

**REAKCJA ŁUBINU WĄSKOLISTNEGO
(*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.) NA NAWOŻENIE SIARKĄ
Cz. I.
PLON ORAZ WYBRANE ELEMENTY JEGO STRUKTURY**

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

Zakład Chemii Rolnej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

barczak@utp.edu.pl

Synopsis. W latach 2005–2007 przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe z łubinem wąskolistnym (*Lupinus angustifolius* L.) odmiany Elf. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, na glebie płowej typowej, o niskiej zasobności w siarkę. Zastosowanie siarki na ogół dodatnio wpływało na wielkość plonu nasion i słomy łubinu wąskolistnego oraz wartość elementów jego struktury. Spośród badanych czynników (sposób aplikacji, forma i dawka siarki), największe znaczenie w kształtowaniu plonu łubinu miała dawka badanego składnika. Zastosowanie $40 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu z obiektem kontrolnym powodowało średnio największy przyrost plonu nasion i słomy oraz najkorzystniej wpływało na liczbę nasion w strąku łubinu. Największy przyrost pozostałych badanych elementów struktury plonu uzyskano pod wpływem $20 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$. Plon nasion łubinu wąskolistnego w największym stopniu skorelowany był z masą tysiąca nasion, w dalszej kolejności z liczbą zawiązanych strąków na roślinie, zaś w najmniejszym stopniu z liczbą nasion w strąku.

Słowa kluczowe – *key words*: łubin wąskolistny – *narrow-leaf lupin*, siarka – *sulphur*, plon – *yield*, elementy plonowania – *yield components*

WSTĘP

W Polsce rocznie dla zaspokojenia potrzeb pokarmowych zwierząt i ludzi potrzeba około 1 mln ton białka. Zapotrzebowanie to pokrywa import 1,7 mln ton śruty sojowej, co odpowiada 0,8 mln ton białka [Prusiński 2007]. Sposobem na ograniczenie importu modyfikowanej genetycznie soi byłyby intensyfikacja uprawy rodzimych gatunków i odmian roślin z rodziny *Fabaceae*, wśród których szczególne znaczenie mają łubiny: żółty, biały i wąskolistny [Święcicki i in. 2007]. Zainteresowanie łubinem wynika z jego wielostronnych zalet, takich jak: niewielkie wymagania glebowe i klimatyczne, wysoka zawartość białka oraz pozostawienie doskonałego stanowiska dzięki symbiozie z bakteriami *Rhizobium*, które wiążą azot atmosferyczny [Podleśny 2005a]. Duży udział w Polsce gleb lekkich oraz korzystne oddziaływanie łubinów na ich właściwości, uzasadniają potrzebę zwiększenia udziału tego gatunku w strukturze zasiewów oraz w bazie surowcowej przemysłu paszowego i spożywczego. Jednym z najważniejszych zagadnień w badaniach nad łubinami jest udoskonalenie agrotechniki w kierunku zwiększenia ich plonowania. Plon nasion roślin strączkowych jest na ogół dobrze skorelowany z elementami jego struktury, takimi jak: liczba strąków na pędzie, liczba nasion w strąku oraz masa tysiąca nasion. Komponenty te kształtowane są przez cechy odmianowe gatunku, warunki hydrotermiczne oraz stosowane zabiegi agrotechniczne [Podleśny 2005b]. Wobec postępującego w ostatnich latach

niedoboru siarki w glebach Europy [Mc Grath i in. 2003], w tym Polski [Grzebisz i Przygocka-Cyna 2003, Szulc 2008], przeprowadzono badania z łubinem wąskolistnym, uwzględniające w nawożeniu roślin ten pierwiastek. W fizjologii roślin strączkowych siarka spełnia podwójną rolę: jest niezbędna – jako składnik metioniny, cystyny i cysteiny – do biosyntezy białek, a także do biologicznej redukcji azotu cząsteczkowego [Scherer i in. 2008]. Badania nad nawożeniem siarką gatunków z rodziny *Fabaceae* są nieliczne, mimo, że gatunki te klasyfikuje się do grupy roślin o stosunkowo dużym zapotrzebowaniu na ten składnik [Jakubus 2006].

Celem badań była ocena wpływu nawożenia siarką na wielkość plonu nasion łubinu wąskolistnego oraz na elementy jego struktury, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu aplikacji, formy oraz dawki badanego składnika.

