

**Franciszek Wielebski**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Poznaniu

## **Wpływ nawożenia siarką w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego**

**The effect of sulphur fertilization on the yield of different breeding forms of winter oilseed rape in the conditions of diverse nitrogen rates**

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, mieszańce, nawożenie azotem i siarką, plon nasion

Podstawę badań stanowiły wyniki trzyletnich doświadczeń (2006–2008) realizowanych na trzech stanowiskach o zróżnicowanych warunkach glebowych: na ciężkich glebach Łagiewnik oraz lżejszych glebach Zielęcina i Małyszyna. Czynnikiem doświadczenia były: dawki azotu wiosną — 60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>, dawki siarki wiosną — 0, 15, 30 i 60 kg S·ha<sup>-1</sup> oraz odmiana populacyjna Bojan i dwie odmiany mieszańcowe: złożona Kaszub i zrestorowana Kronos.

Spośród badanych czynników najsilniejszy wpływ na wielkość plonu nasion miało nawożenie azotem. W warunkach niedostatecznego zaopatrzenia roślin w siarkę, jakie obserwowano wczesną wiosną na obiektach kontroli we wszystkich latach badań, nawożenie tym składnikiem istotnie zwiększyło plon nasion. Najefektywniejsze dla plonu nasion okazało się zastosowanie dawki 15 kg S·ha<sup>-1</sup>. Wystąpiło istotne współdziałanie badanych czynników ze środowiskiem.

Key words: oilseed rape, hybrids, nitrogen and sulphur fertilization, yield of seeds

The basis for these investigations constituted the results of 3-year studies (2006–2008), which were performed in three places characterized by different soil conditions: on heavy soils in Łagiewniki (N 51°46' E 17°14'), lighter soils in Zielęcina (N 52°10' E 16°22') and Małyszyn (N 52°44' E 15°10'). Experimental factors were: spring nitrogen fertilization — 60, 120 and 180 kg N·ha<sup>-1</sup>, spring sulphur fertilization — 0, 15, 30 and 60 kg S·ha<sup>-1</sup> and cultivar of winter oilseed rape — open pollinated cultivar Bojan and two hybrids: composite Kaszub and restored Kronos.

Out of these experimental factors the nitrogen fertilization had the strongest effect on seed yield. In the conditions of insufficient sulphur supply to plants which was observed in early spring on the control in all years of investigations, sulphur fertilization increased the yield of seeds. The response of studied cultivars to sulphur fertilization was similar. Independently of the rate of nitrogen, the most effective for the yield of seeds was the application rate of 15 kg S·ha<sup>-1</sup>. The response of studied cultivars to nitrogen fertilization was diverse. The yield of seeds of hybrid cultivars (Kaszub and Kronos) significantly increased with the nitrogen dose of 120 kg ha<sup>-1</sup>, however in the open pollinated cultivar Bojan the linear growth of seed yield was observed with the highest dose of nitrogen (180 kg·ha<sup>-1</sup>).

Interaction between studied factors and environment was observed. Diverse effect of nitrogen and sulphur fertilization was observed between years as well as the localities. The greater differentiation in yield was observed on feebler soils of Małyszyn and Zielęcina, meanwhile in conditions of good soils of Łagiewniki the greater fidelity of yielding was observed.

## Wstęp

---

Najbardziej plonotwórczym składnikiem pokarmowym w kształtowaniu plonu rzepaku jest azot. Duży efekt plonotwórczy azotu zapewnia dostępność innych składników pokarmowych, w tym również siarki. Liczni badacze wskazują na silną interakcję między wysokością nawożenia azotem i dawkami siarki a plonem nasion (Booth i in. 1991). Twierdzą, że najwyższy plon można osiągnąć tylko wtedy, gdy obydwa elementy występują w odpowiedniej ilości.

Rzepak należy do roślin uprawnych o szczególnie dużym (50–70 kg S·ha<sup>-1</sup>) zapotrzebowaniu na siarkę (Schnug 1997, Zhao i in. 1995). Składnik ten reguluje przebieg procesów enzymatycznych i oksyredukcyjnych w komórce oraz pełni w roślinie szereg ważnych funkcji fizjologicznych, zwłaszcza umożliwia syntezę aminokwasów siarkowych i glukozyolanów (Schnug 1997). Odpowiednie zaopatrzenie rzepaku w siarkę wpływa także na metaboliczne przemiany azotu. Niedobór siarki wyraźnie zmniejsza efektywność wykorzystania przez rośliny azotu, zastosowanego w nawozach co może prowadzić do obniżki plonów nawet o 50% (Bloem 1998). W warunkach intensywnego nawożenia azotem i niedoboru siarki stosunek N : S ulega obniżeniu, co jest spowodowane wzrostem zawartości w roślinie azotu niebiałkowego (Janzen i Betany 1984). Powoduje to redukcję plonu oraz pogorszenie jego jakości (Krauze i Bowszyc 2000, Bloem 1998). Działania podjęte na rzecz ochrony środowiska spowodowały zmniejszenie opadu siarki z atmosfery, co wyraźnie ograniczyło dostępność tego składnika dla roślin uprawnych i nasiliło występowanie niedoboru tego pierwiastka zwłaszcza u rzepaku (Schnug i in. 1995, Grzebisz i Fotyma 1996, Wielebski i in. 2000). W związku z tym nawożenie rzepaku siarką stało się konieczne, co potwierdzają badania wielu autorów (Bilborrow i in. 1995, Wielebski i Muśnicki 1998, Haneklaus i in. 1999, Zhao i in. 2003).

Celem badań było określenie wpływu nawożenia azotem i siarką na plonotwórcze cechy pokroju roślin i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego w zróżnicowanych warunkach środowiskowych.

## Material i metody

---

Podstawę badań stanowiły wyniki trzyletnich (2006–2008) badań realizowanych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu. Ścisłe doświadczenia polowe prowadzone były na trzech stanowiskach o zróżnicowanych warunkach glebowych: na ciężkich glebach Łagiewnik (N 51°46' E 17°14') oraz lżejszych glebach Zielęcina (N 52°10' E 16°22') i Małyszyna (N 52°44' E 15°10'). Wszystkie miejscowości są oddalone od ośrodków przemysłowych, a gleby charakteryzowała niska zasobność w siarkę przyswajalną. Zawartość siarki siarczanowej w warstwie ornej wahała się od 0,003 do 0,0049 w Małyszynie, od 0,0054 do 0,007 w Łagiewnikach oraz od 0,0081 do 0,0095 g SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> gleby w Zielęcinie.

Czynnikami doświadczenia były:

- dawki azotu wiosną — 60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>,
- dawki siarki wiosną — 0, 15, 30 i 60 kg S·ha<sup>-1</sup>,
- odmiany — populacyjna Bojan i dwie mieszańcowe: złożona Kaszub i zrestorowana Kronos.

