

**Franciszek Wielebski**

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

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

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

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, mieszańce, nawożenie azotem i siarką, tłuszcz, białko, glukozynolany, kwasy tłuszczowe

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia siarką (0, 15, 30 i 60 kg S·ha<sup>-1</sup>) w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>) na skład chemiczny nasion różnych form hodowlanych rzepaku ozimego. Przedmiotem badań były nasiona trzech odmian pochodzące z trzyletnich (2006–2008) ścisłych doświadczeń polowych.

Stosowane dawki azotu istotnie obniżały poziom tłuszczu, a zwiększały zawartość białka. Umiarkowana dawka azotu (120 kg·ha<sup>-1</sup>) istotnie zwiększała zawartość glukozynolanów indolowych (głównie 4-hydroksyglukobrasycyny) oraz udział w oleju kwasów: linolowego, linolenowego i eikozenowego, a obniżała udział kwasu oleinowego. Nawożenie siarką wpływało głównie na wzrost zawartości glukozynolanów oraz zmniejszenie zawartości tłuszczu i zwiększenie zawartości białka w nasionach. Aplikacja siarki nie wpływała istotnie na zawartość w oleju 7 podstawowych kwasów tłuszczowych.

Nie stwierdzono istotnego współdziałania azotu i siarki w kształtowaniu składu chemicznego nasion i oleju. Warunki środowiskowe istotnie różnicowały cechy jakościowe nasion i oleju badanych odmian rzepaku.

Key words: oilseed rape, hybrids, nitrogen and sulphur fertilization, fat, protein, glucosinolates, fatty acids

The experiment was carried out in order to investigate the effect of sulphur fertilization (0, 15, 30 i 60 kg S·ha<sup>-1</sup>) in diverse nitrogen (60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>) fertilization conditions on the content of fat, protein and glucosinolates in seeds and fatty acid composition in oil of different breeding forms of winter oilseed rape. The subjects of laboratory investigation were seeds of three cultivars from three-year experiment performed in 2006–2008.

The effect of spring nitrogen and sulphur fertilization on quantitative characteres of seeds and oil in all studied cultivars in the experiment was similar. The applied doses of nitrogen (60–180 N·ha<sup>-1</sup>) caused the reduction of fat and the increase of protein content. The moderate dose of nitrogen (120 N·ha<sup>-1</sup>) increased the indol glucosinolate content (mainly 4–hydroksyglukobrasycinin) as well as

the share of linoleic, linolenic, eicosenic acids in oil and reduced the share of oleic acid. Sulphur fertilization mainly influenced the growth of glucosinolate content and the decrease of the fat content and increase of the protein content in seeds. The application of sulphur did not influence significantly the content of 7 basic fatty acids in oil. The interaction of nitrogen and sulphur was not observed in the formation of fat and protein content in seeds and fatty acid composition in oil of the studied oilseed rape varieties.

Environmental conditions had a significant effect on the studied quantitative characters of seeds and oil. The differences in fat between years were over 7%, and of the protein over 3% in advantage to 2008 and 2007 respectively. The cultivars differed significantly in the content of protein, glucosinolate and fat as well as all studied fatty acids.

## Wstęp

---

Jakość nasion rzepaku jest warunkowana zawartością w nich głównie tłuszczu i białka oraz szkodliwych substancji, jakimi są glukozynolany. W Polsce obecnie są uprawiane wyłącznie odmiany rzepaku podwójnie ulepszanego, których nasiona są pozbawione kwasu erukowego i mają obniżoną dziesięciokrotnie zawartość szkodliwych związków siarkowych zwanych glukozynolanami. Dzięki temu są głównym krajowym surowcem do produkcji oleju jadalnego oraz wysokobiałkowej śruty wykorzystywanej w żywieniu zwierząt. Skład chemiczny nasion zależy głównie od czynnika genetycznego (odmiany) ale może być kształtowany również przez warunki środowiskowe (pogoda, gleba) i agrotechniczne. Z zabiegów agrotechnicznych na zawartość tłuszczu i białka w nasionach rzepaku najbardziej wpływa nawożenie, zwłaszcza azotem (Muśnicki i in. 1999, Jankowski i in. 2005).

