

Franciszek Wielebski

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych I. Wpływ na plon i elementy struktury plonu nasion

Sulphur fertilization of different types of winter oilseed rape varieties in various soil conditions

I. Effect on yield and yield components

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, nawożenie siarką, plon nasion, elementy struktury plonu

Celem niniejszej pracy było poznanie wpływu nawożenia siarką (dawka, termin aplikacji) na poziom plonowania nowych typów odmian rzepaku w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. Reakcja badanych typów rzepaku na nawożenie siarką była podobna. Istotne różnice w plonie uzyskano tylko w latach (2004 i 2005), w których rośliny w fazie początku kwitnienia były niedostatecznie zaopatrzone w siarkę (0,46–0,55% S). W takich warunkach najlepsze efekty otrzymano po zastosowaniu dawki 10 lub 20 kg siarki aplikowanej w całości lub jej części dolistnie. Nieefektywne było nawożenie siarką w warunkach optymalnego zaopatrzenia roślin w ten składnik (2003 rok).

Key words: winter oilseed rape, sulphur fertilization, yield seed, yield components, environment

Field experiments were conducted in 2003–2005 at Agricultural Experimental Stations in Wielichowo Zielęcín (N 52°10' E 16°22') and Łagiewniki (N 51°46' E 17°14') on soils with low natural sulphur status. Both localities are situated away from industrial areas.

The first experimental factor was spring sulphur rate (0, 10, 20, 40, 80 kg S·ha⁻¹) and the second one was breeding form of oilseed rape. Six breeding forms representing four types of oilseed rape varieties: composite hybrids (Lubusz and Pomorzánin), restored hybrids (BOH 3103, MR 153), DH line (H5-198) and open pollinated variety (Lisek) were compared.

The effect of sulphur fertilization varied in years and was dependent on sulphur supply to plants, what was significantly conditioned by weather conditions in early spring. Significant differences of seed yield were obtained only in years (2004, 2005) in which plants during the beginning of flowering were insufficiently supplied with sulphur (0,46–0,55% S). In these conditions the best effect was obtained when doses of 10 or 20 kg of sulphur per hectare were applied as a whole or a part of foliar application. In optimal conditions of sulphur supply, which were observed in two locations in the first year of the study (2003) the effect of sulphur dose and method of fertilization on seed yield was not observed.

Applied sulphur doses poorly influenced spring rate of oilseed rape development and characters of plants before harvest: plant height, number of branches per plant, lodging and dark leaf and pod spot infestation. Among yield components mostly the number of pods per plant was changed under the influence of sulphur fertilization, while variability of the number of seeds per pods was small. Response of investigated oilseed rape types to sulphur fertilization was similar. Cultivar differentiation was better exposed in stress conditions.

Wstęp

Obok odmian populacyjnych, aktualnie w uprawie znajdują się odmiany mieszańcowe rzepaku ozimego: złożone i zrestorowane pokolenia F_1 . Odmiany mieszańcowe dzięki efektowi heterozji w plonie nasion (Bartkowiak-Broda 2002) są bardziej konkurencyjne i charakteryzują się wyższą plennością w porównaniu do najlepszych odmian populacyjnych, co wykazało w swoich badaniach wielu autorów (Wielebski i Wójtowicz 1998, Champolivier i Merrien 1999, Pandey i Zehr 1999, Woś 2002, Heimann 2004). Obecnie w Polsce, jak i na całym świecie prace koncentrują się głównie nad hodowlą odmian mieszańcowych zrestorowanych pokolenia F_1 (Liersch i in. 2000), które w porównaniu do odmian mieszańcowych złożonych są mniej zawodne w warunkach środowiskowych niesprzyjających zapyleniu. Trwają również prace przy tworzeniu odmian z linii podwojonych haploidów, które jako genetycznie utrwalone powinny charakteryzować się wysoką wiernością plonowania.

Aby w pełni wykorzystać duży potencjał plonotwórczy nowych typów odmian rzepaku należy zapewnić im korzystne warunki do wzrostu i rozwoju stosując właściwą agrotechnikę. Zasadniczym jej elementem jest odpowiednie nawożenie niezbędnymi składnikami pokarmowymi, w tym również siarką. Do niedawna składnik ten nie był uwzględniany w nawożeniu roślin, gdyż duże jego ilości dostawały się do gleby z zanieczyszczonej związkami siarki atmosfery. Zmniejszenie emisji siarki do atmosfery i spadek ilości tego składnika wnoszonego w nawozach mineralnych i organicznych przyczyniły się do nasilenia występowania niedoborów siarki u roślin (Grzebisz i Fotyma 1996), a w konsekwencji do spadku plonu i pogorszenia jego jakości (Zhao i in. 1995, Withers i in. 1995, Krauze i Bowszys 2000, Mercik i in. 1999, Wielebski 2000). Przeważająca część gleb w Polsce to gleby lekkie charakteryzujące się niską zawartością siarki (Motowicka-Terelak, Terelak 1998). Deficyt siarki występuje najczęściej u roślin o dużych wymaganiach względem tego składnika. Rzepak ma wysokie zapotrzebowanie na siarkę, zwłaszcza od fazy pakowania do zawiązywania łuszczyń (Schnug 1991, Withers i in. 1995, Zhao i in. 1995). Dostępność siarki w tym okresie zapewnia prawidłowy wzrost i rozwój rzepaku oraz wpływa na efektywność nawożenia innymi składnikami, a zwłaszcza wykorzystania azotu. Wyniki wielu prac wskazują na zmienność reakcji odmian rzepaku w różnych warunkach środowiskowych (Weber i in. 2003).

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu nawożenia siarką (dawka, termin aplikacji) na poziom plonowania nowych typów odmian rzepaku w zróżnicowanych warunkach glebowych.

Material i metody

Podstawę badań stanowiło ściśle doświadczenie polowe prowadzone w latach 2003–2005 w dwóch zróżnicowanych warunkach glebowych: na lżejszych glebach Zakładu Doświadczalnego Wielichowo Zielęcin (N 52°10' E 16°22') oraz cięższych glebach Gospodarstwa Łagiewniki (N 51°46' E 17°14') należącego do Spółki Hodowla Roślin Smolice. Obie miejscowości oddalone są od ośrodków przemysłowych. Gleby te charakteryzowała niska zasobność w siarkę przyswajalną. Zawartość siarki siarczanowej w warstwie ornej gleb wahała się od 0,58–0,65 w Łagiewnikach do 0,85–0,98 mg SO₄/100 g gleby w Zielęcinie.