MATERIAŁ I METODY

Podstawą badań było ściśle doświadczenie polowe z łubinem wąskolistnym (*Lupinus angustifolius* L.) odmiany Elf, przeprowadzone w latach 2005–2007 w Terenowej Stacji Badawczej w Wierzychucinku (53°26' N, 17°79' E), należącej do Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Stacja usytuowana jest około 25 km w kierunku północno-zachodnim od Bydgoszczy, w zlewni rzeki Brdy, na południowo-wschodniej krawędzi Pojezierza Krajeńskiego, na terenie Wysoczyzny Krajeńskiej. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach, metodą losowanych podbloków w układzie zależnym (split-plot), na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny właściwej, o składzie piasku gliniastego mocnego (18% części spławianych), należącej do kategorii agronomicznej – gleba lekka, kompleks żytni dobry, klasa bonitacyjna III b (*Albic Luvisols*). Gleba charakteryzowała się kwaśnym odczynem i średnią zasobnością w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu. Zawartość formy siarczanowej(VI) S-SO₄²⁻, wynosząca średnio 9,4 mg·kg⁻¹, kwalifikowała ją do gleb o niskiej zasobności tego składnika.

W badaniach uwzględniono łubin odmiany Elf, której cechy predestynują do uprawy na nasiona paszowe na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego. Charakteryzuje się niewielką wysokością (średnio – 58 cm) i dużą (8,7 w skali dziesięciostopniowej) podatnością na wyleganie. Odmiana ta wykazuje bardzo małą skłonność do pęknięcia strąków i osypywania nasion, cechuje ją niska masa tysiąca nasion (MTN – 129 g), niewielka zawartość alkaloidów (0,040% s.m.) i średnia podatność na fuzariozę (7,6 w skali dziesięciostopniowej) [Lista odmian..., 2001].

W doświadczeniu polowym uwzględniono następujące czynniki:

A – sposób aplikacji siarki (przedsiewnie doglebowo, dolistnie),

B – formę składnika (siarka elementarna w postaci Siarkolu Extra, jonowa w postaci siarczanu (VI) sodu),

C – dawkę (w kg S·ha⁻¹): 0, 20, 40, 60.

Dla dawki 20 kg S·ha⁻¹ opryski roślin roztworami zawierającymi siarkę wykonano jednorazowo w fazie niezupełnie zwartych międzyrzędzi (BBCH: 30–33), dla dawki 40 kg S·ha⁻¹ – w dwóch terminach: w fazie niezupełnie zwartych międzyrzędzi oraz na początku kwitnienia (BBCH: 30–33 i 50–53), dla dawki 60 kg S·ha⁻¹ – trzykrotnie: w fazie niezupełnie zwartych międzyrzędzi, na początku kwitnienia oraz podczas pełni kwitnienia (BBCH: 30–33, 50–53, 65–67).

Zastosowano przedsiewnie jednolite nawożenie fosforem (32 kg P·ha⁻¹ w formie 40% superfosfatu potrójnego) i potasem (63 kg K·ha⁻¹ jako 60% sól potasową). Występujące szkodniki oraz chwasty zwalczano metodami chemicznymi zgodnymi z zaleceniami Instytutu Ochrony Roślin

w Poznaniu. Przeciw chwastom we wszystkich latach badań stosowano Afalon 50 WP, dodatkowo w 2007 r. zastosowano Fusilade Forte 150 EC w celu zniszczenia perzu właściwego.

W każdym z lat badań łubin wąskolistny uprawiano po jęczmieniu jarym. Powierzchnia jednego poletka wynosiła 18 m², do zbioru – 15 m². Bezpośrednio po zbiorze roślin przy wilgotności nasion łubinu wynoszącej 14%, określono wielkość ich plonu, a także słomy. Oznaczono również także elementy jego struktury, takie jak: liczba strąków na roślinie, liczba nasion w strąku, masa tysiąca nasion.

W celu przedstawienia pełniejszej charakterystyki warunków meteorologicznych panujących w okresie badań dla okresów wzrostu i rozwoju roślin testowych obliczono wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa (tab. 1): $K = P/0,1\Sigma t$, gdzie: P – miesięczna suma opadów atmosferycznych (mm), t – miesięczna suma dobowych temperatur powietrza >0° C.

