

**REAKCJA ŁUBINU WĄSKOLISTNEGO
(LUPINUS ANGUSTIFOLIUS L.) NA NAWOŻENIE SIARKĄ
Cz. II .
ZAWARTOŚĆ I PLON TŁUSZCZU W NASIONACH**

BOŻENA BARCZAK, KRYSZTIAN NOWAK, WOJCIECH KOZERA, TOMASZ KNAPOWSKI, MARIA RALCEWICZ

Zakład Chemii Rolnej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

barczak@utp.edu.pl

Synopsis. Podstawę badań stanowiło trzyletnie trzyczynnikowe doświadczenie polowe prowadzone w płodozmianie z łubinem wąskolistnym odmiany Elf na glebie lekkiej (kompleks żytni dobry, klasa bonitacyjna IIIb). W doświadczeniu uwzględniono dolistny i doglebowy sposób aplikacji siarki oraz jej formę elementarną (Siarkol Extra 80 WP) i jonową (Na_2SO_4). Badany składnik zastosowano w dawkach: 0, 20, 40, 60 $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$. Średnia zawartość tłuszczu oraz jego plonu w nasionach łubinu wąskolistnego uprawianego w latach 2005–2007, wynosiła odpowiednio: 67,4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i 171,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W latach 2006 i 2007 czynnikiem istotnie różnicującym badane wielkości, była forma siarki. Aplikacja siarczanu (VI) sodu pozwoliła osiągnąć wyższą zawartość tłuszczu oraz jego plonu niż zastosowanie Siarkolu Extra 80 WP. Jak wykazuje synteza wyników dla trzech lat badań, zastosowanie siarki, bez względu na dawkę, spowodowało w porównaniu z obiektem kontrolnym wyraźny przyrost zawartości badanego składnika i jego plonu w nasionach łubinu.

Słowa kluczowe – *key words*: łubin wąskolistny – *narrow-leaf lupin*, tłuszcz – *fat*, plon tłuszczu – *yield of fat*, nawożenie siarką – *sulphur fertilization*

WSTĘP

W charakterystyce znaczenia gospodarczego nasion roślin strączkowych podkreśla się wysoką zawartość białka, determinującą wartość odżywczą pasz treściwych i produktów spożywczych. Znacznie mniej uwagi poświęca się zawartości tłuszczu w nasionach tych gatunków, który jest składnikiem o niebagatelnym znaczeniu dietetycznym oraz wpływa na trwałość produktów. Nasiona roślin strączkowych są źródłem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie kwasu linolowego i linolenowego, dzięki czemu są one zalecane w diecie przeciwmiażdżycowej [Harper i Jakobson 2002]. Ich obecność decyduje o wysokiej wartości żywieniowej i paszowej tłuszczu nasion strączkowych [Gładyszewska 2012]. Jego zawartość w nasionach tych gatunków waha się od 0,7% (wyka) do 22% (soja). Wśród roślin uprawianych w Polsce stosunkowo wysoka zawartość tłuszczu cechuje nasiona łubinów (4,0–9,0%) [Grochowicz i in. 2003], które zalicza się do grupy roślin o średnim zapotrzebowaniu na siarkę (30–40 $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$) [Walker i Dawson 2002]. Z nielicznych badań przeprowadzonych nad oddziaływaniem nawozów siarkowych na zawartość tłuszczu w nasionach łubinu wynika, że konsekwencją zastosowanego nawożenia jest poprawa jego jakości poprzez zwiększenie ilości kwasów oleinowego i linolowego oraz obniżenie zawartości kwasu erukowego [Cazzato i in. 2012].

W ostatnich latach jednym z ważniejszych problemów rolnictwa stał się niedobór w glebach przyswajalnych form siarki, wynikający przede wszystkim z ograniczenia emisji związków tego składnika do atmosfery [Lefohn i in. 1999, Stern 2005, Szulc 2008, Wielebski i Wójtowicz 2000]. Deficyt siarki pogłębia się również w wyniku stosowania wysokoskoncentrowanych, pozbawionych balastu, nawozów mineralnych, a także zmniejszającego się zużycia nawozów naturalnych. Ponadto, pewne znaczenie w tym kontekście ma wynoszenie z gleby znacznych ilości siarki przez wysokopienne nowe odmiany roślin. W Europie depozycja siarki obniżyła się z poziomu przekraczającego w latach 70. XX wieku $100 \text{ kg S} \cdot \text{rok}^{-1}$ do $5\text{--}20 \text{ kg S} \cdot \text{rok}^{-1}$ w 1995 roku [Riley i in. 2000]. W wielu krajach Europy stwierdzono objawy niedoboru tego składnika nie tylko u roślin z rodzin: *Brassicaceae* (kapustowate) i *Liliaceae* (liliowate), o wysokich wymaganiach pokarmowych w stosunku do siarki, ale i u gatunków o mniejszych potrzebach względem tego pierwiastka [Walker i Dawson 2003, Zhao i in. 2003]. Konsekwencją tego stanu jest obniżenie wielkości plonu roślin i jego jakości.