Dla jakości nasion ważna jest nie tylko ilość, ale także jakość zgromadzonego w nich tłuszczu i białka. Wartość żywieniową oleju determinuje głównie skład kwasów tłuszczowych, który zależy przede wszystkim od odmiany, ale istotny wpływ mają także warunki pogodowe i agrotechniczne, zwłaszcza termin i sposób zbioru (Tys 2009). O jakości białka decyduje zawartość aminokwasów siarkowych — metioniny i cystyny, a także lizyny. Nawożenie siarką zwiększa zawartość aminokwasów egzogennych (Horodyski i Krzywińska 1979). Dostępność siarki dla roślin decyduje również o wykorzystaniu przez nie azotu, co w konsekwencji wpływa nie tylko na wysokość plonu (Bloem 1998) ale i jego jakość (Krauze i Bowszyc 2000, Zhao i in. 1995, Wielebski i Muśnicki 1998, Podleśna 2003). Przez wielu badaczy szeroko rozpatrywany jest problem wpływu nawożenia siarką na zawartość szkodliwych glukozynolanów w nasionach. Poziom zawartości tych substancji w nasionach decyduje o przydatności i wartości paszowej śruty rzepakowej. Większość badaczy wskazuje, że zbyt duże nawożenie siarką prowadzi do znacznego zwiększenia ich zawartości i przestrzega przed nadmiernym nawożeniem tym pierwiastkiem (Horodyski i Krzywińska 1979, Zhao i in. 1995, Wielebski i Muśnicki 1998, Haneklaus i in. 1999). Uprawiane odmiany mogą w niejednakowym stopniu reagować na czynniki nawozowe.

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia siarką w warunkach zróżnicowanych dawek azotu na zawartość tłuszczu, białka i glukozydów w nasionach oraz udział kwasów tłuszczowych w oleju różnych form hodowlanych rzepaku ozimego.

## Material i metody

---

Do badań wykorzystano nasiona pochodzące z trzyletnich (2006–2008) ścisłych doświadczeń polowych prowadzonych w 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'). 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 mieszańcowe: złożona (Kaszub) i zrestorowana (Kronos).

Metodykę badań polowych oraz warunki pogodowe w latach badań przedstawiono w pracy „Wpływ nawożenia siarką w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego” (Wielebski 2011).

W zebranych nasionach rzepaku określono zawartość białka i tłuszczu oraz szczegółowo przeanalizowano skład kwasów tłuszczowych, a także ilość i jakość glukozydów. Na podstawie uzyskanych wyników analiz chemicznych i plonu nasion obliczono wydajność białka i tłuszczu z 1 hektara.

Zawartość tłuszczu w nasionach oceniono wykorzystując magnetyczny rezonans jądrowy NMR, a białka na podstawie zawartości azotu oznaczonego metodą Kjeldahla. Skład kwasów tłuszczowych oznaczono za pomocą chromatografii gazowej estrów metylowych kwasów tłuszczowych — chromatograf firmy Hewlett Packard typ 3390A, a wycenę ilościową chromatogramów za pomocą stacji komputerowej (Byczyńska i Krzymański 1969). Zawartość glukozydów w nasionach oceniono metodą chromatografii gazowej (Michalski i in. 1995) jako desulfoglukozydylany i podano w  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$  nasion.

Zebrane dane poddano analizie statystycznej za pomocą pakietu STATISTICA. Istotność różnic określono testem Tukeya na poziomie ufności  $P = 0,05$  i wyrażono literowo.