Doświadczenia zakładano w układzie losowanych podbloków w czterech powtórzeniach według jednolitych schematów. Doświadczenia w Małyszynie i Zielęcinie lokalizowano na glebie brunatnej, kompleksu żytniego dobrego, klasy IVa, a w Łagiewnikach na glebie brunatnej, właściwej, kompleksu pszennego dobrego, klasy IIIa. W Łagiewnikach i Zielęcinie zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu była bardzo wysoka i wysoka, a w magnez — wysoka. W Małyszynie zasobność w fosfor i potas była niska, a w magnez średnia. Przedplonem w Łagiewnikach była w 2007 roku lucerna, a w latach 2006 i 2008 zboża: żyto ozime mieszańcowe (2006) lub pszenica jara (2008). Natomiast w Zielęcinie przedplonem we wszystkich latach był jęczmień jary, a w Małyszynie pszenżyto jare. W Łagiewnikach przedsięwzięcie stosowano nawozy w ilości 25-60-115 kg NPK·ha<sup>-1</sup>, w Zielęcinie aplikowano odpowiednio 34-60-105, natomiast w Małyszynie 15-90-72 kg NPK·ha<sup>-1</sup>. Siarkę stosowano wiosną w siarczanie amonu, a azot aplikowano w saetrze amonowej (-S) lub w siarczanie amonu i saetrze amonowej (+S). Oba składniki stosowano w fazie ruszenia wegetacji (BBCH 30), a wyższe dawki azotu (120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>) oraz siarki (60 kg S·ha<sup>-1</sup>) dzielono na dwie części, aplikując drugą część na początku pąkowania (BBCH 51).

Z każdego poletka z roślin w fazie początku kwitnienia (BBCH 61) pobrano do analizy kilkanaście najmłodszych, w pełni rozwiniętych liści. Zawartość siarki ogólnej w liściach rzepaku oznaczono metodą Bradsleya-Lancastera (1960). Początek i koniec kwitnienia wyrażono w liczbie dni od początku roku. W skali 9-stopniowej oszacowano porażenie roślin chorobami i wyleganie roślin. Przed zbiorem z dwóch losowych miejsc każdego poletka wybrano 5 kolejnych roślin w celu określenia ich wysokości, liczby rozgałęzień i liczby łuszczyń na roślinie. Liczbę nasion w łuszczyńce określono na 25 losowo wybranych łuszczyńcach z górnej, środkowej i dolnej partii gron owoconośnych. Masę 1000 nasion określono w czterech próbach po 100 nasion. Określono również masę nasion w łuszczyńce. Zebrane dane poddano analizie statystycznej za pomocą pakietu STATISTICA. Istotność różnic określono testem Tukeya na poziomie ufności P = 0,05 i wyrażono je literowo.

### Warunki pogodowe

Warunki termiczne i wilgotnościowe w okresie wegetacji we wszystkich miejscowościach i latach badań znacznie odbiegały od średnich z wielolecia (tab. 1). Wegetację rzepaku charakteryzowała długa, ciepła i sucha jesień. Przy temperaturach wyższych o 0,8–3,9°C (pierwszy i drugi rok badań) lub nieznacznie niższych o 0,3–0,7°C od średnich wieloletnich (ostatni rok badań), opady w okresie

Tabela 1  
 Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji rzepaku w Łagiewnikach, Zielęcinie i Malyszynie w latach 2005/06–2007/08  
 na tle wielolecia — *Meteorological conditions during vegetation period of winter rape in Łagiewniki and Zielęcin (2005/06-  
 2007/08) compared to many-year data*

Okres wegetacji <i>Vegetation period</i>	Temperatura — <i>Temperature</i> [°C]				Opady — <i>Rainfalls</i>			
	odchylenie od średniej wieloletniej <i>deviation from the long-term mean</i>		średnia <i>mean</i>		odchylenie od średniej wieloletniej <i>deviation from the long-term mean</i> [%]		średnia — <i>mean</i> [mm]	
	2005/06	2006/07	2007/08	1957–2008	2005/06	2006/07	2007/08	1957–2008
Łagiewniki								
Jesiennej — <i>Autumn IX–XI</i>	0,8	2,5	-0,7	8,7	-66,7	-32,0	-44,3	121,5
Spoczynku zimowego <i>Winter XII–III</i>	-1,9	3,8	2,4	0,3	7,2	23,7	3,2	136,3
Wiosennej — <i>Spring IV–VII</i>	1,2	2,2	0,9	12,8	-6,3	17,4	-55,0	150,3
Wiosennej wg Klatta <i>Spring acc. to Klatt IV–VII</i>	2,6	2,2	1,6	13,8	-28,2	33,6	-43,7	225
Zielęcin								
Jesiennej — <i>Autumn IX–XI</i>	1,8	3,1	-0,3	8,8	-57,6	-29,7	-15,6	126,7
Spoczynku zimowego <i>Winter XII–III</i>	-1,8	3,9	2,6	0,8	8,9	47,7	42,9	152,1
Wiosennej — <i>Spring IV–VII</i>	2,0	3,1	2,0	13,1	-37,9	-22,9	-32,1	160,6
Wiosennej wg Klatta <i>Spring acc. to Klatt IV–VII</i>	4,0	3,4	1,6	13,8	-39,9	5,5	-27,1	225
Malyszyn								
Jesiennej — <i>Autumn IX–XI</i>	1,5	3,9	-0,6	8,6	-44,3	-21	-13,4	122,8
Spoczynku zimowego <i>Winter XII–III</i>	-1,9	4,3	2,7	0,6	19,9	73,6	52,7	128,9
Wiosennej — <i>Spring IV–VII</i>	1,3	3,8	1,7	12,3	-29,2	33,2	-9,3	141,4
Wiosennej wg Klatta <i>Spring acc. to Klatt IV–VII</i>	1,2	2,9	1,8	13,8	-42,1	26,6	-28,4	225