Badanymi czynnikami były:

- I wiosenne dawki siarki — 0, 10, 20, 40 i 80 kg S·ha⁻¹,
- II 6 form hodowlanych reprezentujących 4 typy odmian rzepaku:
 - mieszańce złożone — Lubusz i Pomorzanin,
 - mieszańce zrestorowane — BOH 3103 i MR 153,
 - podwojony haploid — H5-198,
 - odmiana populacyjna — Lisek.

Doświadczenia zakładano metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach. W Zielęcinie corocznie doświadczenia lokalizowano na glebie brunatnej, wylugowanej i kwaśnej, kompleksu żytniego dobrego, klasy IVa, a w Łagiewnikach na glebie brunatnej, właściwej, kompleksu pszennego dobrego, klasy IIIa. Zasobność gleby w podstawowe makroskładniki przedstawiała się następująco: w Zielęcinie zasobność w P — wysoka lub bardzo wysoka, w K — średnia i w Mg — średnia lub niska, natomiast w Łagiewnikach w P i K — bardzo wysoka i wysoka, a w Mg — wysoka. Przedplonem w obu miejscowościach były zboża — pszenica (Zielęcin 2003 i Łagiewniki 2004) lub jęczmień jary (Zielęcin 2004 i 2005 oraz Łagiewniki 2003 i 2005). Siew wykonano w terminie optymalnym (26–27.08), wysiewając 70 nasion/m² w rozstawie 30 cm. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 12 m² w Zielęcinie i 9,6 m² w Łagiewnikach.

Przedsięwzięcie w Łagiewnikach stosowano 60–63 kg P₂O₅, 90–130 kg K₂O i 18–25 kg N·ha⁻¹, a w Zielęcinie aplikowano odpowiednio 40–60 kg P₂O₅, 100–105 kg K₂O i 34 kg N·ha⁻¹. Wiosną azot w dawce 160 kg·ha⁻¹ stosowano w dwóch terminach: 100 kg·ha⁻¹ w fazie początku wydłużania pędu i 60 kg·ha⁻¹ w fazie zielonego pąka, po części w saetrze amonowej i w siarczanie amonu. Siarkę stosowano w dawkach i terminach zgodnie ze schematem doświadczenia (tab. 1). Doglebowo siarkę w formie siarczanu amonu stosowano jednorazowo w fazie początku wydłużania pędu (D) bądź dzielono na dwie części i stosowano po połowie w fazie początku wydłużania pędu i w fazie zielonego pąka (E). Dolistnie siarkę w dawce 10 kg·ha⁻¹ stosowano w fazie pojedynczych (główny kwiatostan) nadal zamkniętych pąków kwiatowych: jednorazowo (B) bądź uzupełniano dawkę

siarki podaną doglebowo w fazie zielonego pąka (C). Do oprysku zastosowano siedmiowodny siarczan magnezu ($Mg \cdot SO_4 \cdot 7 \cdot H_2O$). Corocznie ochronę przed chwastami, szkodnikami i chorobami prowadzono według zaleceń IOR-u.

Tabela 1

Schemat nawożenia siarką — *Schema of sulphur fertilization*

Całkowita dawka <i>Total dose</i> [kg·ha ⁻¹]	Termin stosowania i dawka [kg·ha ⁻¹] <i>Time and dose of sulphur application</i>		
	początek wydłużania pędu ('rozeta') <i>beginning of stem elongation ('rosette')</i> BBCH 30	pąki kwiatowe widoczne z góry ('zielony pąk') <i>flower buds visible from above ('green bud')</i> BBCH 51	widoczne pojedyncze pąki kwiatowe (główny kwiatostan), nadal zamknięte <i>individual flower buds (main inflorescence) visible but still closed</i> BBCH 55
A 0	–	–	–
B 10	–	–	10*
C 20	–	10	10*
D 40	40	–	–
E 80	40	40	–

* siarka stosowana dolistnie — *foliar sulphur application*

Na początku kwitnienia oznaczono zawartość siarki w liściach roślin. W tym celu z każdego poletka pobrano około 30 najmłodszych, w pełni wykształconych liści. Zawartość siarki 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 czernią krzyżowych i wyleganie roślin. Przed zbiorem na 10 roślinach pobranych losowo z każdego poletka określono liczbę rozgałęzień i liczbę 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 liczbę łuszczyń zebranych z jednostki powierzchni i 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 meteorologiczne

Układ warunków wilgotnościowo-termicznych w obu miejscowościach był bardzo zbliżony. Zdecydowanie większemu zróżnicowaniu podlegały warunki pogodowe w poszczególnych latach badań (tab. 2 i 3).

Rok 2003 odznaczał się niekorzystnym układem warunków wilgotnościowo-termicznych. Ostra, długa i bezśnieżna zima spowodowała przemarznięcie ponad połowy roślin. W przezimowaniu nie stwierdzono istotnych różnic między odmianami. Wyjątkowo niekorzystne warunki pogodowe wystąpiły w okresie wiosennej

Tabela 2

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji rzepaku w latach 2002/03–2004/05 na tle wielolecia
Meteorological conditions during vegetation period of winter rape in Lagiewniki (2002/03–2004/05) comparing 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>	
	2002/03	2003/04	2004/05	1957–2004	2002/03	2003/04	2004/05	1957–2002
Jesiennej — <i>Autumn IX–XI</i>	0,1	-0,3	0,5	8,6	16,0	-31,0	10,8	124,8
Spoczynku zimowego — <i>Winter XII–III</i>	-1,6	0,6	0,2	0,2	-52,3	-3,9	-23,5	134,4
Wiosennej wg Klatta — <i>Spring acc. to Klatt IV–VII</i>	2,1	0,5	1,1	13,8	-59,1	-32,1	-0,4	225,0