Tabela 1. Wartości współczynnika Sielianinowa w latach prowadzenia badań
Table 1. Sielianinow's coefficient values throughout the research period

Lata – Years	Miesiące – Months				
	IV	V	VI	VII	VIII
2005	1,43	1,56	0,90	1,05	2,50
2006	1,57	2,18	0,68	0,56	0,85
2007	3,62	1,55	0,43	0,35	2,51

Największe wahania temperatury i opadów wystąpiły w sezonie wegetacyjnym 2007 roku, w którym odnotowano jednocześnie najwyższe w całym okresie badań, deficyty wody. W czerwcu tego roku współczynnik Sielianinowa osiągnął średnią wartość 0,43, a w lipcu – 0,35. Jednocześnie w kwietniu 2007 roku omawiany wskaźnik osiągnął najwyższą średnią wartość ($K = 3,62$), co wskazywało na wystąpienie skrajnie wilgotnych warunków. Bardziej stabilny pod względem warunków termiczno-opadowych był rok 2005, który wyróżniał się na tle pozostałych lat badań stosunkowo wysokimi opadami w czerwcu i lipcu.

Wielkość plonów nasion i słomy z poszczególnych lat poddano analizie wariancji dla doświadczeń trzyczynnikowych w układzie losowanych podbloków w modelu mieszanym. Przeprowadzono też syntezę dla doświadczeń wielokrotnych. Do oceny istotności różnic średnich obiektowych zastosowano test rozstępu Tukeya na poziomie istotności $p=0,05$. W celu określenia zależności i związków między badanymi cechami obliczono wartości współczynników korelacji liniowej oraz przeprowadzono analizę regresji, obliczając równania regresji prostoliniowej lub wielomianowej drugiego stopnia.

WYNIKI I DYSKUSJA

Synteza trzyletnich wyników badań wykazała, że we wszystkich sezonach wegetacyjnych zaobserwowano pozytywny wpływ nawożenia siarką na wielkość plonu nasion i słomy łubinu wąskolistnego (tab. 2 i 3). Stwierdzono, że zastosowanie tego składnika powodowało, w porównaniu z obiektami kontrolnymi, podwyższenie plonu nasion i słomy, które były znacznie zróżnicowane w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. Najwyższy plon nasion uzyskano w roku

Tabela 2. Plon nasion łubinu wąskolistnego (t·ha⁻¹)Table 2. Seed yield of narrow-leaved lupin (t·ha⁻¹)

Dawka siarki Dose of sulphur kg·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 ₂ SO ₄	
	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean			
2005									
0	2,91	2,90	2,90	2,89	2,95	2,92	2,90	2,92	2,91
20	2,81	2,94	2,87	3,25	3,41	3,33	3,03	3,17	3,10
40	3,24	3,39	3,32	3,10	3,21	3,21	3,17	3,35	3,26
60	2,90	3,08	2,99	3,25	3,47	3,37	3,09	3,27	3,18
Średnio Mean	2,97	3,07	3,02	3,13	3,28	3,21	3,05	3,18	3,11
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,31									
2006									
0	2,62	2,56	2,59	2,65	2,61	2,63	2,64	2,58	2,61
20	2,97	2,96	2,96	2,92	2,86	2,89	2,95	2,91	2,93
40	3,41	3,38	3,39	3,10	2,94	3,02	3,25	3,16	3,21
60	3,39	3,34	3,37	3,12	2,89	3,01	3,26	3,12	3,19
Średnio Mean	3,10	3,06	3,08	2,95	2,83	2,83	3,03	2,94	2,99
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,19; Ax C – 0,31; Cx A – 0,27									
2007									
0	1,58	1,49	1,54	1,57	1,51	1,54	1,58	1,50	1,54
20	1,69	1,64	1,67	1,83	1,88	1,86	1,76	1,76	1,76
40	1,71	1,87	1,79	1,72	1,91	1,82	1,72	1,89	1,80
60	1,72	1,83	1,78	1,75	1,91	1,83	1,74	1,87	1,80
Średnio Mean	1,68	1,71	1,69	1,72	1,80	1,76	1,70	1,76	1,73
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : B – 0,05; C – 0,13; Bx C – 0,16; Cx B – 0,18									
2005–2007									
0	2,37	2,32	2,34	2,37	2,36	2,36	2,37	2,34	2,35
20	2,49	2,51	2,50	2,67	2,72	2,69	2,58	2,61	2,60
40	2,79	2,88	2,83	2,64	2,64	2,68	2,71	2,80	2,76
60	2,67	2,75	2,71	2,71	2,76	2,74	2,69	2,75	2,72
Średnio Mean	2,58	2,61	2,60	2,60	2,64	2,62	2,59	2,63	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,130; Ax C – 0,25; Cx A – 0,19									

Tabela 3. Plon słomy łubinu wąskolistnego (t·ha⁻¹)
 Table 3. Straw yield of narrow-leaved lupin (t·ha⁻¹)