od września do listopada były o 13–67% niższe od sumy opadów tego okresu z wielolecia. Mimo niekorzystnych warunków wilgotnościowych ciepła i długa jesień sprawiała, że rośliny w każdym roku wykształcały silne rozety i w dobrej kondycji wchodziły w okres zimy. Ostrzejsza zima ze średnią temperaturą dobową powietrza niższą od średniej z wielolecia prawie o 2°C wystąpiła we wszystkich miejscowościach tylko w pierwszym roku badań. Spadkom temperatury towarzyszyła okrywa śnieżna, która skutecznie chroniła rzepak przed wymarzeniem. W dwóch pozostałych cyklach badawczych (2006/07 i 2007/08), zimy były bardzo ciepłe. Średnie miesięczne temperatury dobowe powietrza w tym okresie (XII–III) były znacznie wyższe (w styczniu o ponad 6°C, a w całym okresie o 2,4–4,3°C) od średnich wieloletnich. Zimy we wszystkich latach badań i miejscowościach były bardzo mokre. Sumy opadów (głównie deszczu) w okresie od XII do III w drugim i trzecim cyklu badań, zwłaszcza w Zielęcinie i Małyszynie znacznie przekraczały (o 43 do prawie 74%) średnie z wielolecia. Najwięcej opadów notowano w styczniu, kiedy to średnia suma opadów została przekroczona w Łagiewnikach dwukrotnie, a w Zielęcinie i Małyszynie prawie trzykrotnie. Bardzo mokro było również w kwietniu w ostatnim roku badań (2008), kiedy to opady przekroczyły średnią wieloletnią w Małyszynie prawie trzykrotnie, a w Zielęcinie i Łagiewnikach były wyższe odpowiednio o 76 i 25%. Brak opadów we wszystkich miejscowościach (zaledwie 2–25% normy) obserwowano natomiast w kwietniu 2007 roku (drugi cykl badań). We wszystkich latach badań wiosenna vegetacja rzepaku charakteryzowała się wyższą (o 0,9–3,8°C) średnią temperaturą dobową i zazwyczaj niższymi opadami od średnich wieloletnich. W Zielęcinie przy temperaturach wyższych o 2–3,1°C od średnich wieloletnich suma opadów w okresie wiosny (IV–VI) we wszystkich latach badań była niższa o 23–38% od sumy opadów tego okresu z wielolecia. Również w Łagiewnikach i Małyszynie temperaturom wyższym odpowiednio o 0,9–2,2°C oraz 1,3–3,8°C towarzyszył niedobór opadów wiosną w pierwszym i trzecim roku badań. Natomiast w drugim roku (2007) po kwietniowej suszy, w dalszej części wiosennej vegetacji notowano wyższe od średniej wieloletniej opady, zwłaszcza w maju (o 90% w Łagiewnikach do 160% w Małyszynie) oraz na przełomie czerwca i lipca (odpowiednio o 51 i 25%), przez co suma opadów w całym okresie wiosennej vegetacji była wyższa od średniej sumy opadów odpowiednio o 17 i 33%.

## Wyniki i dyskusja

---

Czynniki badawcze doświadczenia (azot, siarka) słabo różnicowały wzrost i rozwój roślin badanych odmian rzepaku, zwłaszcza w fazie ich kwitnienia (tab. 2). Wyższa dawka azotu nieznacznie opóźniała termin rozpoczęcia i zakończenia kwitnienia natomiast podana siarka nieznacznie tylko opóźniała koniec tej fazy rozwoju. W przebiegu kwitnienia istotne różnice wystąpiły między odmianami. W porównaniu

z odmianą populacyjną Bojan, odmiany mieszańcowe: złożona Kaszub i zrestorowana Kronos istotnie wcześniej rozpoczynały i kończyły kwitnienie. Kwitnienie trwało najdłużej u odmiany mieszańcowej złożonej Kaszub. Na wiosenny rozwój roślin istotny wpływ miały czynniki środowiskowe (lata i miejscowości). Termin i czas

Tabela 2

Wpływ badanych czynników na termin i długość kwitnienia  
Effect of studied factors on time and duration of flowering

Czynniki Factors	Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	Koniec kwitnienia <i>End of flowering</i>	Liczba dni kwitnienia <i>Number of days of flowering</i>
	liczba dni od 1 stycznia — <i>days from 1 January</i>		
Dawka azotu — <i>N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]			
60	118,2 a	142,1 a	23,8
120	118,4 b	142,4 b	24,0
180	118,6 c	142,6 b	24,0
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,18	0,23	ni
Dawka siarki — <i>S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]			
0	118,4	142,2 a	23,8 a
15	118,5	142,4 b	23,9 ab
30	118,4	142,4 b	23,9 ab
60	118,4	142,5 b	24,1 b
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	ni	0,13	0,22
Odmiana — <i>Cultivar</i>			
Bojan	120,0 c	143,0 c	23,0 a
Kaszub	116,8 a	141,8 a	24,9 c
Kronos	118,4 b	142,3 b	23,9 b
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,16	0,08	0,17
Lata — <i>Years</i>			
2006	128,2 c	148,8 c	20,7 a
2007	107,2 a	135,8 a	28,6 c
2008	119,9 b	142,4 b	22,5 b
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,31	0,57	0,54
Miejscowość — <i>Location</i>			
Łagiewniki	118,9 b	146,6 c	27,8 c
Małyszyn	117,8 a	141,1 b	23,3 b
Zielećcin	118,6 c	139,4 a	20,8 a
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,20	0,38	0,40

ni — różnica nieistotna — *no significant difference*

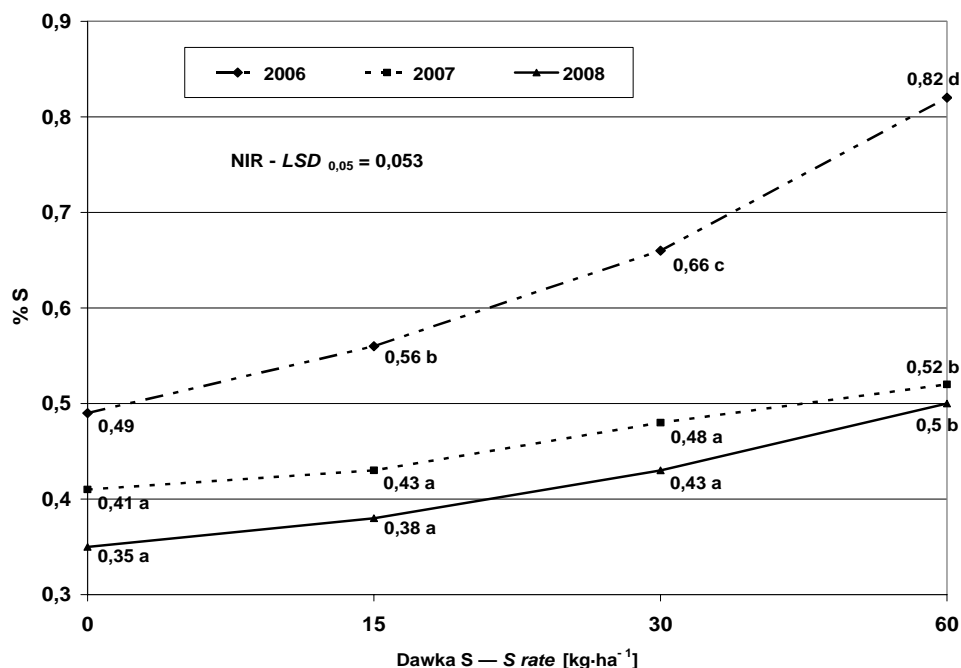
Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie przy  $\alpha \leq 0,05$

Values marked by the same letter are not different at  $\alpha \leq 0.05$

kwitnienia zależał głównie od przebiegu warunków pogodowych wczesną wiosną. Badane odmiany najwcześniej rozpoczynały i kończyły kwitnienie oraz najdłużej trwało ono w drugim roku badań (2007), natomiast najpóźniej rozpoczynały i kończyły tę fazę w pierwszym cyklu badań (2006). Na cięższych glebach Łagiewnik faza kwitnienia każdego roku rozpoczynała się później i trwała istotnie dłużej niż w warunkach lżejszych gleb Zielęcina i Małyszyna.