## Wyniki i dyskusja

---

Czynniki badawcze doświadczenia (azot, siarka) w istotny sposób różnicowały wartość użytkową nasion. Analiza trzyletnich wyników badań wykazała, że wzrastające dawki azotu istotnie obniżały zawartość tłuszczu i zwiększały zawartość białka w nasionach wszystkich badanych odmian. Także wzrost dawek siarki powodował niewielki, ale istotny spadek zawartości tłuszczu i zwiększenie ilości białka w nasionach wszystkich odmian (tab. 1). Wyniki wielu wcześniejszych badań dowiodły również, że nawożenie azotem przyczynia się do istotnego obniżenia zawartości tłuszczu (Budzyński 1986, Muśnicki i in. 1999, Jankowski i Budzyński 2000, Wójtowicz 2004) i wzrostu zawartości białka w nasionach rzepaku (Wright i in. 1988, Jasińska i in. 1993, Wójtowicz i in. 2002). Pod wpływem nawożenia siarką przyrost białka uzyskał również Zhao i in. (1995), natomiast Apelqvist (1968) obserwował wzrost zawartości oleju w nasionach rzepaku. Badania Saalbacha (1966) dowiodły, że przy zwiększonym nawożeniu siarką, zawartość białka w rzepaku wzrastała głównie poprzez zwiększenie zawartości aminokwasów siarkowych.

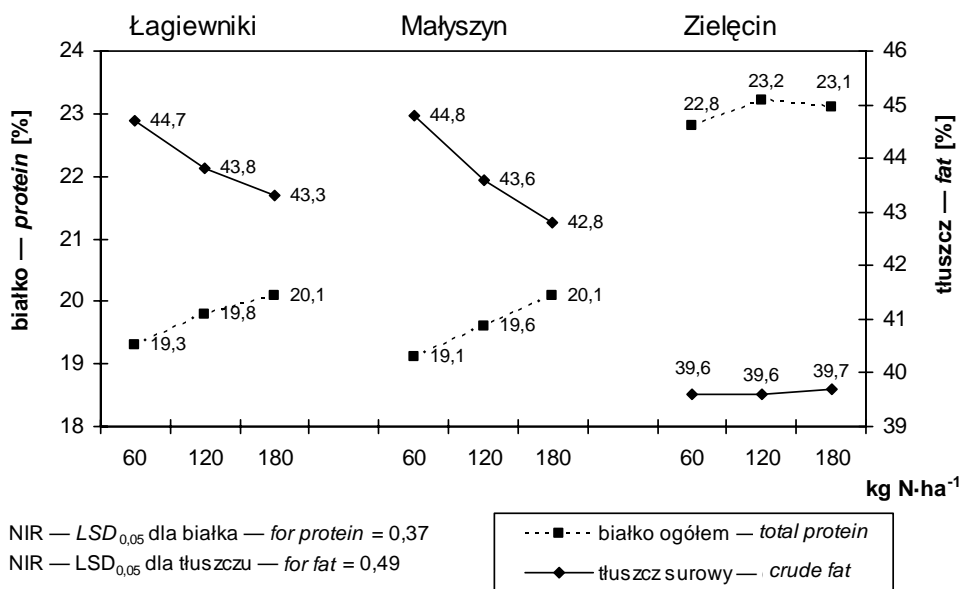
Wykazano istotne zróżnicowanie między miejscowościami w reakcji na badane czynniki nawozowe. Wzrastające dawki azotu we wszystkich miejscowościach istotnie zwiększały zawartość białka w nasionach, natomiast zawartość tłuszczu obniżało nawożenie azotem w Łagiewnikach i Małyszynie, zaś nie różnicowało jego zawartości w Zielęcinie, gdzie każdego roku poziom zaolejenia nasion był najniższy (rys. 1). Pod wpływem nawożenia siarką zawartość białka istotnie zwiększała się w Małyszynie i Zielęcinie, natomiast ilość tłuszczu w nasionach istotnie obniżała się tylko w Małyszynie, gdzie wczesną wiosną najczęściej obserwowano objawy niedoboru siarki (rys. 2). Pinkerton i in. (1995) uważają, że wczesne niedobory siarki obniżają zawartość tłuszczu w nasionach.

