4^{2-}$  mieściła się w klasie niskiej i średniej zasobności (tab. 1). W okresie wegetacji rzepaku rozkład opadów i temperatur, z wyjątkiem 1998 r., był zbliżony do wielolecia. W sumie warunki glebowe i pogodowe były sprzyjające dla wzrostu i rozwoju rzepaku. Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek wynosiła 12 m<sup>2</sup>. Schemat doświadczenia obejmował 4 obiekty:

- 1 — NPK — kontrola,
- 2 — NPK + S przed siewem,
- 3 — NPK + S pogłównie,
- 4 — NPK + S dolistnie.

Dawkę siarki na obiektach 2, 3 i 4 w ilości 12 kg/ha stosowano w postaci siarczanu amonu. Nawożenie podstawowe (NPK) na wszystkich obiektach wynosiło 90 kg N/ha, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha w superfosfacie potrójnym i 100 kg K<sub>2</sub>O/ha w soli potasowej 56%. Nawożenie azotem dzielono na trzy dawki: 40 kg N/ha przed siewem, 20 kg N/ha pogłównie w fazie tworzenia rozety liści i 30 kg N/ha dolistnie w fazie pąkowania rzepaku. Na obiekcie NPK pierwszą i drugą dawkę azotu stosowano w saetrze amonowej, a trzecią dawkę w moczniku dolistnie. Natomiast na obiektach nawożonych siarką część azotu wnoszonego w postaci siarczanu amonu (10 kg N/ha) uzupełniano przed siewem i pogłównie w saetrze amonowej, a dolistnie w połączeniu z 15% roztworem mocznika.

Tabela 1

Niektóre właściwości chemiczne i fizyczne gleb przed założeniem doświadczenia  
*Some chemical and physical properties of soil before experiment*

Rok Year	Próchnica Humus [%]	Grupa granu- lometryczna Soil texture*	pH w 1 M KCl pH in 1 M KCl	Składniki przyswajalne [mg/100 g gleby] Available nutrients [mg/100 g soil]			
				P	K	Mg	S-SO <sub>4</sub>
1997	1,47	glp	6,5	6,10	19,09	6,19	1,60
1998	1,52	gśp	6,0	5,21	19,50	10,73	0,80
1999	1,60	gśp	6,0	7,02	14,15	6,65	1,90

\* glp — glina lekka pylasta — *silty light loam*; gśp — glina średnia pylasta — *silty mean loam*

Zawartość siarki w materiale roślinnym oznaczono metodą turbidymetryczną, po uprzednim zmineralizowaniu w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego z dodatkiem azotanu magnezu. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach oznaczono metodą Soxhleta, a kwasy tłuszczowe, po przygotowaniu prób według Zadernowskiego i in. (1989), na chromatografie gazowym.

Skład chemiczny gleb określono według metod stosowanych w stacjach chemiczno-rolniczych.

## Wyniki i dyskusja

Nawożenie mineralne NPK z dodatkiem siarki pozwalało na osiągnięcie wysokich plonów nasion rzepaku jarego odmiany Star (tab. 2), na poziomie zbliżonym do uzyskiwanego w doświadczeniach COBORU— średnio 2,8–3,0 t/ha (Heimann i in. 1999). Zastosowanie dawki siarki w ilości 12 kg/ha w siarczanie amonu przyczyniło się do istotnego zwiększenia plonów nasion i słomy (tab. 2), w porównaniu z obiektem kontrolnym, niezależnie od sposobu i terminu nawożenia. Zaznaczyła się równocześnie tendencja do bardziej efektywnego działania przedsięwziętego nawożenia siarką.

Analizy zawartości siarki w liściach rzepaku pobranych na początku kwitnienia wykazały, że w okresie wegetacji na obiektach nawożonych siarczanem amonu zapotrzebowanie roślin na siarkę było w wysokim stopniu pokryte (tab. 3). Zwraca uwagę fakt, że zasobność gleby w siarkę (tab. 1) miała również pewne znaczenie. Świadczy o tym wyższy plon nasion oraz wyższa zawartość siarki w liściach z obiektu kontrolnego w 1999 r. w porównaniu do 1997 r., a zwłaszcza 1998 r., w którym zawartość siarki w glebie jak i liściach była niedostateczna. Obserwacje te są zgodne z uzyskanymi przez innych autorów (Mc Grath, Zhao 1995; Schnug, Haneklaus 1994, 1998).