Wczesną wiosną we wszystkich miejscowościach i latach badań obserwowano na obiektach kontrolnych nie nawożonych siarką, charakterystyczne przebarwienia na liściach świadczące o niedoborach siarki w roślinie. Przeprowadzona na początku kwitnienia (BBCH 61) ocena zawartości siarki w najmłodszych liściach rzepaku wykazała niedostateczną jej zawartość. Na niedobór tego pierwiastka istotny wpływ miały warunki pogodowe w okresie zimowym, zwłaszcza w drugim i trzecim roku badań (2007 i 2008), kiedy to wyjątkowo ciepłe zimy z sumą opadów znacznie wyższą od średnich z wielolecia mogły spowodować wymycie siarki w głąb gleby.

Wczesnowiosenna aplikacja siarki istotnie zwiększała zawartość siarki w liściach wszystkich badanych odmian rzepaku. W pierwszym roku badań (2006) optymalną zawartość siarki ogólnej w liściach (0,55–0,65%) obserwowano w Łagiewnikach i Zielęcinnie po zastosowaniu 15, a w Małyszynie 30 kg S·ha<sup>-1</sup>.



Rys. 1. Zawartość siarki w liściach w zależności od dawki siarki i roku badań — *Content of sulphur in leaves according to sulphur rates and year of investigation*

W drugim i trzecim roku badań (2007 i 2008) na skutek silnego wymycia siarki z gleby, a następnie szybkiego wzrostu roślin po wznowieniu wegetacji, przyrost zawartości siarki w liściach pod wpływem stosowanych dawek siarki był niewystarczający i niedostateczną zawartość tego składnika (rys. 1) przejściowo obserwowano nawet na poletkach nawożonych najwyższą dawką siarki ( $60 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Na koncentrację siarki w roślinach rzepaku, obok nawożenia tym składnikiem istotny wpływ ma mineralizacja siarki w glebie, której tempo w dużym stopniu kształtują warunki pogodowe w okresie wczesnej wiosny. Proces ten przebiega początkowo wolno i przyspiesza wraz ze wzrostem temperatury. Szybki wzrost roślin po ruszeniu wegetacji oraz wolne tempo mineralizacji siarki w glebie są częstymi przyczynami niedoboru tego pierwiastka w roślinach rzepaku wczesną wiosną. Dobrym wskaźnikiem diagnozującym stan odżywienia roślin jest zawartość siarki w organach roślin (McGrath i Zhao 1996, Zhao i in. 1997). Za optymalną Haneklaus i Schnug (1994) uważają zawartość 0,55–0,65% siarki ogólnej w młodych liściach w fazie wydłużenia pędu, zaś na niedobór siarki w rzepaku wskazuje zawartość 0,4% S ogólnej.

Na zaopatrzenie roślin w siarkę istotny wpływ miało nawożenie azotem. Wzrastające dawki azotu powodowały istotne zmniejszenie zawartości siarki w liściach, co jest efektem jej rozcieńczenia w zwiększonej masie roślin intensywniej nawożonych azotem (tab. 3). Nieistotne różnice w zaopatrzeniu roślin w siarkę wystąpiły między miejscowościami. Niewielkie — aczkolwiek istotne — różnice obserwowano między odmianami i latami. We wszystkich miejscowościach istotnie najwięcej siarki w liściach gromadziła odmiana mieszańcowa złożona Kaszub. Najlepiej zaopatrzone w siarkę były rośliny w pierwszym roku badań (2006).

Analiza trzyletnich wyników badań wykazała, że zróżnicowane dawki azotu i siarki słabo wpływały na cechy morfologiczne roślin przed zbiorem: wysokość roślin i liczbę rozgałęzień (tab. 4). Za wyjątkiem liczby łuszczyń na roślinie czynniki te słabo różnicowały także pozostałe elementy struktury plonu: liczbę i masę nasion w łuszczyńce oraz masę 1000 nasion (tab. 5). Wartości tych cech znacznie silniej kształtowane były przez czynnik genetyczny (odmianę) oraz warunki siedliskowe (lata i miejscowości). We wszystkich badanych miejscowościach najwyższe przed zbiorem były rośliny odmiany mieszańcowej zrestorowanej Kronos, której łuszczyńce charakteryzowały się również najwyższą masą nasion w łuszczyńce. Odmiana mieszańcowa złożona Kaszub na jednej roślinie tworzyła najwięcej łuszczyń, które zawierały mniej nasion, ale o większej masie. Najmniejsze rośliny i najmniej zawiązanych na nich łuszczyń obserwowano w 2006 roku, natomiast najwyższe rośliny zbierano w 2008 roku, a najwięcej zawiązanych łuszczyń na roślinie obserwowano w 2007 roku. W porównaniu z Łagiewnikami i Małyszynem, rośliny zbierane w Zieleńcinie były wyższe, tworzyły więcej rozgałęzień i łuszczyń na roślinie oraz charakteryzowały się większą liczbą nasion w łuszczyńce.



Tabela 3  
Wpływ badanych czynników na zawartość siarki w liściach w zależności od miejscowości  
*Effect of estimated factors on content of sulphur in leaves according to experiment location*

Czynniki <i>Factors</i>	Małyszyn	Łagiewniki	Zielęcin	Średnio <i>Mean</i>
Dawka N — <i>N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]				
60	0,49	0,52 b	0,54 b	0,52 b
120	0,49	0,51 b	0,52 ab	0,51 ab
180	0,48	0,46 a	0,51 a	0,48 a
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	ni	0,031	0,022	0,028
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub> miejscowość × dawka N — <i>location × N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — ni				
Dawka siarki — <i>S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]				
0	0,43 a	0,36 a	0,46 a	0,42 a
15	0,45 a	0,43 b	0,51 ab	0,46 b
30	0,51 b	0,52 c	0,54 bc	0,52 c
60	0,56 c	0,69 d	0,58 c	0,61 d
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,045	0,061	0,051	0,031
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub> miejscowość × dawka S — <i>location × S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — 0,053				
Odmiana — <i>Cultivar</i>				
Bojan	0,49 b	0,49 a	0,51 a	0,50 a
Kaszub	0,52 c	0,52 b	0,53 a	0,53 b
Kronos	0,46 a	0,48 a	0,52 a	0,49 a
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,021	0,018	0,025	0,011
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub> miejscowość × odmiana — <i>location × cultivar</i> — 0,019				
Lata — <i>Years</i>				
2006	0,55 b	0,73 c	0,61 c	0,63 c
2007	0,56 b	0,40 b	0,43 a	0,46 b
2008	0,36 a	0,36 a	0,52 b	0,41 a
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,042	0,029	0,053	0,035
Średnio — <i>Mean</i>	0,50	0,49	0,52	
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>				
— miejscowość — <i>location</i> — ni				
— miejscowość × lata — <i>location × years</i> — 0,09				
— dawka N × dawka S [kg·ha <sup>-1</sup> ] — <i>N rate × S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — ni				