Dawka siarki Dose of sulphur kg·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 ₂ SO ₄	
	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean			
2005									
0	3,74	3,35	3,55	3,40	3,35	3,38	3,57	3,35	3,46
20	4,74	4,36	4,55	3,70	3,56	3,63	4,22	3,96	4,09
40	5,08	4,74	4,91	3,80	3,59	3,70	4,44	4,17	4,30
60	4,76	4,76	4,76	3,89	3,63	3,76	4,33	4,19	4,26
Średnio Mean	4,58	4,31	4,44	3,70	3,53	3,62	4,14	3,92	4,03
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 0,79; C – 0,44; AxC – 0,93; CxA – 0,62									
2006									
0	3,30	3,28	3,29	3,32	3,18	3,25	3,31	3,23	3,27
20	3,46	3,74	3,60	3,30	3,06	3,18	3,38	3,40	3,39
40	3,62	3,58	3,60	3,26	3,12	3,19	3,44	3,35	3,40
60	3,68	3,41	3,55	3,52	3,00	3,09	3,44	3,20	3,32
Średnio Mean	3,52	3,50	3,51	3,35	3,09	3,18	3,40	3,30	3,35
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 0,06									
2007									
0	2,81	2,83	2,82	2,80	2,86	2,83	2,81	2,85	2,83
20	3,50	3,21	3,36	3,02	2,87	2,95	3,26	3,04	3,15
40	3,37	3,30	3,33	3,06	3,13	3,10	3,21	3,22	3,21
60	3,62	3,24	3,43	3,31	3,28	3,30	3,47	3,26	3,36
Średnio Mean	3,32	3,15	3,24	3,05	3,04	3,04	3,19	3,09	3,14
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 0,02; C – 0,32									
2005–2007									
0	3,28	3,15	3,21	3,17	3,13	3,15	3,23	3,14	3,19
20	3,90	3,77	3,84	3,34	3,16	3,25	3,62	3,47	3,54
40	4,02	3,87	3,95	3,37	3,28	3,33	3,70	3,58	3,64
60	4,02	3,80	3,91	3,57	3,30	3,44	3,80	3,55	3,68
Średnio Mean	3,81	3,65	3,73	3,37	3,22	3,30	3,59	3,44	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 0,26; B – 0,10; – 0,24; AxC – 0,29; CxA – 0,28									

2005 (średnio $3,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), w którym panowały najkorzystniejsze warunki hydrotermiczne dla uprawy roślin strączkowych. Różnica średniego plonu uzyskanego w roku 2007, skrajnie pod tym względem różniącego się w stosunku do roku 2005, w którym osiągnięto plon najwyższy, wynosiła 44,4% (wartość współczynnika zmienności – 25,6%). Dla plonu słomy analogiczna różnica wynosiła 22,1%. Niska wierność plonowania łubinu świadczyła o niewielkiej genetycznej stabilności odmiany Elf. W żadnym z sezonów wegetacyjnych nie stwierdzono istotnego wpływu pierwszego i drugiego czynnika na wielkość plonu nasion, z wyjątkiem roku 2007, kiedy wykazano istotnie korzystniejszy wpływ formy jonowej siarki niż jej formy elementarnej. Forma jonowa siarki uznawana jest za łatwiej przyswajalną dla roślin niż pierwiastkowa, która przy udziale bakterii z rodzaju *Thiobacillus* musi ulec przekształceniu w glebie do formy siarczanowej (VI) [Jakubus 2006]. W przypadku słomy wykazano w każdym z lat badań istotnie korzystniejszy wpływ dolistnego stosowania siarki w porównaniu z aplikacją doglebową. Spośród badanych czynników, największy wpływ we wszystkich latach badań na wielkość plonu nasion, a także słomy (z wyjątkiem roku 2006), wywierała dawka siarki. Na ogół nie stwierdzano istotnego zróżnicowania między obiektami nawożonymi siarką, natomiast statystycznie potwierdzone różnice wystąpiły pomiędzy tymi obiektami a kontrolnymi. Wyjątek stanowił rok 2005, w którym jedynie dawka $40 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodowała istotny przyrost plonu nasion. Dawka ta, biorąc pod uwagę syntezę dla trzech lat, powodowała największy przyrost plonu nasion łubinu, wynoszący średnio $0,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (17,4%) w porównaniu z obiektem nienawożonym. Łubiny wykazują wysokie zapotrzebowanie na siarkę, a produkcyjne efekty nawożenia tym składnikiem zależą przede wszystkim od zawartości tego pierwiastka w glebie. Zdaniem wielu autorów [Jakubus 2006, Riley i in. 2000, Szulc 2008], tylko w warunkach deficytu siarki w glebie udaje się osiągnąć wysoką efektywność plonotwórczą tego pierwiastka. Należy podkreślić, że gleby województwa kujawsko-pomorskiego, w którym prowadzono badania, w ponad 70% wykazują niską zawartość form przyswajalnych tego składnika ($<15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a zasobność gleby w doświadczeniu polowym wynosiła $9,4 \text{ mg S}\cdot\text{SO}_4^{2-}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Liczne badania potwierdzają korzystny wpływ siarki na plonowanie roślin z rodziny *Fabaceae*, m. in. grochu [Scherer i in. 2008, Zhao i in. 1999], wyki siewnej [Pacyna 2006], a także łubinu [Barczak 2010]. Cytowani autorzy wskazują na dodatni wpływ nawożenia tym składnikiem na wiązanie azotu atmosferycznego przez brodawki korzeniowe tych roślin oraz lepsze wykorzystanie azotu mineralnego, a co za tym idzie – większą produkcję białka i biomasy roślin.