Tabela 3

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji rzepaku w Zielęcinie w latach 2002/03–2004/05 na tle wielolecia
Meteorological conditions during vegetation period of winter rape in Zielęcin (2002/03–2004/05) comparing 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>	
	2002/03	2003/04	2004/05	1957–2004	2002/03	2003/04	2004/05	1957–2002
Jesiennej — <i>Autumn IX–XI</i>	0,1	0,2	1,5	8,8	49,8	-40,6	-13,5	126,7
Spoczynku zimowego — <i>Winter XII–III</i>	-1,5	0,9	0,6	0,8	-37,6	-4,5	-12,8	152,1
Wiosennej wg Klatta — <i>Spring acc. to Klatt IV–VII</i>	3,0	1,6	2,5	13,8	-10,3	-19,3	-13,4	225,0

wegetacji. Od kwietnia do lipca obserwowano w obu miejscowościach duże odchylenia temperatury i opadów miesięcznych od średnich wieloletnich. Wysokiej temperaturze towarzyszyły bardzo duże niedobory opadów. Suma opadów za okres wegetacji wiosennej stanowiła w Łagiewnikach zaledwie 40% potrzeb w tym zakresie określonych przez Klatta. W Zielęcinie większe opady wystąpiły w lipcu dopiero po zbiorze rzepaku, natomiast w okresie od kwietnia do czerwca suma opadów stanowiła 53% sumy opadów tego okresu z wielolecia. Tak niekorzystne warunki pogodowe wyraźnie ograniczyły wzrost roślin i plon nasion rzepaku

W dwóch kolejnych latach (2004 i 2005) zimy były łagodne, natomiast wiosną warunki pogodowe były bardzo korzystne dla rzepaku. Umiarkowanej temperaturze towarzyszyły korzystne warunki wilgotnościowe. Szczególnie w maju opady przekraczały średnią wieloletnią. Korzystny rozkład opadów zapewniał prawidłowy rozwój roślin i wysokie plony.

Wyniki

Synteza 3-letnich wyników wykazała, że nawożenie siarką nie miało istotnego wpływu na wiosenny rytm rozwoju rzepaku, zwłaszcza na termin jego kwitnienia. Istotne różnice w kwitnieniu roślin wystąpiły między odmianami (tab. 4). Najwcześniej rozpoczynał kwitnienie mieszaniec złożony Lubusz. Dzień później zakwitał mieszaniec złożony Pomorzaniec oraz mieszańce zrestorowane MR 153 i BOH 3103. Istotnie od nich później do kwitnienia przystępowała odmiana populacyjna Lisek. Linia podwojonego haploidu H5-198 rozpoczynała kwitnienie najpóźniej i trwało ono najkrócej. Na kwitnienie badanych odmian znacznie większy wpływ od dawki siarki miała miejscowość. Istotne różnice wystąpiły między latami i miejscowościami. Najwcześniej rzepak rozpoczynał kwitnienie w roku 2004, a najpóźniej w 2003. W roku 2003 kwitnienie roślin trwało najkrócej (17 dni) bowiem przebiegało w warunkach suszy i wysokiej temperatury. Natomiast w roku 2004 i 2005 podczas kwitnienia było umiarkowanie ciepło i bardzo wilgotno, dlatego kwitnienie niezależnie od odmiany i stosowanej dawki siarki trwało istotnie dłużej — odpowiednio prawie 23 i 29 dni. W warunkach cięższych gleb Łagiewnik kwitnienie badanych odmian trwało średnio o 5 dni dłużej niż na lżejszych glebach Zielęcina. Największą zmienność obserwowano dla długości okresu kwitnienia.

Ocena zawartości siarki w najmłodszych liściach rzepaku przeprowadzona w fazie jego zakwitania wykazała, że nawożenie siarką w każdym roku istotnie zwiększyło zawartość tego pierwiastka w liściach wszystkich badanych odmian. Na zawartość siarki w liściach istotny wpływ miały warunki pogodowe w okresie wczesnej wiosny, czego dowodzi istotna interakcja między dawką siarki i latami (rys. 1). Przebieg pogody w okresie wczesnej wiosny ma istotny wpływ na tempo mineralizacji siarki w glebie, a tym samym na stan odżywienia tym składnikiem

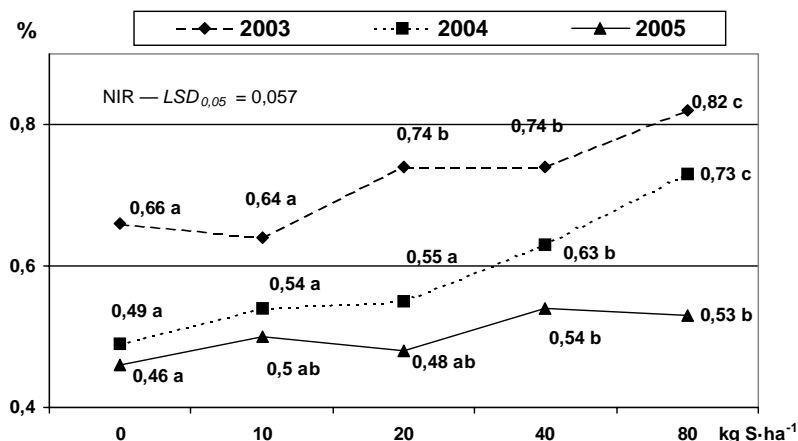
Tabela 4

Wpływ badanych czynników na termin i czas kwitnienia
Effect of factors on time of flowering

Czynnik <i>Factor</i>	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>		
<i>Dawka siarki — Sulphur rates [kg S·ha⁻¹]</i>			
0	121	143	22,8
10	120	143	22,8
20	121	143	23,0
40	121	143	23,0
80	121	143	22,8
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	ni	ni	ni
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	2,36	2,98	23,8
<i>Odmiana — Variety</i>			
Lisek	121,3 d	144,7 e	23,4 d
Lubusz	119,1 a	142,7 a	23,6 d
Pomorzanin	119,9 b	143,0 b	23,0 c
BOH 3103	120,5 c	143,3 c	22,8 b
MR 153	120,0 b	142,9 ab	22,8 bc
H5-198	122,6 e	144,0 d	21,8 a
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	0,209	0,199	0,238
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	2,21	2,94	23,7
<i>Lata — Year</i>			
2003	123,7 c	141,2 a	17,5 a
2004	118,6 a	141,1 a	22,5 b
2005	119,3 b	147,9 b	28,6 c
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	0,336	0,299	0,386
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	1,39	1,72	12,4
<i>Miejsce — Location</i>			
Łagiewniki	120,0 a	145,3 b	25,2 b
Zielęcin	121,0 b	141,6 a	20,6 a
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	0,32	0,22	0,22
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	2,32	2,6	21,8