W badaniach własnych nie stwierdzono interakcji między nawożeniem azotem i siarką, co oznacza, że podobne zmiany w zawartości tych składników pod wpływem nawożenia siarką obserwowano na każdym poziomie nawożenia azotem. Nie obserwowano również istotnego współdziałania dawek azotu i siarki z odmianą, co dowodzi, że ich wpływ na oceniane cechy jakościowe u wszystkich odmian był podobny. Zawartość tłuszczu i białka silnie różnicowało środowisko (lata i miejscowości). We wszystkich miejscowościach najwięcej tłuszczu, a najmniej białka obserwowano w nasionach ze zbioru 2008 roku, natomiast najmniej tłuszczu, a najwięcej białka stwierdzono w nasionach zebranych w 2007 roku, który charakteryzował się mokrą wiosną. W warunkach dobrej wilgotności gleby nawożenie azotem silniej modyfikowało zawartość białka i tłuszczu w nasionach (tab. 1). Niedobór wody utrudniał roślinom pobranie składników pokarmowych z gleby i przez to mógł ograniczyć wpływ nawożenia azotem na zawartość białka i tłuszczu w nasionach (Wielebski i Wójtowicz 2004). Grzesiuk (1994) z kolei uważa, że dodatnio na zawartość tłuszczu wpływa długość okresu dojrzewania. W badaniach

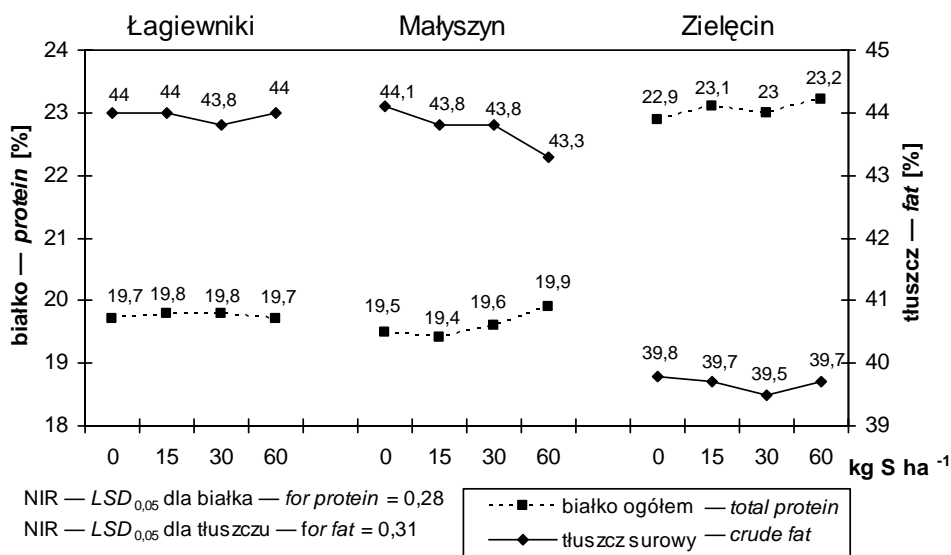
Tabela 1  
Zawartość tłuszczu i białka w nasionach rzepaku oraz wydajność składników pokarmowych  
*Fat and protein content and nutrients yield in the seeds*

Czynniki <i>Factors</i>	Zawartość — <i>Content</i> [%]		Wydajność — <i>Yield</i> [dt·ha <sup>-1</sup> ]	
	tłuszcz — <i>fat</i>	białko — <i>protein</i>	tłuszcz — <i>fat</i>	białko — <i>protein</i>
Dawka azotu — <i>N rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]				
60	43,4 c	20,3 a	18,3 a	8,78 a
120	42,3 b	20,9 b	19,8 b	9,74 b
180	41,6 a	21,3 c	19,7 b	10,1 b
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,28	0,216	0,57	0,36
Dawka siarki — <i>S rate</i> [kg·ha <sup>-1</sup> ]				
0	42,6 c	20,7 a	18,9 a	9,18 a
15	42,5 bc	20,8 ab	19,7 b	9,64 b
30	42,4 ab	20,8 ab	19,6 b	9,60 b
60	42,3 a	21,0 b	19,7 b	9,75 b
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,18	0,162	0,37	0,21
Odmiany — <i>Cultivars</i>				
Bojan	42,2 a	20,7 b	19,5 b	9,62 b
Kaszub	42,7 c	21,4 c	19,0 a	9,56 ab
Kronos	42,4 b	20,2 a	19,9 c	9,46 a
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,11	0,084	0,257	0,14
Lata — <i>Years</i>				
2006	43,1 b	20,2 ab	19,1 b	9,00
2007	38,4 a	22,7 b	15,8 a	9,43
2008	45,9 c	19,5 a	23,5 c	10,2
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,56	0,799	1,98	ni
Miejscowość — <i>Location</i>				
Łagiewniki	44,0 b	19,8 a	19,8 b	8,94 b
Zielęcín	39,7 a	23,0 b	21,1 b	12,2 c
Małyszyn	43,7 b	19,6 a	17,5 a	7,48 a
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,47	0,41	1,42	0,868