Z uwagi na postępujący w polskich glebach niedobór siarki, podjęto badania, których celem było określenie wpływu zróżnicowanych form, sposobów aplikacji i dawek tego składnika na kształtowanie zawartości i plonu tłuszczu w nasionach łubinu wąskolistnego.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę badań stanowiło trzyletnie (2005–2007), trzyczynnikowe doświadczenie polowe prowadzone w płodozmianie z łubinem wąskolistnym odmiany Elf (*Lupinus angustifolius* L.) na glebie lekkiej (kompleks przydatności rolniczej – żytni dobry, klasa bonitacyjna IIIb) w Terenowej Stacji Badawczej w Wierzchucinku ($53^{\circ}26' \text{N}$, $17^{\circ}79' \text{E}$), należącej do Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. W doświadczeniu uwzględniono dolistny i doglebowy sposób aplikacji siarki (czynnik A) oraz jej formę elementarną (Siarkol Extra 80 WP) i jonową (Na_2SO_4) (czynnik B). Badany składnik zastosowano w dawkach: 0, 20, 40, $60 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ (czynnik C).

Tłuszcz w nasionach łubinu oznaczono metodą Soxletha, a jego plon obliczono jako iloczyn plonu nasion łubinu i zawartości w nim tłuszczu.

Szczegółowe informacje dotyczące doświadczenia polowego, będącego podstawą przeprowadzonych badań, zamieszczono w pierwszej części pracy [Barczak i in. 2013].

WYNIKI I DYSKUSJA

W roku 2005, różniącym się od pozostałych lat badań znacznie niższą w stosunku do wieloletnia temperaturą okresu od maja do lipca włącznie, stwierdzono wyraźne obniżenie zawartości tłuszczu w nasionach (średnio – $54,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) (tab. 1). Najwyższą zawartość omawianego składnika cechowała nasiona łubinu uprawianego w 2007 roku (średnio – $77,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), w którym odnotowano największy w całym okresie badań deficyt wody. W fazie wykształcania i dojrzewania nasion ilość opadów w tym roku była znacznie niższa od średniej wieloletniej dla tego obszaru – w czerwcu 2007 r. współczynnik Selianinowa osiągnął średnią wartość 0,43, a w lipcu – 0,35 [Barczak i in. 2013]. Wyniki te pozostają w pewnej opozycji do badań Wielebskiego i Wójtowicza [1994] nad rzepakiem ozimym oraz Paszkiewicz-Jasińskiej [2005] nad gorczyczą białą, które wskazują na niekorzystny wpływ suszy na gromadzenie się tłuszczu w nasionach. Z kolei Szyrmer [1974], badając wpływ warunków pogodowych na kształtowanie zawartości tłuszczu w nasionach gorczyczy, krokosza i słonecznika, nie wykazał wyraźnego związku pomiędzy warunkami wilgotnościowymi a koncentracją oleju u tych gatunków. Można sądzić, że