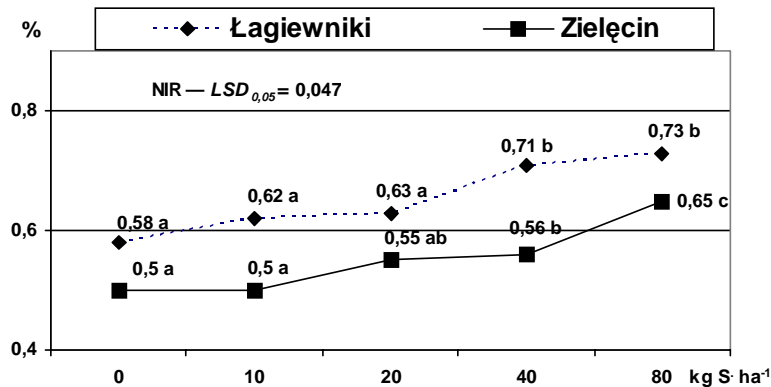
ni — różnica nieistotna — *non-significant difference*

roślin rzepaku (Janzen i Bettany 1987, Wielebski i Muśnicki 1998, Wielebski i in. 2000). W pierwszym roku badań bardzo ciepła wiosna sprzyjała szybkiej mineralizacji siarki w glebie, przez co liście roślin na obiektach kontrolnych nie nawożonych siarką zawierały ilości siarki określone przez Haneklausa i Schnuga (1991) jako wartości optymalne (0,56–0,65%). Zastosowanie siarki jeszcze bardziej zwiększyło zawartość tego pierwiastka w liściach rzepaku. W drugim i trzecim roku badań w warunkach przedłużającej się zimy i stosunkowo chłodnego początku wiosny proces mineralizacji siarki w glebie rozpoczynał się późno i przebiegał wolno.



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 efekcie tego obserwowano niedostateczną (niedobory utajone) zawartość siarki w liściach (0,46–0,55%) roślin zakwitających zarówno na obiektach nie nawożonych siarką, jak i nawożonych małymi dawkami (10 i 20 kg S·ha⁻¹). W roku 2005, w którym chłody wiosenne przeciągnęły się prawie do połowy maja, przejściowo na pojedynczych roślinach, zwłaszcza w Zielęcinie, obserwowano niewielkie przebarwienia liści wskazujące na niedobory siarki. Zastosowane nawożenie siarką spowodowało istotny wzrost zawartości tego pierwiastka w liściach, ale w stopniu znacznie mniejszym niż to miało miejsce w pierwszym i drugim roku badań. Zdecydowanie cieplejsza druga połowa maja znacznie przyspieszyła proces mineralizacji siarki w glebie, dzięki czemu szybko wzrosła zawartość siarki w roślinach, co wykazała dodatkowa analiza liści rzepaku. Istotny wpływ na zawartość siarki w roślinie miało środowisko, o czym świadczy istotna interakcja między dawką siarki i miejscowościami (rys. 2). W Łagiewnikach zastosowanie najwyższej dawki siarki (80 kg S·ha⁻¹) nie miało istotnego wpływu, natomiast u gorzej zaopatrzonych roślin w Zielęcinie dawka ta jeszcze istotnie zwiększała zawartość siarki w liściach rzepaku. We wszystkich latach badań istotnie większą zawartością siarki w liściach charakteryzowały się rośliny w Łagiewnikach.



Rys. 2. Zawartość siarki w liściach w zależności od dawki siarki w nawozach i miejscowości — *Content of sulphur in leaves according to sulphur rates in fertilizers*

Nawożenie siarką słabo różnicowało cechy charakteryzujące pokrój roślin przed zbiorem: wysokość roślin, liczbę rozgałęzień, wyleganie oraz porażenie czernią krzyżowych. Tylko w warunkach niedoboru siarki, jakie wystąpiły wczesną wiosną 2005 roku, zastosowanie części lub całej dawki siarki dolistnie w fazie zielonego pąka istotnie zwiększyło wysokość roślin i liczbę rozgałęzień na roślinie (tab. 5). Synteza trzyletnich wyników badań nie wykazała istotnego zróżnicowania tych cech pokroju roślin pod wpływem dawek siarki. Wielu autorów (Nyborg 1974, Janzen i Betany 1984) dowodzi, że siarka silniej oddziałuje na plon nasion niż na rozwój wegetatywny. We wszystkich latach badań istotne różnice w pokroju roślin przed zbiorem wystąpiły między odmianami. Najwięcej rozgałęzień produkcyjnych tworzyły formy mieszańcowe złożone (Lubusz i Pomorzanie) oraz mieszańiec zrestorowany (BOH 3103), najmniej zaś rozgałęział się podwojony haploid H5-198. Rośliny mieszańców złożonych również najmniej wylegały, mimo że przed zbiorem były najwyższe.

Wysokość roślin w istotny sposób kształtowały warunki pogodowe, czego dowodzi ich interakcja z latami. W sprzyjających warunkach wilgotnościowych (2004 i 2005 rok) istotnie najniższe przed zbiorem wobec pozostałych odmian były charakteryzujące się niskim wzrostem rośliny mieszańca zrestorowanego BOH 3103. Natomiast w niekorzystnych warunkach pogodowych jakie wystąpiły wiosną 2003 roku (susza i wysoka temperatura), rośliny tego mieszańca wysokością nie różniły się istotnie od innych badanych odmian. Oznacza to, że brak wody ograniczał w większym stopniu wzrost odmian wysokich (rys. 3).