Objaśnienia jak w tabeli 2 — *See Table 2*

Spośród czynników badanych w doświadczeniu nawożenie azotem miało najsilniejszy wpływ na wielkość plonu nasion. Synteza trzyletnich wyników badań wykazała, że średnie plony nasion istotnie rosły wraz ze wzrostem zastosowanej dawki azotu. Wykazano istotny wpływ warunków siedliskowych (lat i miejscowości) na plon nasion. Azot jest najbardziej plonotwórczym składnikiem nawo-

żenia (Budzyński i in. 1985), o jego wykorzystaniu przez rośliny decydują warunki glebowe oraz dostępność wody w okresie wegetacji (Muśnicki 1989). Na słabych glebach Małyszyna każda dawka azotu zwiększała istotnie plon nasion, natomiast w warunkach lepszych gleb i przy znacznie wyższym poziomie plonowania, istotny wzrost plonu otrzymano w Łagiewnikach po zastosowaniu dawki 120 kg,

Tabela 4

Cechy morfologiczne roślin przed zbiorem  
*Morphological features of winter rape before harvesting*

Czynniki <i>Factors</i>	Wysokość roślin <i>Height of plants</i> [cm]	Liczba rozgałęzień I rzędu <i>Number of primary</i> <i>branches</i>	Wyleganie skala 1–9 <i>Lodging</i> <i>1–9 scale</i>
Dawka azotu — <i>N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]			
60	162	6,8	8,0
120	164	7,0	7,6
180	161	7,0	7,5
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	ni	ni	ni
Dawka siarki — <i>S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]			
0	162	7,0	7,6
15	163	7,1	7,6
30	162	6,7	7,6
60	162	6,9	7,9
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	ni	ni	ni
Odmiana — <i>Cultivar</i>			
Bojan	162 a	7,2 b	7,7
Kaszub	161 a	7,0 b	7,6
Kronos	164 b	6,5 a	7,8
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,67	0,28	ni
Lata — <i>Years</i>			
2006	148 a	6,9 b	8,8
2007	158 a	7,4 c	7,3
2008	181 b	6,4 a	7,0
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	12,2	0,43	ni
Miejscowość — <i>Location</i>			
Łagiewniki	164 b	6,3 a	8,0
Małyszyn	150 a	6,3 a	7,7
Zielęcín	172 c	8,2 b	7,3
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	4,86	0,34	ni

Objaśnienia jak w tabeli 2 — *See Table 2*

Tabela 5

Elementy struktury plonu rzepaku ozimego — *Yield components of winter oilseed rape*

Czynniki <i>Factors</i>	Liczba łuszczyzn na roślinie <i>No. of pods per plant</i>	Liczba nasion w łuszczyźnie <i>No. of seeds per pod</i>	Masa nasion w łuszczyźnie <i>Weight of seeds per pod [mg]</i>	MTN <i>Weight of 1000 seeds [g]</i>
<i>Dawka azotu — N rate [kg·ha<sup>-1</sup>]</i>				
60	200 a	22,5	87,6	3,90
120	212 ab	23,0	89,3	3,89
180	225 b	23,1	89,7	3,90
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	17,1	ni	ni	ni
<i>Dawka siarki — S rate [kg·ha<sup>-1</sup>]</i>				
0	216 ab	22,6	88,0	3,92
15	223 b	22,8	88,7	3,89
30	204 a	23,0	89,6	3,90
60	207 a	23,0	89,2	3,88
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	14,9	ni	ni	ni
<i>Odmiana — Cultivar</i>				
Bojan	196 a	24,1 b	88,4 b	3,66 a
Kaszub	241 b	20,7 a	84,6 a	4,10 c
Kronos	200 a	23,7 b	93,5 c	3,93 b
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	13,5	0,49	2,01	0,03
<i>Lata — Years</i>				
2006	164 a	25,2 c	97,9 b	3,94 b
2007	268 b	20,1 a	70,7 a	3,53 a
2008	206 a	23,3 b	98,0 b	4,22 c
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	46,4	0,58	1,79	0,04
<i>Miejscowość — Location</i>				
Łagiewniki	194 b	22,4 a	80,8 a	3,60 a
Małyszyn	171 a	22,9 ab	93,0 b	4,06 b
Zielęcín	272 c	23,2 b	92,8 b	4,03 b
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	20,6	0,50	2,20	0,05

Objaśnienia jak w tabeli 2 — *See Table 2*

zaś w Zielęcínie obie dawki azotu (120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>) tylko nieistotnie zwiększały plon nasion (tab. 6). Wykazano zróżnicowaną reakcję badanych odmian na poziom nawożenia azotem. Odmiany mieszańcowe istotnym wzrostem plonu reagowały do dawki 120 kg, zaś u odmiany populacyjnej Bojan istotną zwyżkę plonu dała także najwyższa dawka azotu 180 kg N·ha<sup>-1</sup> (rys. 2). W warunkach niedostatecznego zaopatrzenia roślin w siarkę, jakie obserwowano wczesną wiosną na obiektach

Tabela 6

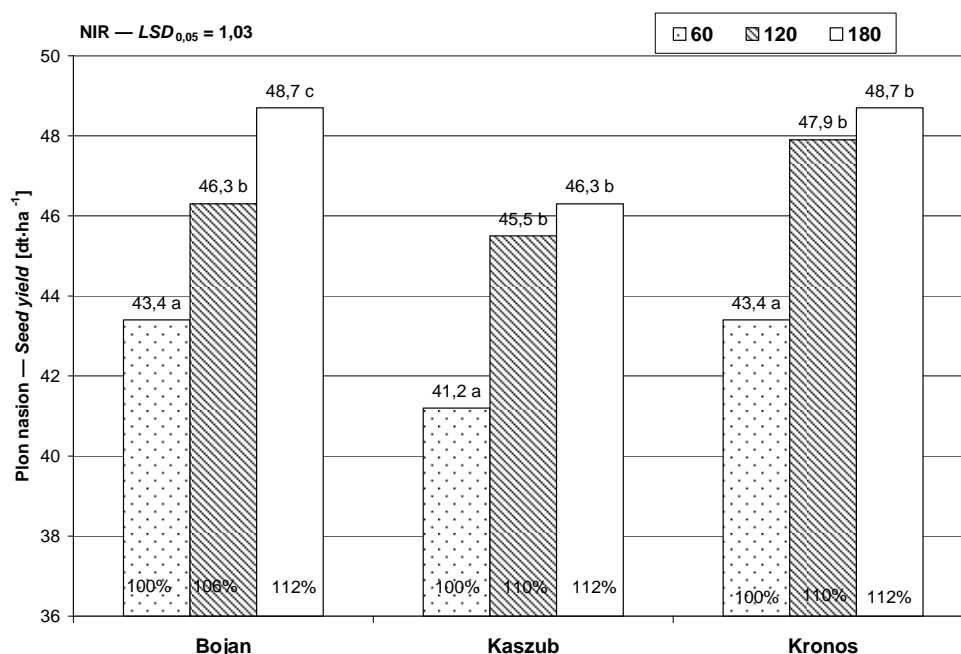
Wpływ badanych czynników na plon nasion w zależności od miejscowości  
*Effect of estimated factors on yield seeds according to experiment location*