Tabela 1. Zawartość tłuszczu w nasionach łubinu ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
 Table 1. Content of fat in seeds narrow-leaved lupin ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Dawka siarki Dose of sulphur $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (C)	Sposób aplikacji siarki – Method of sulphur application (A)						Forma siarki Form of sulphur (B)		Średnio Mean
	Dolistne nawożenie Foliar fertilization			Doglebowe nawożenie Soil fertilization			Siarkol	Na_2SO_4	
	Siarkol	Na_2SO_4	Średnio Mean	Siarkol	Na_2SO_4	Średnio Mean			
2005									
0	45,8	43,3	44,5	56,2	54,5	55,4	51,0	48,9	49,9
20	49,9	55,1	52,5	56,7	58,7	57,7	53,3	56,9	55,1
40	59,9	52,9	56,4	52,9	53,7	53,3	56,4	53,3	54,9
60	59,8	54,0	56,9	56,9	53,8	55,3	58,3	53,9	56,1
Średnio Mean	53,8	51,3	52,6	55,7	55,2	55,4	54,8	53,3	54,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,6; AxC – 0,8									
2006									
0	65,4	65,0	65,2	64,8	76,0	70,4	65,1	70,5	67,8
20	66,4	69,8	68,1	72,5	75,7	74,1	69,4	72,8	71,1
40	69,6	79,3	74,5	72,7	67,4	70,1	71,2	73,4	72,3
60	70,7	75,3	73,0	67,0	78,7	72,9	68,8	77,0	72,9
Średnio Mean	68,0	72,4	70,2	69,3	74,5	71,9	68,6	73,4	71,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : B – 0,4									
2007									
0	77,5	72,7	75,1	73,1	82,6	77,9	75,3	77,7	76,5
20	79,2	82,7	81,0	75,2	74,8	75,0	77,2	78,7	78,0
40	74,3	87,8	81,1	75,0	75,6	75,3	74,6	81,7	78,2
60	72,8	84,0	78,4	76,3	73,3	74,8	74,6	78,6	76,6
Średnio Mean	76,0	81,8	78,9	74,9	76,6	75,7	75,4	79,2	77,3
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : B – 0,3									
2005–2007									
0	62,9	60,3	61,6	64,7	71,0	67,9	63,8	65,7	64,7
20	65,2	69,2	67,2	68,1	69,7	68,9	66,7	69,5	68,1
40	67,9	73,3	70,6	66,9	65,6	66,2	67,4	69,5	68,4
60	67,8	71,1	69,4	66,7	68,6	67,7	67,3	69,9	68,6
Średnio Mean	65,9	68,5	67,2	66,6	68,7	67,7	66,3	68,6	67,4
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,1; AxC – 0,6									

układ warunków klimatycznych ma duży wpływ na intensywność procesu mineralizacji siarki organicznej oraz na nasilenie strat siarczanów (VI) na drodze wyłukiwania z gleby, a tym samym na ilość dostępnej siarki dla roślin.

W przeciwieństwie do badań Krauze i Bowszys [2000] nad rzepakiem jarym, sposób aplikacji siarki nie różnicował istotnie zawartości (tab. 1) i plonu tłuszczu (tab. 2) w nasionach łubinu.

Tabela 2. Plon tłuszczu w nasionach łubinu wąskolistnego ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
 Table 2. Yield of fat in seeds narrow-leaved lupin ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Dawka siarki Dose of sulphur $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (C)	Sposób aplikacji siarki – Method of sulphur application (A)						Forma siarki Form of sulphur (B)		Średnio Mean
	Dolistne nawożenie Foliar fertilization			Doglebowe nawożenie Soil fertilization			Siarkol	Na_2SO_4	
	Siarkol	Na_2SO_4	Średnio Mean	Siarkol	Na_2SO_4	Średnio Mean			
2005									
0	133	126	129	162	161	162	148	143	145
20	140	162	151	184	200	192	162	180	171
40	194	179	187	164	172	171	179	179	179
60	173	166	170	185	187	186	180	176	178
Średnio Mean	160	158	159	174	181	178	167	170	168
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 7									
2006									
0	171	166	169	172	198	185	172	182	177
20	197	207	202	212	217	214	205	212	208
40	237	268	253	225	198	212	231	232	232
60	240	252	246	209	227	219	224	240	233
Średnio Mean	211	222	216	204	211	204	208	216	212
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : B – 6; C – 12									
2007									
0	123	108	116	115	125	120	119	117	118
20	134	136	135	138	141	140	136	139	137
40	127	164	145	129	144	137	128	154	141
60	125	154	140	134	140	137	130	147	138
Średnio Mean	128	140	133	129	138	133	128	139	134
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : B – 11									
2005–2007									
0	142	133	138	150	162	156	146	147	147
20	157	168	163	178	186	182	168	177	172
40	186	204	195	173	172	178	180	188	184
60	179	191	185	176	185	180	178	175	183
Średnio Mean	166	174	170	169	176	172	168	175	171
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : B – 7; C – 16; AxC – 22									

Forma badanego składnika natomiast istotnie kształtowała te wielkości w latach 2006 i 2007, kiedy siarka elementarna (Siarkol Extra 80 WP) istotnie korzystniej działała niż postać jonowa (siarczan (VI) sodu); odpowiednie różnice dla zawartości tłuszczu wynosiły: 7,0 i 5,0%, a dla jego plonu – 3,8 i 8,7%. Siarka w formie pierwiastkowej jest nierozpuszczalna w wodzie, co może stanowić jej zaletę z uwagi na zmniejszenie ryzyka strat składnika w wyniku wymywania.