własnych różnica w zawartości tłuszczu (ponad 7%) na korzyść 2008 roku jest właśnie przykładem wpływu pogody na tę cechę nasion. W zawartości tłuszczu i białka w nasionach istotne różnice wystąpiły również między miejscowościami. Niezależnie od dawki azotu i siarki we wszystkich latach badań nasiona z Zielęcína charakteryzowały się największą zawartością białka, a najmniejszą zawartością tłuszczu; zawierały średnio ponad 3% więcej białka i około 4% mniej tłuszczu w porównaniu do nasion tych samych odmian w Małyszynie i Łagiewnikach (tab. 1).



Rys. 1. Zawartość tłuszczu i białka w nasionach w zależności od dawki azotu w Łagiewnikach, Małyszynie i Zielęcinie — Fat and protein content in seeds according to the dose of nitrogen in Łagiewniki, Małyszyn and Zielęcin



Rys. 2. Zawartość tłuszczu i białka w nasionach w zależności od dawki siarki w Łagiewnikach, Małyszynie i Zielęcinie — Fat and protein content in seeds according to the dose of sulphur in Łagiewniki, Małyszyn and Zielęcin

Niewielkie ale istotne różnice w zawartości tłuszczu i białka wystąpiły między odmianami. We wszystkich miejscowościach nasiona odmiany mieszańcowej złożonej Kaszub gromadziły najwięcej tłuszczu (42,7%) i białka (21,4%). Najmniej tłuszczu było w nasionach odmiany populacyjnej Bojan (42,2%), a najmniejszą zawartością białka charakteryzowała się odmiana mieszańcowa zrestorowana Kronos (20,2%).

Wydajność tłuszczu i białka zależała od czynników nawozowych i warunków siedliskowych. Nawożenie azotem i siarką istotnie zwiększało plon tłuszczu i białka. Wzrost plonu tłuszczu i białka obserwowano po zwiększeniu dawki azotu z 60 do 120 kg·ha<sup>-1</sup>. Również wyższy plon tłuszczu i białka w stosunku do kontroli nie nawożonej siarką obserwowano po zastosowaniu najniższej dawki siarki (15 kg·ha<sup>-1</sup>). Wyższe dawki siarki, jak i zwiększenie dawki azotu do 180 kg·ha<sup>-1</sup> nie różnicowały istotnie plonu tłuszczu i białka (tab. 1). Odmiany istotnie różniły się wydajnością tłuszczu i białka. Niezależnie od czynników nawozowych najwyższym plonem tłuszczu charakteryzowała się odmiana mieszańcowa zrestorowana Kronos (19,9 dt·ha<sup>-1</sup>), natomiast najwyższym plonem białka wyróżniała się odmiana populacyjna Bojan (9,62 dt·ha<sup>-1</sup>). Odmiana mieszańcowa złożona Kaszub odznaczała się najniższą wydajnością tłuszczu (19 dt·ha<sup>-1</sup>), natomiast nie różniła się istotnie od pozostałych plonem białka (9,56 dt·ha<sup>-1</sup>). Istotne różnice w plonie tłuszczu i białka wystąpiły między miejscowościami i latami. Najwyższą wydajność tłuszczu i białka uzyskano w Zielęcinie. Najniższy plon tłuszczu i białka zebrano we wszystkich latach w Małyszynie. Najwyższą wydajność tłuszczu uzyskano w 2008 roku zaś najmniej tego składnika zebrano w 2007 roku zarówno ze względu na niskie plony nasion jak i niską zawartość tłuszczu w nasionach wywołaną niekorzystnymi warunkami pogodowymi w końcowym okresie wiosennej wegetacji. Plon białka nie różnił się istotnie w latach badań.