Czynniki <i>Factors</i>	Małyszyn		Łagiewniki		Zielęcín		Średnia — <i>Mean</i>	
	dt·ha <sup>-1</sup>	rel	dt·ha <sup>-1</sup>	rel	dt·ha <sup>-1</sup>	rel	dt·ha <sup>-1</sup>	rel
Dawka azotu — <i>N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]								
60	36,0 a	100	40,4 a	100	51,6 a	100	42,7 a	100
120	39,4 b	109	46,8 b	116	53,5 b	104	46,6 b	109,1
180	41,8 c	116	48,2 b	119	53,7 b	104	47,9 c	112,2
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	1,87		3,54		1,42		1,23	
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub> miejscowość × dawka N — <i>location × N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — 2,31								
Dawka siarki — <i>S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]								
0	37,3 a	100	44,0 a	100	51,2 a	100	44,2 a	100
15	39,0 b	104,6	46,0 b	104,5	53,6 b	104,7	46,2 b	104,5
30	39,9 b	107,0	45,3 ab	103,0	53,0 b	103,5	46,1 b	104,3
60	40,2 b	107,8	45,1 ab	102,5	53,9 b	105,3	46,4 b	105,0
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	1,78		1,59		1,46		0,82	
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub> miejscowość × dawka S — <i>location × S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — 1,41								
Odmiana — <i>Cultivar</i>								
Bojan	39,3 b	100	45,6 b	100	53,4	100	46,1 b	100
Kaszub	37,7 a	95,9	42,9 a	94,1	52,5	98,3	44,4 a	96,3
Kronos	40,3 b	102,5	46,8 b	102,6	52,9	99,1	46,7 b	101,3
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	1,14		1,29		ni		0,59	
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub> miejscowość × odmiana — <i>location × cultivar</i> — 1,03								
Lata — <i>Years</i>								
2006	39,7 b		47,4 a		46,1 a		44,4	
2007	25,7 a		44,6 a		53,3 b		41,2	
2008	51,9 c		43,4 a		59,3 b		51,6	
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	11,4		9,56		2,1		5,01	
Średnio — <i>Mean</i>	39,1 a		45,1 b		52,9 c			
NIR <sub>0,05</sub> — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>								
— miejscowość — <i>location</i> — 3,61								
— miejscowość × lata — <i>location × years</i> — 6,25								
— dawka N × dawka S [kg·ha <sup>-1</sup> ] — <i>N rate × S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — ni								

Objaśnienia jak w tabeli 2 — *See Table 2*

kontrolnych we wszystkich latach badań, nawożenie tym składnikiem istotnie zwiększyło plon nasion. Średni przyrost plonu nasion z trzech lat badań wynosił około 200 kg·ha<sup>-1</sup>, a w zależności od miejsca lub roku badań wahał się od 120 do 27 kg·ha<sup>-1</sup> (tab. 6 i 7). Największe przyrosty plonu obserwowano w 2006 i 2008 roku.

Niekorzystne warunki pogodowe w końcu wegetacji rzepaku (obfite opady), których skutkiem było silne porażenie roślin chorobami i osypywanie nasion, znacznie ograniczyły efekt plonotwórczy siarki i azotu w 2007 roku. Pomimo dużego zróżnicowania w poszczególnych latach i miejscowościach, stosowanie siarki w dawkach od 15 do 60 kg S·ha<sup>-1</sup> zwiększyło plon nasion przeciętnie o 4,6%. Uzyskane wyniki potwierdzają badania innych autorów (McGrath i Zhao 1996, Zukałova i in 2001, Hrivna i in. 2004, Podleśna 2004, Wielebski 2006, 2008, Jankowski i in. 2005, 2008), którzy w warunkach niedoboru siarki pod wpływem nawożenia tym pierwiastkiem również otrzymali istotny przyrost plonu.



Rys. 2. Reakcja badanych odmian na nawożenie azotem — *Reaction of estimated cultivars to nitrogen fertilization*

Reakcja badanych odmian na nawożenie siarką we wszystkich latach i miejscowościach była podobna. Dla uzyskania najwyższego plonu wystarczyło zastosowanie 15 kg S·ha<sup>-1</sup>. Aplikowanie wyższych dawek siarki (30 i 60 kg S·ha<sup>-1</sup>) nie różnicowało istotnie plonu w stosunku do dawki 15 kg S·ha<sup>-1</sup> (rys. 3). Brak współdziałania nawożenia siarką z odmianą dowiodły również badania Toboły i Jakubus (2006). Autorzy ci wykazali natomiast współdziałanie nawożenia siarką z nawożeniem azotem. W badaniach tych autorów wpływ siarki ujawnił się tylko na najwyższym poziomie nawożenia azotem (180 kg N·ha<sup>-1</sup>), a najkorzystniejsze okazało się zastosowanie dawki 20 kg S·ha<sup>-1</sup>. W badaniach własnych nie wykazano

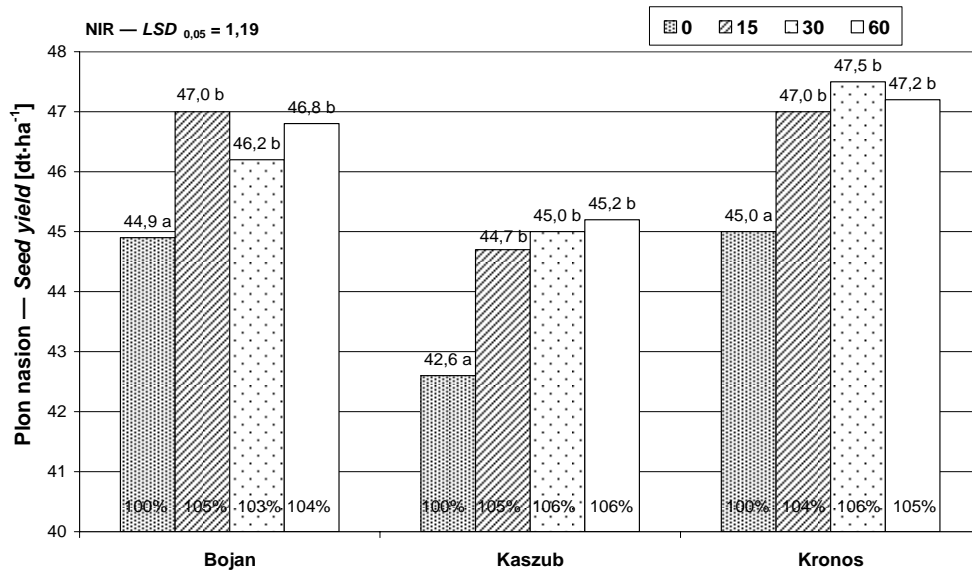
Tabela 7

Wpływ badanych czynników na plon nasion w zależności od roku badań  
*Effect of estimated factors on yield seeds according to the year of experiment*