Tabela 2

Plony nasion i słomy rzepaku jarego w zależności od nawożenia siarką  
*Yields of spring oilseed rape in relation to sulphur fertilization*

Plon — Yield [t/ha]	Rok Year	Obiekty nawozowe — Fertilizer treatment				NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
		NPK	N*PK	N**PK	N***PK	
Nasiona Seeds	1997	2,57	3,08	2,72	2,86	0,24
	1998	2,18	2,44	2,33	2,42	0,20
	1999	3,00	3,37	3,33	3,15	0,12
	średnia — mean	2,58	2,96	2,79	2,81	0,23
Słoma Straw	1997	2,29	3,05	2,94	2,97	0,50
	1998	1,94	2,19	2,09	2,17	0,20
	1999	4,33	4,67	4,04	4,11	0,10
	średnia — mean	3,22	3,30	3,02	3,08	0,11

12 kg S/ha w (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> \* przedsiewnie — *preplant application*  
 \*\* pogłównie — *top dressing*  
 \*\*\* dolistnie — *foliar application*

Tabela 3

Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość siarki w organach rzepaku jarego (% s.m.)  
*Influence of mineral fertilization on sulphur content in the spring oilseed rape organs (% d.m.)*

Wyszczególnienie Specification	Rok Year	Obiekty nawozowe — Fertilizer treatment				NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
		NPK	N*PK	N**PK	N***PK	
Liście Leaves	1997	0,42	0,67	0,68	0,81	0,09
	1998	0,38	0,63	0,57	0,64	0,12
	1999	0,67	0,74	0,82	0,73	0,06
	średnia — mean	0,49	0,68	0,69	0,73	0,08
Nasiona Seeds	1997	0,30	0,37	0,36	0,35	0,05
	1998	0,40	0,38	0,43	0,43	0,04
	1999	0,30	0,33	0,34	0,34	0,03
	średnia — mean	0,33	0,36	0,38	0,37	0,03
Słoma Straw	1997	0,32	0,39	0,33	0,37	0,04
	1998	0,35	0,39	0,39	0,45	0,04
	1999	0,33	0,38	0,34	0,38	0,05
	średnia — mean	0,33	0,39	0,35	0,40	0,05

\* — Objaśnienia jak w tabeli 2 — *Explanation as in table 2*

Nie stwierdzono wpływu nawożenia siarką na zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku. Najwięcej tłuszczu na wszystkich obiektach zawierały nasiona w 1999 r., w którym zasobność gleby w siarkę była najwyższa i przeważnie najmniej w 1998 r. (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość tłuszczu i udział w nim kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku jarego (% s.m.) — *The effect of mineral fertilization on the crude oil content and fatty acids in the spring oilseeds rape (% d.m.)*

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Rok <i>Year</i>	Obiekty nawozowe — <i>Fertilizer treatment</i>				NIR <sub>0,05</sub> <i>LSD<sub>0,05</sub></i>
		NPK	N*PK	N**PK	N***PK	
Tłuszcz <i>Crude oil</i>	1997	42,92	41,13	42,39	40,43	0,85
	1998	41,47	39,21	40,47	41,10	0,64
	1999	45,72	45,19	45,36	45,96	0,40
	średnia — <i>mean</i>	43,37	41,84	42,74	42,50	0,81
Kwas oleinowy <i>Oleic acid</i> C <sub>18:1</sub>	1997	59,46	58,86	58,71	58,37	1,15
	1998	57,26	57,25	56,81	57,96	0,99
	1999	59,40	59,24	57,87	59,19	1,08
	średnia — <i>mean</i>	58,71	58,45	57,80	58,51	0,76
Kwas linolowy <i>Linoleic acid</i> C <sub>18:2</sub>	1997	21,15	21,23	22,08	21,61	0,28
	1998	22,63	23,33	22,74	22,83	0,20
	1999	22,59	22,44	22,57	22,64	0,15
	średnia — <i>mean</i>	22,12	22,33	22,46	22,36	0,24
Kwas linolenowy <i>Linolenic acid</i> C <sub>18:3</sub>	1997	9,47	10,05	9,86	9,81	0,25
	1998	9,69	9,80	9,70	9,57	0,19
	1999	9,53	10,02	9,89	9,97	0,20
	średnia — <i>mean</i>	9,56	9,96	9,82	9,78	0,11

\* — Objaśnienia jak w tabeli 2 — *Explanation as in table 2*

Wartość odżywcza tłuszczu zależy przede wszystkim od udziału w nim NNKT — nienasyconych kwasów tłuszczowych (Rakowska 1997). Nawożenie siarką, zwłaszcza przedsiewnie, powodowało istotne zwiększenie udziału w tłuszczu głównie kwasu linolenowego (C<sub>18:3</sub>) natomiast w przypadku kwasu linolowego (C<sub>18:2</sub>) nawożenie siarką pogłównie lub dolistnie.