Z czynników nawozowych tylko nawożenie azotem wpływało znacząco na udział kwasów tłuszczowych w oleju badanych odmian rzepaku. Wzrost dawki azotu z 60 do 120 kg·ha<sup>-1</sup> powodował istotne zwiększenie kwasu linolowego, linolenowego i eikozenowego, a obniżenie zawartości kwasu oleinowego. Zwiększenie dawki azotu do 180 kg·ha<sup>-1</sup> tylko nieistotnie różnicowało ich zawartość (tab. 2). Nieznaczne obniżenie zawartości kwasu oleinowego, a podwyższenie linolowego i linolenowego w oleju roślin rzepaku nawożonych wyższymi dawkami azotu (180 i 220 kg·ha<sup>-1</sup>) wykazali również w swoich badaniach Wójtowicz i Jajor (2006), którzy stwierdzili ponadto, że zawartość kwasu oleinowego ujemnie korelowała z zawartością kwasu linolowego i linolenowego. Jędrzejak i in. (2005) pod wpływem zwiększonych dawek azotu wykazali w oleju z nasion rzepaku jarego istotny wzrost zawartości kwasu palmitynowego, stearynowego linolowego i linolenowego, a obniżenie oleinowego. Wpływu nawożenia azotowego na skład kwasów tłuszczowych nie uzyskali natomiast Muśnicki i in. 1999, Kotecki i in. 2001, a także we wcześniejszych badaniach Wielebski i Wojtowicz (2004) oraz Wójtowicz (2004).

Tabela 2

Wpływ czynników doświadczenia na skład kwasów tłuszczowych w oleju badanych odmian rzepaku  
*Effect of experimental factors on fatty acid composition in oil of investigated oilseed rape cultivars*

Czynnik Factor	Kwasy tłuszczowe — Fatty acids [%]									
	C <sub>16:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>20:1</sub>	C <sub>22:1</sub>	SFA	UFA	C <sub>18:2</sub> /C <sub>18:3</sub>
Dawka azotu — N rate [kg ha <sup>-1</sup> ]										
60	4,74	1,75	63,8 b	19,8 a	8,50 a	1,24 a	0,10	6,49	92,2 b	2,38
120	4,75	1,75	63,4 a	20,0 b	8,64 b	1,29 b	0,14	6,49	92,1 a	2,36
180	4,74	1,74	63,3 a	20,1 b	8,70 b	1,29 b	0,11	6,48	92,1 a	2,37
NIR — LSD <sub>0,05</sub>	ni	ni	0,21	0,11	0,10	0,04	ni	ni	0,04	ni
Dawka siarki — S rate [kg ha <sup>-1</sup> ]										
0	4,74	1,75	63,5	20,0	8,62	1,30	0,14	6,49	92,1	2,37
15	4,75	1,74	63,5	20,0	8,62	1,25	0,10	6,49	92,2	2,37
30	4,74	1,75	63,5	20,0	8,61	1,27	0,12	6,48	92,1	2,37
60	4,75	1,74	63,6	20,0	8,60	1,27	0,11	6,49	92,1	2,37
NIR — LSD <sub>0,05</sub>	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
Odmiany — Cultivars										
Bojan	4,69 a	1,88 c	63,3 a	20,4 b	8,48 a	1,22 a	0,05 a	6,57 c	92,2 b	2,46 b
Kaszub	4,70 a	1,70 b	63,5 b	19,8 a	8,64 b	1,41 b	0,26 b	6,40 a	91,9 a	2,33 a
NIR — LSD <sub>0,05</sub> dla interakcji — for interaction	N rate × odmiana — cultivars — ni									
N rate × S rate — ni	S rate × odmiana — cultivars — ni									

ni — różnica nieistotna — non significant difference

C<sub>16:0</sub> — palmitynowy — palmitic

C<sub>18:3</sub> — linolenowy — linolenic

Nasycone kwasy tłuszczowe — Saturated fatty acids — SFA [C<sub>16:0</sub> + C<sub>18:0</sub>]