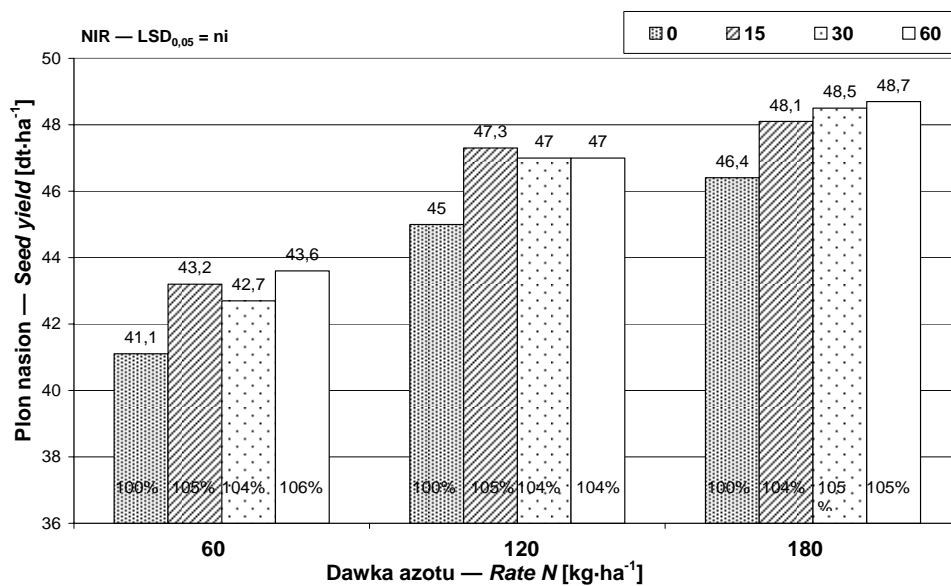
Czynniki <i>Factors</i>	2006		2007		2008	
	dt·ha <sup>-1</sup>	rel	dt·ha <sup>-1</sup>	rel	dt·ha <sup>-1</sup>	rel
Dawka N — <i>N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]						
60	38,1 a	100	40,8	100	49,0 a	100
120	47,2 b	123,9	40,8	100	51,7 b	105,1
180	47,8 b	125,4	41,9	102,7	54,0 c	109,8
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	4,50		ns		1,47	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub> lata × dawka N — <i>years × N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — 2,31						
Dawka siarki — <i>S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]						
0	42,3 a	100	40,3 a	100	49,9 a	100
15	44,3 ab	104,7	42,2 b	104,7	52,1 b	104,4
30	44,8 b	105,9	40,8 ab	101,2	52,5 b	105,2
60	46,0 b	108,7	41,5 ab	102,9	51,6 b	103,4
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	2,33		1,72		1,52	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub> lata × dawka S — <i>years × S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ] — 1,41						
Odmiana — <i>Cultivar</i>						
Bojan	42,8 a	100	43,1 b	100	52,4 b	100
Kaszub	42,6 a	99,5	40,5 a	94	50,0 a	95,4
Kronos	47,8 b	111,7	40,0 a	93	52,2 b	99,6
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,44		1,37		1,11	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub> lata × odmiana — <i>years × cultivar</i> — 1,03						

Objaśnienia jak w tabeli 2 — *See Table 2*

interakcji między nawożeniem azotem i siarką (rys. 4). Niezależnie od dawki azotu, najefektywniejsze dla plonu nasion okazało się zastosowanie dawki 15 kg S·ha<sup>-1</sup>, która powodowała wzrost plonu od 170 do 230 kg·ha<sup>-1</sup>. Otrzymane wyniki są zgodne z wcześniejszymi wieloletnimi badaniami autora, w których wykazał, że na 8 doświadczeń aż w 6 z nich dla otrzymania najwyższego plonu wystarczyło zastosowanie dawki 10–20 kg S·ha<sup>-1</sup> (Wielebski 2008). Nieco wyższe dawki siarki (20–30 kg S·ha<sup>-1</sup>) okazały się optymalne dla plonu w czteroletnich badaniach Matthey i in. (2000). Badania własne wykazały współdziałanie czynników nawozowych (azotu i siarki) z siedliskiem (miejscowościami). Na słabych glebach Małyszyna stosowanie siarki powodowało istotny wzrost plonu nasion na każdym poziomie nawożenia azotem (tab. 8). W warunkach lepszych gleb Łagiewnik nawożenie siarką istotnie zwiększało plon tylko przy najniższej dawce azotu (60 kg N·ha<sup>-1</sup>), zaś w Zieleńcinie wzrost plonu obserwowano przy wyższych dawkach azotu (120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>). Mocniej zróżnicowane i bardziej zależne od przebiegu



Rys. 3. Reakcja badanych odmian na nawożenie siarką — *Reaction of estimated cultivars to sulphur fertilization*



Rys. 4. Wpływ dawek siarki na plon nasion na różnych poziomach nawożenia azotem — *Effect of sulphur rate on yield seeds according to nitrogen rate*

Tabela 8

Wpływ dawek azotu i siarki na plon nasion w zależności od miejscowości  
*Effect of sulphur rate and nitrogen rate on yield seeds according to experiment location*

Dawka siarki <i>S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]	Małyszyn			Łagiewniki			Zielęcín		
	Dawka azotu — <i>N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]								
	60	120	180	60	120	180	60	120	180
0	34,4 a	38,3 a	39,2 a	38,1 a	46,3 a	47,7 a	51,0 a	50,4 a	52,2 a
15	35,6 ab	38,6 ab	42,8 b	42,1 b	47,9 a	48,1 a	51,9 a	55,5 b	53,4 ab
30	37,0 b	40,7 b	42,6 b	40,8 b	46,1 a	49,0 a	51,0 a	54,1 b	53,8 ab
60	37,7 b	40,2 ab	42,7 b	40,6 ab	46,7 a	47,9 a	52,3 a	54,0 b	55,4 b
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	2,45								

pogody plony obserwowano na słabszych glebach Małyszyna i Zielęcína, natomiast w warunkach dobrych gleb Łagiewnik plony charakteryzowały się większą stabilnością.

Najniższe plony nasion, zwłaszcza w Małyszynie i Łagiewnikach, uzyskano w drugim roku badań (2007), na co miały wpływ skrajnie niekorzystne warunki pogodowe (intensywne opady) w końcowym etapie wiosennej wegetacji rzepaku, powodujące silne wyleganie i porażenie roślin chorobami.

Niezależnie od poziomu nawożenia azotem i siarką istotne różnice w plonie nasion wystąpiły między odmianami. Średnio z trzech lat badań oceniane odmiany nie różniły się istotnie plonem w Zielęcínie, natomiast w Małyszynie i Łagiewnikach odmiana mieszańcowa złożona Kaszub plonowała gorzej od odmian: mieszańcowej zrestorowanej Kronos i populacyjnej Bojan. W niekorzystnych warunkach pogodowych, jakie wystąpiły w drugim roku badań odmiany mieszańcowe plonowały istotnie gorzej od odmiany populacyjnej Bojan.