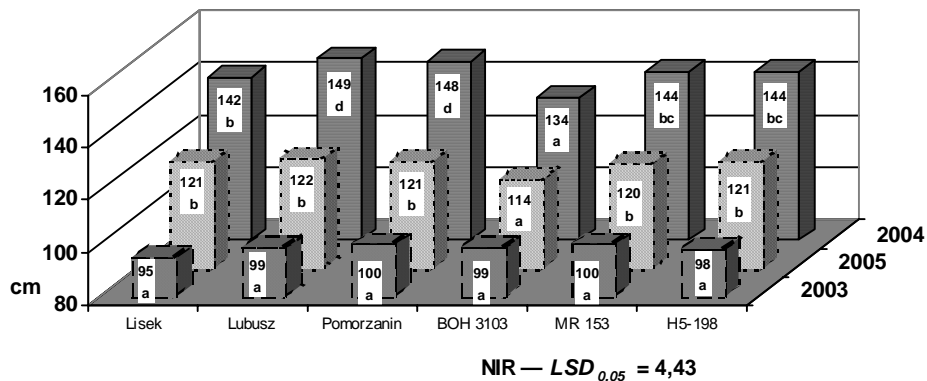
Tabela 5

Pokrój roślin rzepaku przed zbiorem, wyleganie i porażenie chorobami
Morphological character of plants before harvest, lodging and plants infestation

Czynniki <i>Factors</i>	Wysokość roślin <i>Plant height</i> [cm]	Liczba rozgałęzień <i>No of branches</i> per plant	Wyleganie <i>Lodging</i>	Porażenie chorobami <i>Plants infestation</i>
			skala 1–9 — 1–9 scale	
2005				
Dawka siarki — <i>Sulphur rates</i> [kg S·ha ⁻¹]				
0	117 a	6,7 ab	8,0	8,5
10	121 ab	6,9 ab	7,6	8,5
20	122 b	7,3 b	8,2	8,5
40	121 ab	6,4 a	7,8	8,5
80	118 ab	6,9 ab	7,4	8,5
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	4,898	0,722	ni	ni
2003–2005				
Odmiana — <i>Variety</i>				
Lisek	119 b	6,1 b	8,4 a	8,7
Lubusz	123 c	6,7 c	8,7 b	8,7
Pomorzanin	123 c	6,6 c	8,7 b	8,6
BOH 3103	116 a	6,5 c	8,4 a	8,7
MR 153	121 bc	5,9 b	8,2 a	8,7
H5-198	121 bc	4,9 a	8,4a	8,7
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	2,56	0,443	0,213	ni
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	20,1	25,0	10,3	5,46
Lata — <i>Years</i>				
2003	99 a	5,9 a	9,0 b	8,5 a
2004	143 c	5,6 a	8,7 b	8,5 a
2005	120 b	6,8 b	7,8 a	9,0 b
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	8,47	0,636	0,510	0,43
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	12,9	25,5	10,5	5,89
Miejsce — <i>Location</i>				
Łagiewniki	119	5,7 a	8,4	8,3 a
Zielęcín	123	6,6 b	8,5	9,0 b
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	ni	0,426	ni	0,48
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	20,1	25,7	10,5	5,66
Korelacje z plonem <i>Correlation with yield</i>	0,77*	-0,06	-0,26*	-0,13

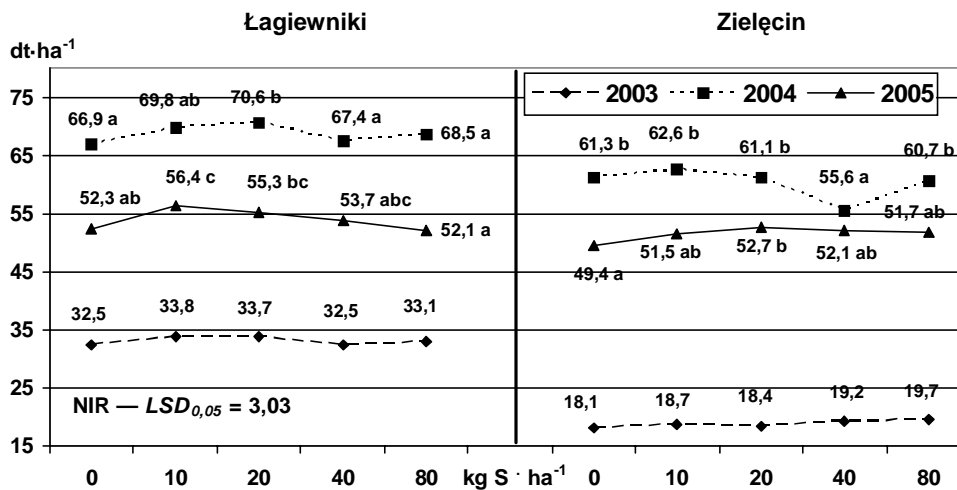
ni — różnica nieistotna — *non-significant difference*

* — istotne przy P = 0,05 — *significant at P = 0.05*



Rys. 3. Wysokość roślin badanych odmian w zależności od lat badań — *Plant height before harvest according to year of investigation*

Synteza trzyletnich wyników badań wykazała, że reakcja w plonie badanych typów rzepaku na nawożenie siarką była podobna, nie stwierdzono bowiem istotnej interakcji między odmianą a stosowaną dawką siarki. Wykazano natomiast istotny wpływ na plon nasion warunków siedliskowych (rys. 4). Efekt nawożenia siarką był zróżnicowany w latach i zależny od stanu odżywienia tym składnikiem roślin w okresie wczesnej wiosny. Wzrost plonu nasion pod wpływem nawożenia siarką w obu miejscowościach otrzymano tylko w latach 2004 i 2005, w których wczesną wiosną obserwowano niedostateczną jej koncentrację w liściach rzepaku. W takich warunkach najwyższe plony otrzymano w Łagiewnikach po zastosowaniu dolistnym



Rys. 4. Plon nasion w zależności od dawki siarki, miejscowości i roku badań — *Seed yield depending on sulphur rates, location and year of investigation*