W badaniach własnych oceniono wpływ nawożenia siarką na kształtowanie elementów struktury plonu łubinu wąskolistnego, takich jak: liczba strąków na roślinie (tab. 4), liczba nasion w strąku (tab. 5) oraz masa tysiąca nasion (tab. 6). Chociaż wyniki analizy wariancji nie potwierdziły istotnego wpływu sposobu aplikacji i formy siarki na kształtowanie poszczególnych elementów struktury plonu łubinu wąskolistnego, to można jednak zauważyć pewne prawidłowości. Dolistna aplikacja siarki, bardziej niż doglebowa, sprzyjała zawiązywaniu większej liczby strąków (średnia różnica 2,5%) oraz nasion w strąku (średnio o 0,7%). Z kolei masa tysiąca nasion po zastosowaniu dolistnym siarki była o 1,8% niższa niż w wyniku aplikacji doglebowej. Siarka w formie jonowej, bardziej niż jej postać pierwiastkowa, sprzyjała tworzeniu się większej liczby strąków na pędzie (średnia różnica – 1,2%). Dla liczby nasion w strąku i masy tysiąca nasion zależność była odwrotna, a odpowiednie różnice wynosiły 1,9 i 1,8%. Siarka w formie jonowej uważana jest za łatwiej przyswajalną dla roślin, postać siarczanowa (VI) jest jednak bardziej podatna na procesy wymywania, w szczególności na glebach lekkich [Jakubus 2006]. Doświadczenie prowadzone było na glebie płowej o charakterze piasku gliniastego mocnego, dlatego mniej korzystne mogło okazać się stopniowe uwalnianie jonów siarczanowych (VI) w procesie biologicznego utleniania formy elementarnej. Wykazano, podobnie

Tabela 4. Liczba strąków na roślinie łubinu wąskolistnego
 Table 4. Number of pods per plant of narrow-leaved lupin

Dawka siarki Dose of sulphur kg·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 ₂ SO ₄	
	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean			
2005									
0	9,8	9,7	9,8	9,3	9,1	9,20	9,6	9,4	9,5
20	10,5	10,9	10,7	9,1	9,9	9,46	9,8	10,4	10,1
40	10,5	9,3	9,9	9,2	8,9	9,02	9,8	9,1	9,5
60	9,4	9,9	9,7	9,3	8,6	8,94	9,3	9,3	9,3
Średnio Mean	10,1	10,0	10,0	9,2	9,1	9,2	9,6	9,5	9,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : różnice nieistotne – non significant difference									
2006									
0	9,4	9,3	9,4	9,4	9,7	9,5	9,4	9,5	9,5
20	9,0	9,5	9,3	9,5	9,5	9,5	9,2	9,5	9,4
40	9,1	10,0	9,5	10,3	10,3	10,3	9,7	10,1	9,9
60	9,3	9,9	9,6	9,7	9,9	9,8	9,5	9,9	9,7
Średnio Mean	9,2	9,7	9,4	9,7	9,9	9,8	9,5	9,8	9,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : różnice nieistotne – non significant difference									
2007									
0	8,8	8,7	8,7	8,2	8,7	8,4	8,5	8,7	8,6
20	8,7	9,1	8,9	9,2	7,9	8,5	8,9	8,5	8,7
40	8,2	8,8	8,5	8,7	8,6	8,6	8,4	8,7	8,6
60	8,1	9,3	8,7	8,6	8,3	8,5	8,4	8,8	8,6
Średnio Mean	8,4	9,0	8,7	8,7	8,4	8,5	8,6	8,7	8,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : różnice nieistotne – non significant difference									
2005–2007									
0	9,4	9,3	9,3	9,0	9,2	9,1	9,2	9,2	9,2
20	9,4	9,8	9,6	9,2	9,1	9,2	9,3	9,5	9,4
40	9,3	9,3	9,3	9,4	9,2	9,3	9,3	9,3	9,3
60	8,9	9,7	9,3	9,2	9,0	9,1	9,1	9,3	9,2
Średnio Mean	9,2	9,5	9,4	9,2	9,1	9,2	9,2	9,3	-
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : AxB – 0,7; BxA – 0,2									