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych badaniach są zgodne z rezultatami innych autorów (Schnug, Haneklaus 1994, 1998; Mc Grath, Zhoo 1995). Potwierdzają one również celowość stosowania siarki w nawożeniu rzepaku jarego w rejonach o ograniczonym wpływie emisji przemysłowych i na glebach o niskiej zawartości siarki przyswajalnej.

## Wnioski

Trzyletnie badania z odmianą rzepaku jarego Star wykazały, że:

1. Nawożenie siarką przedsiewnie, jak i w okresie wegetacji rzepaku, poprawia zaopatrzenie roślin w ten pierwiastek oraz zwiększa istotnie jego zawartość w nasionach.

2. Nawożenie dawką 12 kg S/ha w siarczanie amonu przed siewem rzepaku lub dolistnie w fazie pąkowania rzepaku wpływa istotnie na wzrost plonu nasion.
3. Wprowadzenie siarki do nawożenia rzepaku jarego poprawia wartość odżywczą tłuszczu zwiększając w nim istotnie udział NNKT ( $C_{18:2}$  i  $C_{18:3}$ ).

## Conclusions

---

Three years studies on spring oilseed rape cv. Star revealed that:

1. Sulphur application before sowing or during crop growth improved plant supply in this nutrient and increased S content in seeds.
2. Rate of 12 kg S/ha in ammonia sulphate before sowing or applied as foliar nutrition at blooming phase of rape significantly affected seed yield increase.
3. Introducing sulphur nutrition into fertilization regime of spring rape improved nutritional value of oil by significant increasing unsaturated ( $C_{18:2}$  and  $C_{18:3}$ ) acids contents.

## Literatura

---

- Eriksen J., Murphy M.D., Schnug E. 1998. The soil sulphur cycle. Sulphur in Agroecosystems, Kluwer Academic Publishers Printed in the Netherlands: 39-73.
- Haneklaus S., Schnug E. 1994. Aspects of sulphur nutrition for European crops. *Agro Food Ind. Hi-tech.* 2 (5): 20.
- Heimann S., Lewandowski A. 1999. Rzepak ozimy. Rzepak jary. Synteza wyników doświadczeń odmianowych 1999. COBORU Słupia Wielka, Zeszyt 1159.
- Koter M., Panak H. 1966. Badania nad pobieraniem dwutlenku siarki z atmosfery i opadów przez rośliny uprawne przy zastosowaniu izotopu  $^{35}$  S. *Rocz. Nauk Rol.* 90 (4): 499-509.
- Krzymański J. 1993. Możliwości pełniejszego wykorzystania rzepaku potrójnie ulepszanego. *Postępy Nauk Roln.* 6 (246): 161-166.
- Mc Grath S.P., Zhao F.J. 1995. Assessing the risk of sulphur deficiency in oilseed rape. 9th Int. Rapeseed Congress, Cambridge UK 4-7 July 1995, v 1: 226-228.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H. 1998. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie. PIOŚ, Warszawa.
- Rakowska M. 1987. Współczesne poglądy na pożądaną skład kwasów tłuszczowych dla całodziennych racji pokarmowych człowieka zapobiegających nasilaniu się chorób naczyniowych. *Z.P. IHAR:* 149-156.
- Saalbach E., Aigner U.H. 1987. Über den Schwefelbedarf von 00 Winterrapsorten. *Landwirt. Forsch.* 40, 1: 1-5.
- Schnug E., Haneklaus S. 1994. Sulphur deficiency in *Brassica napus*. *Landbauforschung Völkenrode. Sonderheft 144:* 1-28.
- Schnug E., Haneklaus S. 1998. Diagnosis of sulphur nutrition. Sulphur in Agroecosystems, Kluwer Academic Publishers Printed in the Netherlands: 1-38.
- Zadernowski R., Nowak H., Lossow B., Pietrzykowska-Korniak G. 1989. Szybka metoda przygotowania prób nasion oleistych do oznaczania kwasów tłuszczowych metodą GLC. *Tłuszcze Jadalne* 27 (4): 31-36.