Nienasycone kwasy tłuszczowe — Unsaturated fatty acids — UFA [C<sub>18:1</sub> + C<sub>18:2</sub> + C<sub>18:3</sub>]

C<sub>18:0</sub> — stearynowy — stearic

C<sub>20:1</sub> — eikozenowy — eicosenic

C<sub>22:1</sub> — erukowy — erucic

C<sub>18:1</sub> — oleinowy — oleic

C<sub>18:2</sub> — linolowy — linoleic



Nie stwierdzono istotnego wpływu siarki w dawkach 15–60 kg·ha<sup>-1</sup> na zawartość w oleju 7 podstawowych kwasów tłuszczowych. Również suma i procentowy udział kwasów nasyconych (palmitynowy + stearynowy) oraz nienasyconych 18-węglowych (oleinowy + linolowy + linolenowy) nie zmieniała się pod wpływem nawożenia siarką. Brak wpływu nawożenia siarką na zawartość kwasów tłuszczowych wykazał wcześniej Mazur i in. (1977). Również na podstawie innych badań Wielebski i Wójtowicz (2004) oraz Wielebski (2006) nie stwierdzili istotnego wpływu dawek siarki na skład kwasów tłuszczowych oleju.

Zawartość kwasów w oleju zależała głównie od odmiany. Skład kwasów tłuszczowych jest bowiem kontrolowany głównie na drodze genetycznej (Krzymański 1970, 2009; Bartkowiak-Broda, Krzymański 1983). Istotne różnice międzyodmianowe wykazano w stosunku do wszystkich badanych kwasów tłuszczowych. Względem odmiany populacyjnej Bojan mieszańce zawierały mniej kwasu linolowego, a więcej oleinowego i linolenowego. Odmiana mieszańcowa Kronos w przeciwieństwie do odmiany Bojan charakteryzowała się najwyższą zawartością nasyconego kwasu palmitynowego i najniższą kwasu stearynowego. W stosunku do odmiany populacyjnej Bojan oleje odmian mieszańcowych charakteryzowały się niższym stosunkiem kwasu linolowego do linolenowego, tj. kwasów omega-6 (n-6) do omega-3 (n-3). Stosunek 2 : 1 jest prawie idealny z punktu widzenia potrzeb żywieniowych (Krzymański 2009).

Synteza trzyletnich wyników badań wykazała, że na skład kwasów tłuszczowych istotny wpływ miało środowisko. Udział kwasów tłuszczowych w oleju jest cechą odmianową, jednak pewien wpływ mają warunki środowiska (zwłaszcza pogoda), w którym zachodzi wegetacja roślin (Krzymański 2009). Przebieg pogody w latach badań istotnie różnicował procentowy udział kwasów tłuszczowych, a także sumę nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych, za wyjątkiem kwasu erukowego (tab. 3). Mogło być to skutkiem kwietniowej suszy w Łagiewniakach i Małyszynie, a następnie obfitych opadów jakie notowano w maju oraz w fazie dojrzewania nasion. W Zielęcinie natomiast niedobór opadów obserwowano niemal do końca wegetacji rzepaku. W pozostałych latach (2006 i 2008) niekorzystne wiosną warunki wilgotnościowo-termiczne (niedobory opadów do 55%) wystąpiły we wszystkich miejscowościach. W warunkach dużego uwilgotnienia gleby badane odmiany gromadziły w oleju istotnie więcej kwasu palmitynowego, linolowego i eikozenowego, w przypadku zaś suszy więcej w oleju było kwasu oleinowego (rys. 3, 4 i tab. 3). Odmienne zależności stwierdzili w swoich badaniach Kotecki i in. (2002), którzy wykazali, że w warunkach suszy zmniejszała się zawartość kwasu oleinowego, a wzrastała zawartość kwasu linolowego i linolenowego. W zbliżonych warunkach wilgotnościowo-termicznych, jakie obserwowano w pierwszym (2006) i trzecim roku (2008) badań, obserwowano niewielkie zróżnicowanie w składzie kwasów tłuszczowych między miejscowościami.