Tabela 5. Liczba nasion w strąku łubinu wąskolistnego
 Table 5. Number of seeds per pod of narrow-leaved lupin

Dawka siarki Dose of sulphur kg·ha ⁻¹ (C)	Sposób aplikacji siarki – Method of sulphur application (A)						Forma siarki Form of sulphur (B)		Średnio Mean
	Dolistne nawożenie Foliar fertiliser			Doglebowe nawożenie Soil fertiliser			Siarkol	Na ₂ SO ₄	
	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean			
2005									
0	4,4	4,3	4,4	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3
20	4,8	4,3	4,5	4,3	4,3	4,3	4,6	4,3	4,4
40	4,7	4,4	4,6	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5
60	4,4	4,5	4,5	4,4	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4
Średnio Mean	4,4	4,4	4,5	4,3	4,3	4,3	4,5	4,5	4,4
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : różnice nieistotne – non significant difference									
2006									
0	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,0	4,0
20	3,9	3,9	3,9	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0
40	4,2	3,9	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,0	4,1
60	4,1	4,0	4,0	3,9	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0
Średnio Mean	4,1	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : różnice nieistotne – non significant difference									
2007									
0	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
20	4,0	4,2	4,1	4,4	4,1	4,3	4,2	4,1	4,2
40	4,0	4,3	4,1	4,2	4,0	4,1	4,1	4,1	4,1
60	4,4	3,9	4,2	4,0	4,0	4,0	4,2	4,0	4,1
Średnio Mean	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,1	4,1	4,0	4,1
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,3									
2005–2007									
0	4,1	4,0	4,1	4,0	4,0	4,0	4,1	4,0	4,1
20	4,3	4,1	4,2	4,3	4,2	4,2	4,3	4,1	4,2
40	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2
60	4,3	4,1	4,2	4,1	4,1	4,1	4,2	4,1	4,2
Średnio Mean	4,2	4,1	4,2	4,2	4,1	4,2	4,2	4,1	-
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,1									

Tabela 6. Masa tysiąca nasion łubinu wąskolistnego (g)
 Table 6. The thousand seeds weight in narrow-leaved lupin (g)

Dawka siarki Dose of sulphur kg·ha ⁻¹ (C)	Sposób aplikacji siarki – Method of sulphur application (A)						Forma siarki Form of sulphur (B)		Średnio Mean
	Dolistne nawożenie Foliar fertiliser			Doglebowe nawożenie Soil fertiliser			Siarkol	Na ₂ SO ₄	
	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean	Siarkol	Na ₂ SO ₄	Średnio Mean			
2005									
0	123,5	123,0	123,2	124,4	125,3	124,9	124,0	124,1	124,0
20	132,5	121,6	127,1	132,0	119,2	125,6	132,2	120,4	126,3
40	119,1	113,1	116,1	125,6	120,9	123,3	122,3	117,0	119,7
60	120,6	118,0	119,3	130,4	123,9	127,1	125,5	121,0	123,2
Średnio Mean	123,9	118,9	121,4	128,1	122,3	125,2	126,0	120,6	123,3
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : różnice nieistotne – non significant differences									
2006									
0	107,8	108,4	108,1	108,4	107,5	107,9	108,1	107,9	108,0
20	107,7	109,4	108,7	109,6	106,7	108,2	108,7	108,2	108,4
40	109,8	106,0	107,9	108,2	108,4	108,3	109,0	107,2	108,1
60	110,0	110,7	110,4	109,5	110,3	109,9	109,8	110,5	110,1
Średnio Mean	108,8	108,7	108,8	108,9	108,2	108,6	108,9	108,5	108,7
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 2,2									
2007									
0	102,2	102,4	102,3	100,9	100,6	100,8	101,5	101,5	101,5
20	103,4	99,1	101,3	107,3	105,4	106,4	105,4	102,3	103,8
40	103,1	103,7	103,4	104,3	106,7	105,5	103,7	105,2	104,5
60	104,3	102,9	103,6	105,1	107,9	106,5	104,7	105,4	105,0
Średnio Mean	103,3	102,0	102,6	104,4	105,1	104,8	103,8	103,6	103,7
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : różnice nieistotne – non significant differences									
2005–2007									
0	111,2	111,3	111,2	111,2	111,1	111,2	111,2	111,2	111,2
20	114,5	110,1	112,3	116,3	110,4	113,4	115,4	110,3	112,9
40	110,7	107,6	109,1	112,7	112,0	112,4	111,7	109,8	110,7
60	111,6	110,5	111,1	115,0	114,0	114,5	113,3	112,3	112,8
Średnio Mean	112,0	109,9	110,9	113,8	111,9	112,9	112,9	110,9	-
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : C – 0,2; AxB – 0,5; BxA – 0,3									