Z drugiej strony istnieje konieczność jej biologicznego utleniania z udziałem bakterii z rodzaju *Thiobacillus* do formy siarczanowej(VI), dostępnej dla roślin, co sprawia, że siarka w postaci pierwiastkowej działa wolniej niż w formie jonowej. Proces jej transformacji mikrobiologicznej zależy od wielu czynników, m.in. od aktywności populacji mikroorganizmów w glebie, stopnia rozdrobnienia siarki oraz warunków wilgotnościowo-termicznych [Kulczycki 2007]. Doświadczenie polowe, będące podstawą badań własnych, było prowadzone w warunkach na ogół niskich opadów, co może tłumaczyć niższą efektywność formy elementarnej siarki niż postaci jonowej.

Wprawdzie tylko w 2005 roku statystycznie potwierdzono wpływ zastosowanych dawek siarki na zawartość i plon tłuszczu w nasionach łubinu, jednak jak wykazuje synteza wyników dla trzech lat badań, po jej zastosowaniu, bez względu na dawkę, obserwowano wyraźny przyrost zawartości badanego składnika i jego plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym. Odpowiednie różnice dla dawek 20, 40 i 60 S·ha⁻¹ dla zawartości tłuszczu wynosiły średnio: 5,3%, 5,7% i 6,0%, a dla jego plonu: 17,4, 25,2 i 24,5%. Na pozytywny wpływ nawożenia siarką na kumulację tłuszczu w nasionach gatunków z rodziny *Brassicaceae* wskazują wazonowe badania Wielebskiego i Muśnickiego [1998] nad rzepakiem ozimym i jarym oraz Kaczora i Kozłowskiej [2002] nad rzepakiem jarym i gorczycą białą. Wielebski i Muśnicki [1998] wykazali przyrost zawartości tłuszczu tylko do dawki efektywnej plonotwórczo, natomiast w badaniach Kaczora i Kozłowskiej [2002] zależność ta występowała dla obydwu gatunków w całym zakresie badanych dawek, bez względu na stopień zwapnowania gleby. Zastosowanie siarki kształtowało też profil kwasów tłuszczowych, poprawiając jego wartość odżywczą oleju, poprzez istotne zwiększenie w nim udziału NNKT (C_{18:2} i C_{18:3}). Znane są jednak badania [Wielebski i Muśnicki 1998], które nie wykazały istotnych różnic w zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego pod wpływem nawożenia siarką.

W przeprowadzonych badaniach czynnikiem, który przede wszystkim kształtował zawartość i plon tłuszczu w nasionach łubinu był układ warunków termiczno-wilgotnościowych. Nawożenie siarką jednak silnie modyfikowało wpływ warunków pogodowych, potwierdzając celowość stosowania tego składnika w nawożeniu roślin strączkowych w na glebach o niskiej zawartości jego form przyswajalnych.

WNIOSKI

1. Zawartość tłuszczu i jego plon w nasionach łubinu wąskolistnego uprawianego na glebie o niskiej zasobności w przyswajalne formy siarki jest cechą modyfikowaną przez nawożenie tym składnikiem oraz układ warunków klimatycznych.
2. Aplikacja siarczanu (VI) sodu pozwoliła na ogół osiągnąć wyższą zawartość tłuszczu oraz jego plonu w nasionach łubinu niż zastosowanie formy elementarnej siarki w postaci Siarkolu Extra 80 WP.
3. Każda z badanych dawek siarki powodowała istotny przyrost zawartości tłuszczu i jego plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym.

PIŚMIENICTWO

Barczak B., Nowak K., Knapowski T., Ralcewicz M., Kozera W. 2013. Reakcja łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) na nawożenie siarką. Cz. I. Plon oraz wybrane elementy jego struktury. *Fragm. Agron.* 30(2): 23–34.