10 kg S·ha⁻¹ w fazie pojedynczych (główny kwiatostan) nadal zamkniętych pąków kwiatowych (2005 rok), bądź po podaniu dawki 20 kg S·ha⁻¹ (2004 rok) po połowie w formie stałej w fazie zielonego pąka i dolistnie. Zastosowanie wyższych dawek siarki (40 i 80 kg) nie różnicowało istotnie plonu (2005) lub powodowało nawet istotne jego obniżenie (2004). W Zielęcinie istotny przyrost plonu otrzymano tylko w roku 2005 po zastosowaniu dawki 20 kg S·ha⁻¹, której połowę podano dolistnie. Natomiast w roku 2004 aplikacja dolistna tylko nieistotnie zwiększyła plon, zaś zastosowanie doglebowo całej dawki (40 kg S·ha⁻¹) w fazie początku wydłużania pędu spowodowało istotny spadek plonu. Uzyskane wyniki są zgodne z wcześniejszymi badaniami (Wielebski i Muśnicki 1998, Wielebski i Wójtowicz 2003), jak również z wynikami innych autorów (Bilborrow i in. 1995, Haneklaus i in. 1999), którzy w warunkach dobrego zaopatrzenia roślin w siarkę nie uzyskali efektu w plonie. Przyrost plonu nasion rzepaku pod wpływem nawożenia siarką obserwowało natomiast wielu badaczy (Merrien 1987, Schnug 1991, Walker i Both 1994, Budzyński i Ojczyk 1995, Haneklaus i in. 1999, Podleśna 2003, Zhao i in. 2003) w warunkach niedoboru siarki w glebie. Jankowski i in. (2005) w warunkach produkcyjnych wykazali niską efektywność siarki aplikowanej przedsięwzię. Natomiast wysoce efektywne było wiosenne nawożenie tym składnikiem. Liniowy przyrost plonu następował aż do najwyższych dawek siarki (90 kg S·ha⁻¹).

Niezależnie od poziomu i sposobu nawożenia siarką istotne różnice w plonie wystąpiły między odmianami (tab. 6). Średnio z trzech lat badań najlepiej plonowały mieszańce zrestorowane: BOH 3103 i MR 153, które plonem nieistotnie różniły się od wzorcowej odmiany populacyjnej Lisek, istotnie natomiast przewyższały plon mieszańców złożonych: Lubusz i Pomorzanin oraz linii podwojonych haploidów H5-198. Zróżnicowanym wpływem na plony badanych odmian odznaczały się analizowane środowiska — lata i miejscowości. Linia DH w obu miejscowościach i we wszystkich latach plonowała istotnie najniżej. W stosunku do pozostałych odmian istotnie mniejszym plonem w Łagiewnikach charakteryzował się mieszańiec złożony Pomorzanin, natomiast w Zielęcinie mieszańiec złożony Lubusz, który plonował istotnie słabiej tylko od mieszańców zrestorowanych. W dwóch pierwszych latach badane odmiany istotnie lepiej plonowały w Łagiewnikach, natomiast w ostatnim roku badań średnie plony w Łagiewnikach i Zielęcinie różniły się nieistotnie (tab. 7). Ze względu na ekstremalne warunki pogodowe (susza i wysoka temperatura w okresie wiosenno-letniej wegetacji) zdecydowanie najniższe plony wszystkich badanych odmian otrzymano w roku 2003. W tak niekorzystnych warunkach istotnie najlepiej plonował charakteryzujący się najmniejszą wysokością mieszańiec zrestorowany BOH 3103 (rys. 5). W warunkach dużego niedoboru wody odmiana niska okazała się bardziej konkurencyjna w stosunku do odmian wysokich. Natomiast w latach (2004 i 2005) charakteryzujących się bardzo dobrym rozkładem opadów w okresie wiosenno-letnim, mieszańiec ten plonem ustępował odmianom, które cechowały się silniejszym wzrostem wegetatywnym

Tabela 6

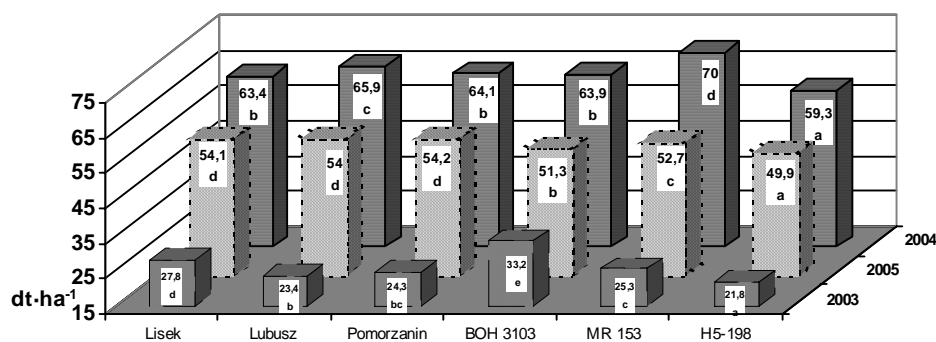
Plon nasion badanych odmian w Łagiewnikach i w Zielęciniu
Seed yield of cultivated varieties in Łagiewniki and Zielęciniu

Odmiana <i>Cultivars</i>	Łagiewniki		Zielęciniu		Średnio — <i>Mean</i>	
	dt·ha ⁻¹	%	dt·ha ⁻¹	%	dt·ha ⁻¹	%
Lisek	52,9 c	100	44,0 bc	100	48,4 bc	100
Lubusz	52,8 c	99,8	42,8 b	97,3	47,8 b	98,8
Pomorzanin	50,6 b	95,6	44,6 bc	101,4	47,6 b	98,3
BOH 3103	53,4 c	100,9	45,4 c	103,2	49,4 c	102,1
MR 153	53,0 c	100,2	45,7 c	103,9	49,4 c	102,1
H5 198	48,7 a	92,1	38,6 a	87,7	43,7 a	90,3
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	1,76				1,24	
Średnio — <i>Mean</i>	51,9 b		43,5 a			
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	29,4		42,9		36,6	

Tabela 7

Plon nasion w latach badań i miejscowości — *Seed yield in years of investigation and location*

Lata <i>Years</i>	Plon nasion — <i>Seed yield</i> [dt·ha ⁻¹]			Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>
	Łagiewniki	Zielęciniu	średnio — <i>mean</i>	
2003	33,1 b	18,8 a	26,0 a	33,9
2004	68,6 e	60,3 d	64,4 c	11,2
2005	53,9 c	51,5 c	52,7 b	7,62
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	2,16		1,92	



NIR — *LSD*_{0,05} = 1,24

Rys. 5. Plon badanych odmian w zależności od lat badań — *Seed yield of cultivated varieties depending on year of investigation*

i przez to mogły w pełni wykorzystać dobre uwilgotnienie gleby dla wytworzenia dużej liczby łuszczyń. Większa zmienność plonów w roku 2003 niż w latach 2004 i 2005 wskazuje, że różnice odmianowe wynikające z ich potencjału plonotwórczego silniej ujawniają się w warunkach stresowych. Również większa zmienność plonów w Zielęciniu niż w Łągiewnikach dowodzi, że w gorszych warunkach glebowych silniej ujawniają się różnice pomiędzy odmianami.