jak Zhao i in. [1994] w badaniach nad soją, że spośród uwzględnianych czynników o strukturze plonu łubinu wąskolistnego decydowała przede wszystkim dawka siarki. Na ogół najlepsze efekty uzyskiwano po zastosowaniu dawki 40 kg S·ha⁻¹. Średnio dla trzech lat badań, różnice pomiędzy tym poziomem nawożenia a obiektem kontrolnym, wynosiły dla liczby strąków na pędzie – 1,3%, a dla nasion w strąku – 4,2%. W przypadku masy tysiąca nasion, zastosowanie dawki 40 kg S·ha⁻¹ powodowało istotne obniżenie MTN w stosunku do poziomu 20 kg S·ha⁻¹, średnio o 2,2 g (2,0%).

Tylko dla liczby nasion w strąku, dla badanych dawek siarki, nie stwierdzono istotnej korelacji z plonem nasion (tab. 7). Wartości współczynników korelacji w miarę wzrastania dawek siarki na ogół zmniejszały się. Ich analiza wskazuje, że plon nasion łubinu wąskolistnego, w największym stopniu był skorelowany z masą tysiąca nasion łubinu wąskolistnego, w drugiej kolejności z liczbą strąków na roślinie, zaś w najmniejszym stopniu z liczbą nasion w strąku.

Tabela 7. Współczynniki korelacji pomiędzy wielkością plonu nasion łubinu wąskolistnego a elementami jego struktury w zależności od nawożenia siarką

Table 7. Correlation coefficients between narrow-leafed lupin seeds yield and yield components depending on sulphur fertilization

Dawka siarki <i>Dose of sulphur</i> kg·ha ⁻¹	Liczba strąków na roślinie <i>Number of pods</i> <i>per plants</i>	Liczba nasion w strąku <i>Number of seeds</i> <i>per pod</i>	Masa 1000 nasion <i>Weight of 1000 seeds</i>
0	0,843*	0,845*	0,848*
20	0,538*	0,047	0,650*
40	0,662*	0,369	0,599*
60	0,612*	0,198	0,678*

*– istotne przy $p \leq 0,05$ – *significant at $p \leq 0.05$*

WNIOSKI

1. Zastosowanie siarki, niezależnie od badanych czynników, dodatnio wpływało na wielkość plonu nasion i słomy łubinu wąskolistnego oraz elementów jego struktury.
2. Aplikacja dolistna siarki korzystniej niż zastosowanie doglebowe oddziaływała na wielkość plonu nasion i słomy oraz na kształtowanie liczby strąków na pędzie, a także liczby nasion w strąku, natomiast w przypadku masy tysiąca nasion, korzystniejszy okazał się doglebowy sposób stosowania tego pierwiastka.
3. Na wielkość plonu nasion łubinu wąskolistnego oraz na liczbę zawiązanych strąków korzystniej wpływała forma jonowa niż elementarna siarki, z kolei w przypadku masy tysiąca nasion i ich liczby w strąku – oddziaływanie form tego składnika było odwrotne.
4. Spośród badanych czynników, dawka siarki miała największe znaczenie w kształtowaniu plonu nasion i słomy łubinu oraz na ogół istotnie oddziaływała na takie elementy jego struktury, jak liczba strąków na roślinie i masa tysiąca nasion. Zastosowanie 40 kg S·ha⁻¹ w porównaniu z obiektem kontrolnym, powodowało średnio największy przyrost plonu

nasion oraz najkorzystniej wpływało na liczbę nasion w strąku łubinu. Największy przyrost masy tysiąca nasion i liczby strąków na pędach osiągnięto pod wpływem dawki 20 kg S·ha⁻¹.