## Wnioski

1. Niedostateczną zawartość siarki w liściach na obiektach kontrolnych nie nawożonych siarką obserwowano wczesną wiosną we wszystkich miejscowościach i latach badań.
2. W warunkach niedostatecznego zaopatrzenia roślin w siarkę nawożenie tym składnikiem istotnie zwiększyło (średnio o 5%) plon nasion badanych odmian rzepaku ozimego.
3. Nie stwierdzono istotnego różnicowania reakcji odmiany populacyjnej Bojan i mieszańcowych Kaszub i Kronos na nawożenie siarką. Niezależnie od dawki azotu, najefektywniejsze dla plonu nasion okazało się zastosowanie dawki 15 kg S·ha<sup>-1</sup>.



4. Wykazano zróżnicowaną reakcję badanych odmian na nawożenie azotem. Plon nasion odmian mieszańcowych (Kaszub i Kronos) istotnie przyrastał do dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, natomiast u odmiany populacyjnej Bojan liniowy wzrost plonu obserwowano do najwyższej dawki 180 kg N·ha<sup>-1</sup>.
5. Stwierdzono współdziałanie azotu i siarki z siedliskiem. Przy każdej dawce azotu korzystny wpływ siarki na plon nasion obserwowano tylko w warunkach słabych gleb Małyszyna.
6. Aplikowane dawki azotu i siarki słabo wpływały na pokrój roślin przed zbiorem: wysokość roślin i liczbę rozgałęzień, a z komponentów plonu istotnie różnicowały tylko liczbę łuszczyn na roślinie.

## Literatura

---

- Bardslay C., Lancaster J. 1960. Determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soils. *Soil Sci. Am. Prom.*, 24: 265-268.
- Bilsborrow P.E., Evans E.J., Zhao F.J. 1995. Changes in the individual glucosinolate profile of double low oilseed rape as influenced by spring nitrogen application. *Proc. 9th Int. Rapeseed Congress Cambridge, UK*, (2): 553-555.
- Bloem E.M. 1998. Schwefel-Bilanz von Agrarökosystemen unter besonderer Berücksichtigung hydrologischer und bodenphysikalischer Standorteigenschaften. *Landbauforschung Volkenrode, SH 192*: 1-156.
- Booth E.J., Walker K.C., Schnug E. 1991. The effect of site, foliar sulphur and nitrogen application on glucosinolate content and yield of oilseed rape. *Proceedings of the 8th Intern. Rapeseed Congress, Saskatoon*, 2: 567-572.
- Budzyński W., Majakowski K., Horodyski A., Jasińska Z., Jodłowski M., Muśnicki Cz., Orłowska T., Owczarek W. 1985. Wpływ poziomu i terminu wiosennego nawożenia azotem na plonowanie rzepaku ozimego. *Biuletyn IHAR*, 157: 123-134.
- Grzebisz W., Fotyma E. 1996. Ocena odżywienia siarką rzepaku uprawianego w północno-zachodniej Polsce. *Rośliny Oleiste*, XVII (1): 275-280.
- Haneklaus S., Schnug E. 1994. Diagnosis of crop sulphur status and application of X-ray fluorescence spectroscopy for the sulphur determination in plant and soil materials. *Sulphur in Agriculture*, 18: 31-40.
- Haneklaus S., Paulsen H.M., Gupta A.K., Bloem E., Schnug E. 1999. Influence of Sulfur Fertilization on yield and quality of oilseed rape and mustard. *Proc. 10th Int. Rapeseed Congress CD-ROM. Canberra*.
- Hrivna L., Richter R., Raskova J. 2004. The correction of sulphur nutrition of winter rape. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV (1): 137-143.
- Jankowski K.J., Rybacki R., Budzyński W. 2005. Nawożenie a plon nasion rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVI (2): 437-450.
- Jankowski K.J., Budzyński W., Szymanowski A. 2008. Influence of the rate and timing of sulphur fertilization on winter oilseed rape yield. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIX (1): 76-90.
- Jannzen H.H., Bettany J.R. 1984. Sulphur nutrition of rapeseed: I. Influence of fertilizer nitrogen and sulphur rates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, (48): 100-107.

- Krauze A., Bowszys T. 2000. Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura*, 81: 133-142.
- Matthey J., Sauer mann W., Finck M. 2000. Schwefeldüngung zu Winterraps-heute Standard in Schleswig-Holstein. *VDLUFA-Schriftenreihe*, 53, 72-79.
- McGrath S.P., Zhao F.J. 1996. Sulphur uptake, yield response and interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. of Agric. Sci.*, 126: 53-62.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmiennych warunkach środowiskowo-agrotechnicznych. *Rocz. AR w Poznaniu. Rozprawy naukowe*, 191: 154.
- Podleśna A. 2004. Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobieranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV: 627-636.
- Wielebski F. 2006. Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych. I. Wpływ na plon i elementy struktury plonu nasion. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVII (2): 265-282.
- Wielebski F. 2008. Efektywność nawożenia siarką różnych typów hodowlanych odmian rzepaku w świetle wyników wieloletnich doświadczeń polowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIX (1): 91-104.
- Wielebski F., Muśnicki Cz. 1998. Wpływ wzrastających dawek siarki i sposobu jej aplikacji na plon i zawartość glukozyzolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego w warunkach doświadczeń polowych. *Rocz. AR w Poznaniu, CCCIII*: 149-167.
- Wielebski F., Wójtowicz M., Czernik-Kołodziej K. 2000. Ocena stanu zaopatrzenia w siarkę rzepaku uprawianego na polach doświadczalnych wybranych Zakładów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (2): 465-473.
- Schnug E. 1997. Significance of sulphur for the quality of domesticated plants. In: *Sulphur Metabolism in Higher Plants*. Ed. W.J. Cram et al., 109-130.
- Schnug E., Bloem E., Haneklaus S. 1995. Significance of soil water dynamics for the sulphur balance of oilseed rape. *Proc. of the 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge UK*, (1): 287-289.
- Toboła P., Jakubus M. 2006. Wpływ nawożenia siarką na plonowanie rzepaku ozimego w zależności od poziomu zaopatrzenia roślin w siarkę. *XXVIII Konferencja Naukowa Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, Streszczenia*: 67-69.
- Zhao F.J., Bilsborrow P.E., Evans E.J., McGrath S.P. 1997. Nitrogen to sulphur ratio in rapeseed and rapeseeds protein and its use in diagnosing sulphur deficiency. *J. of Plant Nutr.*, 20: 549-558.
- Zhao F.J., Evans E.J., Bilsborrow P.E. 1995. Varietal differences in sulphur uptake and utilization in relation to glucosinolate accumulation in oilseed rape. *Proc. of the 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, UK*, 1: 271-273.
- Zhao F.J., McGrath S.P., Blake-Kalff M.M.A., Link A., Tucker M. 2003. Crop Responses to sulphur fertilization in Europe. *Biogeochemistry of sulphur in agricultural systems. Part II. Fertilizers and Fertilization*, V Nr 3 (16): 26-51.
- Zukalova H., Matula J., Kuchtova P., Miksik V. 2001. Influence of sulphur on the yield and quality of winter oilseed rape. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXII (2): 587-596.