- Cazzato E., Laudadio V., Stellacci A. M., Ceci E.E., Tufarelli V. 2012. Influence of sulphur application on protein quality fatty acid composition on nitrogen fixation of white lupin (*Lupinus albus* L.). *Eur. Food Res. Technol.*: 1-7.
- Gładyszewska B. 2012. Zmiana zawartości białka surowego i tłuszczu w okrywie nasiennej bobu podczas kiełkowania. *Acta Sci. Pol., Tech. Agraria* 11(1-2): 43-49.
- Grochowicz J., Andrejko D., Mazur J. 2003. Określenie podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych nasion polskich odmian łubinów. *Acta Agrophys.* 2(3): 539-548.
- Harper Ch. R., Jacobson T. A. 2002. Tłuszcze życia. Rola kwasów tłuszczowych omega-3 w zapobieganiu chorobie niedokrwiennej serca. *JAMA-PL* 4: 149-156.
- Kaczor A., Kozłowska J. 2002. Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na ogólną zawartość tłuszczu i skład kwasów tłuszczowych w nasionach roślin krzyżowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482: 245-250.
- Krauze A., Bowszyc T. 2001. Wpływ terminu nawożenia siarką rzepaku jarego Star na plon nasion oraz zawartość siarki i tłuszczu. *Rośl. Oleiste* 22: 285-290.
- Kulczycki G. 2007. Wpływ siarki siarczanowej i elementarnej na plon i skład chemiczny roślin oraz właściwości chemiczne gleby. *Fragm. Agron.* 24(1): 140-148.
- Lefohn A., Husar J., Husar R. 1999. Estimating historical antropogenic global sulfur emission patterns for the period 1850-1990. *Atmosph. Envir.* 33: 3435-3444.
- Paszkiwicz-Jasińska A. 2005. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój gorczycy białej, plon i jego jakość. Cz. II. Wpływ nawożenia azotem i gęstości wysiewu na skład chemiczny nasion gorczycy białej (*Synapis alba* L.). *Rośl. Oleiste* 26: 467-479.
- Riley N. G., Zhao F. J., McGrath S. P. 2000. Availability of different forms of sulphur fertilisers to wheat and oilseed rape. *Plant Soil* 222: 139-147.
- Stern D. 2005. Global sulfur emissions from 1850 to 2000. *Chemosphere* 58: 163-175.
- Szule W. 2008. Potrzeby nawożenia roślin siarką oraz metody ich wyznaczania. *Wyd. SGGW Warszawa, Rozpr. Nauk.* 332: ss. 97.
- Szyrmer J. 1974 Wpływ warunków wegetacji roślin i nawożenia NPK na plon nasion oraz zawartość i jakość tłuszczu u gorczycy białej, krokosza i słonecznika. *Hod. Rośl. Aklim. Nas.* 18(5): 389-405.
- Walker K., Dawson Ch. 2002. Sulphur fertiliser recommendations in Europe. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 3: 72-83.
- Wielebski F., Muśnicki Cz. 1998. Zmiany ilościowe i jakościowe u dwóch odmian rzepaku ozimego pod wpływem wzrastających dawek siarki w warunkach kontrolowanego niedoboru siarki. *Rocz. AR Poznań* 303, *Rol.* 51: 129-147.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 1994. Wpływ okresowych niedoborów wody przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym na plon i zawartość glukozydów w nasionach rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste* 15: 27-34.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2000. Problemy nawożenia rzepaku siarką w Polsce i na świecie. *Rośl. Oleiste.* 21: 449-464.
- Zhao F. J., Mc Grath S. P., Blake-Kalff M. M., Link A., Tucker M. 2003. Crop responses to sulphur fertilisation in Europe. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 3: 26-35.

B. BARCZAK, K. NOWAK, W. KOZERA, T. KNAPOWSKI, M. RALCEWICZ

**REACTION OF NARROW-LEAFED LUPIN (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)
TO SULPHUR FERTILISATION
PART II. CONTENT AND YIELD OF FAT IN SEEDS**

Summary

Due to a growing deficit of this nutrient in Polish soils, research has been launched to determine the effect of varied forms, application methods and doses of sulphur on the content and yield of fat in Elf cul-

tivar narrow-leaved lupin. The research was based on a three-year three-factor field experiment carried out in crop rotation with narrow-leaved lupin in light soil (good rye complex, soil valuation class IIIb). The experiment involved foliar and soil application of sulphur and its elemental (Siarkol Extra 80 WP) and ionic forms (Na_2SO_4). The nutrient was supplied at the following doses: 0, 20, 40, 60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. The average fat content and its yield in the seeds of narrow-leaved lupin grown over 2005–2007 was 67.4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and 171.3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectively. Over 2006 and 2007 the factor which significantly differentiated the parameters was the sulphur form. The application of sodium sulphate (VI) facilitated producing a higher fat content and its yield than the application of Siarkol Extra. Even though the year 2005 was the only one which recorded a significant effect of the sulphur doses applied on the amount of fat in lupin seeds, however, as reported by the synthesis of the results for three research years after its application, irrespective of the dose, there was observed a clear increase in the content of that nutrient and its yield, as compared with the control.