PIŚMIENNICTWO

- Barczak B. 2010. Siarka jako składnik pokarmowy kształtujący wielkość i jakość plonów wybranych roślin uprawnych. Wyd. UTP Bydgoszcz, Rozpr. Nauk. 144: ss. 131.
- Grzebisz W., Przygocka-Cyna K. 2003. Aktualne problemy gospodarowania siarką w rolnictwie polskim. Naw. Nawoż./Fert. Fertil. 4: 64–77.
- Jakubus M. 2006. Siarka w środowisku. Wyd. AR Poznań: ss. 61.
- Lista odmian roślin rolniczych i warzywniczych wpisanych do krajowego rejestru odmian w Polsce, 2001. COBORU Słupia Wielka.
- McGrath S. P., Zhao F., Blake-Kalff M. 2003. History and outlook for sulphur fertilizers in Europe. Naw. Nawoż./Fert. Fertil. 2: 5–27.
- Pacyna S., Schulz M., Scherer W. 2006. Influence of sulphur supply on glucose and ATP concentrations of inoculated broad beans (*Vicia faba minor* L.). Biol. Fertil. Soils 42: 324–329.
- Podleśny J. 2005a. Rośliny strączkowe w Polsce – Perspektywy uprawy i wykorzystanie nasion. Acta Agrophys. 6(1): 213–224.
- Podleśny J. 2005b. Wpływ sposobu siewu i rozstawy rzędów na wzrost, rozwój i plonowanie zdeterminowanej formy łubinu białego. Pam. Puł. 140: 199–214.
- Prusiński J. 2007. Postęp biologiczny w łubinie (*Lupinus* sp.) – rys historyczny i stan aktualny. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 522: 23–37.
- 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.
- Scherer H.W., Pacyna S., Spoth K.R., Schulz M. 2008. Low levels of ferredoxin, ATP and leghemoglobin contribute to limited N₂ fixation of peas (*Pisum sativum* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) under S deficiency conditions. Biol. Fertil. Soils 44: 909–916.
- Szulc W. 2008. Potrzeby nawożenia roślin siarką oraz metody ich wyznaczania. Wyd. SGGW Warszawa, Rozpr. Nauk. 332: ss. 97.
- Święcicki W., Szukała J., Mikulski W., Jerzak M. 2007. Możliwość zastąpienia białka śrutu sojowej krajowymi surowcami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 522: 515–521.
- Zhao F.J., McGrath S.P. 1994. Comparison of sulphur uptake by oilseed rape and the soya-bean sulphur status of two adjacent fields with different soil series. Soil Use Manag. 10: 47–50.
- Zhao F.J., Wood A.P., McGrath S.P. 1999. Effect of sulphur nutrition on growth and nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). Plant Soil 212: 209–219.

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

REACTION OF NARROW-LEAFED LUPIN (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.) TO SULPHUR FERTILIZATION PART I. YIELD AND SELECTED YIELD STRUCTURE COMPONENTS

Summary

Facing an increasing sulphur deficit in Polish soils over the recent years, a strict field experiment was carried out over 2005–2007 with Elf cultivar narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius* L.), considering this element in crop fertilisation. The experiment was set up with the randomised split-plot design, in

Haplic Luvisol, of a low sulphur content. The application of sulphur, irrespective of the factors investigated, enhanced the size of the narrow-leaved lupin seed yield and the value of yield structure components. The foliar sulphur application, as compared with the soil application, showed a better effect on the seed and straw yield size and the number of pods per plant as well as the number of seeds per pod. As for the thousand seed weight, the soil application was more beneficial. Higher narrow-leaved lupin seed yields and a higher number of the pods set per plant were reported after the application of the ionic form than the elemental form of sulphur, which, in turn, as for the thousand seed weight and the seed number per pod, the effect of the forms of that nutrient was opposite. Considering the investigated factors, the sulphur dose was most essential for the lupin seed yield. The application of 40 kg S·ha⁻¹, as compared with the control, resulted an average in the highest increase in the seed and straw yield, and made it possible to produce the highest number of seeds per pod of lupin. The highest increase in the other yield structure components was reported as a result of the application of the dose of 20 kg S·ha⁻¹. The narrow-leaved lupin seed yield was most highly correlated with the thousand seed weight, followed by the number of pods set per plant, and least correlated with the number of seeds per pod.