Synteza trzyletnich wyników badań wykazała, że z elementów struktury plonu pod wpływem nawożenia siarką zmieniała się istotnie liczba łuszczyń na roślinie, masa tysiąca nasion i masa nasion w łuszczyń, natomiast słabo różnicowała się liczba roślin plonujących, liczba łuszczyń na jednostce powierzchni i liczba nasion w łuszczyń. U większości odmian istotnie najwięcej łuszczyń na roślinie otrzymano po zastosowaniu części lub całej dawki siarki dolistnie w fazie pojedynczych (główny kwiatostan) nadal zamkniętych pąków kwiatowych (tab. 8).

Analizowane w doświadczeniu odmiany istotnie różniły się komponentami plonu. Najwięcej łuszczyń na pojedynczej roślinie tworzyły mieszańce złożone: Lubusz i Pomorzanin. Istotnie mniej łuszczyń wiązały mieszańce zrestorowane: BOH 3103 i MR 153, zaś najmniej ich odnotowano u odmiany populacyjnej Lisek i linii podwojonego haploidu H5-198. Mieszańiec złożony Pomorzanin odznaczał się najwyższą masą 1000 nasion, zaś linia DH H5-198 wyróżniała się istotnie największą liczbą nasion w łuszczyń i dużą masą nasion w łuszczyń.

Istotny wpływ na elementy struktury plonu miało środowisko (lata, miejscowości). Mała obsada roślin przed zbiorem w pierwszym roku badań była spowodowana większymi ubytkami roślin w okresie zimowego spoczynku. Mniejszego zagęszczenia rośliny nie zdołały zrekomensować zwiększoną liczbą łuszczyń i nasion w łuszczyń, gdyż wiosenna susza skutecznie ograniczyła ich wiązanie. Najwięcej łuszczyń wytworzyły rośliny w roku 2005, na co istotny wpływ miały bardzo korzystne warunki pogodowe (umiarkowana temperatura i odpowiednia ilość opadów), szczególnie w okresie kwitnienia i zawiązywania łuszczyń. Najbardziej zmiennym komponentem plonu była liczba łuszczyń na jednostce powierzchni. Spośród szczegółowych elementów struktury największą zmiennością odznaczała się liczba łuszczyń na roślinie, a najmniej zmienną cechą była masa 1000 nasion. Otrzymane wyniki są zgodne z badaniami innych autorów (Ojczyk i Jankowskiego 1996, Wójtowicza i Muśnickiego 2001, Wójtowicza 2005). Liczba nasion w łuszczyń (mało różnicowana przez nawożenie siarką i warunki pogodowe) zależała głównie od odmiany i była istotnie modyfikowana przez środowisko. Istotnie gorzej wypełnione łuszczyń posiadał rzepak uprawiany na lżejszych glebach Zielęcina. Również masa nasion w łuszczyń była tam mniejsza, mimo że nasiona były większe. Synteza z trzech lat wykazała, że plon był istotnie dodatnio skorelowany z liczbą łuszczyń na jednostce powierzchni. Spośród szczegółowych elementów struktury istotną dodatnią korelację z plonem wykazała liczba roślin na jednostce powierzchni i liczba łuszczyń na roślinie.

Tabela 8

Podstawowe i szczegółowe elementy struktury plonu rzepaku ozimego (średnio z 3 lat)
Basic and detailed yield components of winter oilseed rape (means from 3 years of the studies)

Czynniki <i>Factors</i>	Elementy struktury — <i>Yield components</i>					
	podstawowe — <i>basic</i>		szczełgłowe — <i>detailed</i>			
	liczba łuszczyn na 1 m ² <i>no of siliques per sq. m.</i>	masa nasion w łuszczynie <i>weight of seeds per pod</i> [mg]	liczba roślin plonujących [szt./m ²] <i>no. of plants per sq. m</i>	liczba łuszczyn na roślinie <i>no. of pods per plant</i>	liczba nasion w łuszczynie <i>no. of seeds per pod</i>	MTN <i>weight of 1000 seeds</i> [g]
<i>Dawka siarki — Sulphur rates [kg S·ha⁻¹]</i>						
0	6184	105,8 a	43,6	159,9 a	22,7	4,70 ab
10	7058	110,0 b	45,1	169,2 ab	23,6	4,69 ab
20	7051	107,0 ab	43,9	178,0 b	23,2	4,64 a
40	6512	107,0 ab	45,7	161,5 a	23,2	4,64 a
80	6851	109,0 ab	47,4	159,4 a	23,4	4,72 b
NIR _{0,05} — <i>LSD_{0,05}</i>	ni	3,99	ni	13,63	ni	0,072
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	65,1	18,1	38,1	53,2	20,1	8,58
<i>Odmiana — Variety</i>						
Lisek	5864 a	108,5 b	47,0 abc	141,0 a	23,7 b	4,62 b
Lubusz	8401 c	105,5 ab	49,4 c	207,3 c	22,4 a	4,75 c
Pomorzanie	7211 b	107,8 b	38,2 a	196,3 c	21,9 a	4,95 d
BOH 3103	6573 ab	109,9 bc	46,8 abc	160,4 b	24,0 b	4,61 b
MR 153	6646 ab	101,7 a	40,4 ab	170,8 b	22,1 a	4,63 b
H5-198	5694 a	113,6 c	49,1 bc	128,5 a	25,3 c	4,51 a
NIR _{0,05} — <i>LSD_{0,05}</i>	1036	4,46	9,05	18,38	0,957	0,051
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	63,3	17,8	39,7	50,8	19,4	8,01
<i>Lata — Years</i>						
2003	3352 a	113,3 b	27,8 a	122,5 a	23,8	4,79 b
2004	6247 b	110,1 b	50,3 c	127,3 a	22,9	4,88 c
2005	10594 c	100,1 a	42,8 b	252,4 b	23,0	4,37 a
NIR _{0,05} — <i>LSD_{0,05}</i>	886	5,349	4,07	15,05	ni	0,092
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	44,6	16,9	31,3	37,5	19,6	6,89
<i>Miejsce — Location</i>						
Łagiewniki	6703	118,5 b	41,1	164,3	26,4 b	4,49 a
Zielęcin	6760	97,2 a	39,5	170,5	20,0 a	4,87 b
NIR _{0,05} — <i>LSD_{0,05}</i>	ni	4,84	ni	ni	0,904	0,056
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	65,3	15,2	37,8	52,4	14,6	7,34
Korelacje z plonem <i>Correlation with yield</i>	0,51*	0,09	0,75*	0,23*	0,08	-0,17*

ni — różnica nieistotna — *non-significant difference*

* — istotne przy P = 0,01 — *significant at P = 0.01*

Wnioski

1. Nawożenie siarką wpływało istotnie na wzrost plonu nasion tylko w warunkach niedostatecznego zaopatrzenia roślin w siarkę, jakie obserwowano w obu miejscowościach wczesną wiosną w 2004 i 2005 roku. Brak efektu w plonie wykazano, gdy zaopatrzenie roślin w siarkę było optymalne (2003).
2. W warunkach niedostatecznego zaopatrzenia roślin w siarkę najlepsze efekty w plonie otrzymano po zastosowaniu dawki 10 lub 20 kg siarki podanej w całości lub jej części dolistnie.
3. Reakcja badanych typów rzepaku na nawożenie siarką była taka sama.
4. Stosowane dawki siarki słabo różnicowały pokrój roślin przed zbiorem, a z elementów struktury plonu najmocniej modyfikowały liczbę łuszczyn na jednostce powierzchni i liczbę łuszczyn na roślinie.

Literatura

- Bartkowiak-Broda I. 2002. Wzajemny związek postępu w agrotechnice i hodowli rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIII (1): 61-71.
- 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., Milford G.F.J., Fieldsend J.K. 1995. The effects of S and N on the yield and quality of oilseed rape in the U. K. *Proc. 9th Int. Rapeseed Congress*, Cambridge University, 1: 280-283.
- Budzyński W., Ojczyk T. 1995. Influence of sulphur fertilization on seed yield and seed quality of double low oilseed rape. *Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress*, Cambridge, 1: 284-286.
- Champolivier L., Merrien A. 1999. Comparison of growth, yield components and seed quality of an „hybrid-line” composite versus a classical line. *Proc. 10th Intern. Rapeseed Congress*. C.D., Canberra.
- Haneklaus S., Schnug E. 1991. Evaluation of the nutritional status of oilseed rape plants by leaf analysis. *Proc. 8th Int. Rapeseed Congress*, Saskatoon, 2: 536-541.
- 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*, Canberra. CD ROM.
- Heimann S. 2004. Odmiany rzepaku ozimego proponowane do uprawy przez COBORU w sezonie 2004/2005. *Wiś Jutra*, 7 (12): 31-35.
- Grzebisz W., Fotyma E. 1996. Ocena odżywienia siarką rzepaku uprawianego w północno-zachodniej Polsce. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVII (1): 275-280.
- 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.

- Janzen H.H., Bettany J.R. 1987. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. *Soil Sci.*, 144: 81-89.
- Janzen H.H., Bettany J.R. 1984. Sulphur nutrition of rapeseed. II. Effect of time of sulphur application. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, (48): 107-112.
- 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.
- Liersh A., Bartkowiak-Broda I., Ogrodowczyk M. 2000. Ocena plonowania i cech jakościowych różnego typu odmian mieszańcowych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (2): 341-358.
- Mercik S., Kalembasa S., Wiśniewska B., Podgajna G. 1999. Zawartość siarki ogólnej oraz jej frakcji w glebach w zależności od wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 465: 411-418.
- Merrien A. 1987. Aspects agronomiques de l'utilisation du soufre mineral sur colza d'hiver. *C.R. Sympos. Int. sur le Soufre*: 1-4.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H. 1998. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenia. *Wyd. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska.*
- Nyborg M., Bentlej C.F., Hoyt P.B. 1974. Effect of sulfur deficiency on seed yield of turnip rape. *Sulphur Inst. J.*, 10 (1): 14-15.
- Ojczyk T., Jankowski K. 1996. Głębokość orki a zimowanie i plonowanie rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVII (1): 249-255.
- Pandey L.B., Zehr B.E. 1999. Commercial heterosis of F₁ hybrids in Oilseed Brassica. *Proc. 10 th Int. Rapeseed Congress. C.D., Canberra.*
- Schnug E. 1991. Sulphur National Status of European crops and consequences for Agriculture. *Sulphur in Agriculture*, 15: 7-12.
- Walker K.C. Booth E.J. 1994. Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape. *Norw. J. Agric. Sci. Suppl.*, 15: 97-104.
- Weber R., Kaczmarek J., Kotecki A. 2003. Wpływ środowiska na zmienność plonowania odmian rzepaku ozimego w warunkach Dolnego Śląska. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIV (2): 395-404.
- Wielebski F. 2000. Aktualne problemy nawożenia rzepaku w Polsce. *Mat. monograficzne pt. Zbilansowane nawożenie siarką rzepaku. Aktualne problemy.* Grzebiś W. (red), Wyd. AR, Poznań, 261-276
- 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. Akad. Rol. w Poznaniu*, CCCIII: 149-167.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 1998. Zagęszczenie roślin w łanie jako istotny element kształtowania plonu nasion odmian populacyjnych i odmiany mieszańcowej rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX (2): 645-651.
- 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
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2003. Wpływ wiosennego nawożenia siarką na plon i zawartość glukozyzolanów w nasionach odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIV (1): 109-119.

- Withers P.J.A., Evans E.J., Bilsborrow P.E., Milford G.F.J., McGrath S.P., Zhao F., Walker K.C. 1995. Improving the prediction of sulphur deficiency in winter oilseed rape in the UK. Proc. 9th Int. Rapeseed Congress, Cambridge University, 1: 277-279.
- Woś H. 2002. Nowe odmiany rzepaku ozimego Hodowli Roślin Strzelce. Agro Serwis, 13 (244): 8-9.
- Wójtowicz M. 2005. Wpływ warunków środowiskowych na zmienność i współzależność pomiędzy plonem nasion rzepaku ozimego oraz komponentami jego struktury. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXVI (1): 99-110.
- Wójtowicz M., Muśnicki Cz. 2001. Zmienność i współzależność pomiędzy plonem nasion podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego a komponentami jego struktury. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCXXXV: 125-139.
- 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 University, 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), 3 (16): 26-51.