Tabela 3

Wpływ czynników środowiskowych na skład kwasów tłuszczowych w oleju z nasion rzepaku ozimego (średnie z lat 2006–2008)  
*Effect of environmental conditions on fatty acid composition in oil of winter oilseed rape seeds (means 2006–2008)*

Czynnik <i>Factor</i>	Kwasy tłuszczowe — <i>Fatty acids</i> [%]										
	C <sub>16:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>20:1</sub>	C <sub>22:1</sub>	SFA	UFA	C <sub>18:2</sub> /C <sub>18:3</sub>	
Lata — <i>Years</i>											
2006	4,60 a	1,97 c	66,1 c	19,0 a	6,97 a	1,22 a	0,12	6,57 b	92,1 a	2,73 c	
2007	5,03 b	1,54 a	61,3 a	21,7 b	8,98 b	1,33 c	0,13	6,57 b	92,0 a	2,42 b	
2008	4,60 a	1,73 b	63,1 b	19,3 a	9,88 c	1,27 b	0,11	6,32 a	92,3 b	1,96 a	
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,086	0,043	0,667	0,363	0,349	0,033	ni	0,099	0,096	0,075	
Miejscowość — <i>Location</i>											
Łagiewniki	4,78 b	1,77 b	63,7	20,0	8,42 a	1,25	0,10	6,56 b	92,1	2,42 b	
Małyszyn	4,71 a	1,78 b	63,5	19,9	8,74 b	1,26	0,12	6,49 ab	92,1	2,32 a	
Zielęcin	4,73 a	1,69 a	63,4	20,1	8,67 b	1,30	0,14	6,42 a	92,2	2,37 ab	
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,050	0,057	ni	ni	0,205	ni	ni	0,091	ni	0,057	
Lata × miejscowość — <i>Years × Location</i>											
NIR — <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	0,082	0,099	0,596	0,424	0,346	ni	0,094	0,159	0,239	0,099	

ni — różnica nieistotna — *non significant difference*

C<sub>16:0</sub> — palmitynowy — *palmitic*

C<sub>18:0</sub> — stearynowy — *stearic*

C<sub>18:1</sub> — oleinowy — *oleic*

C<sub>18:2</sub> — linolowy — *linoleic*

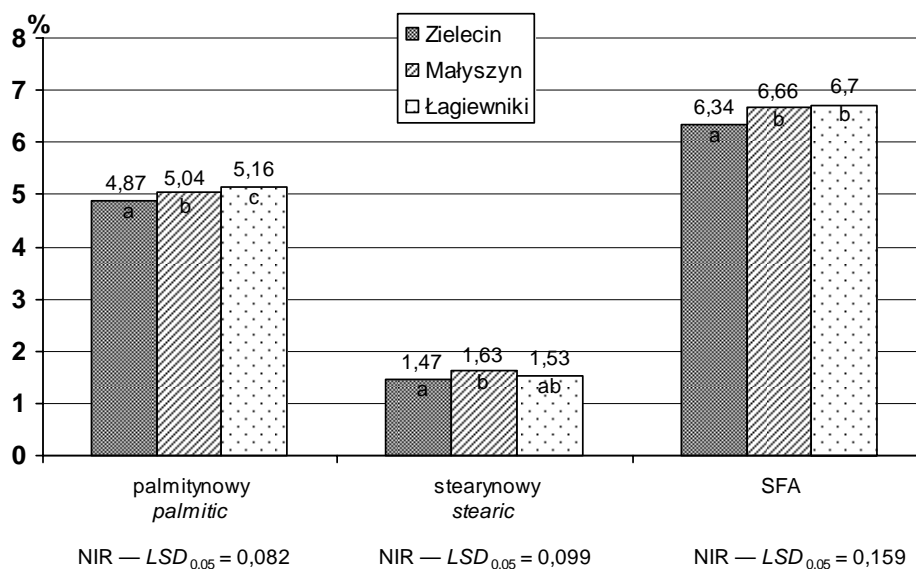
C<sub>18:3</sub> — linolenowy — *linolenic*

C<sub>20:1</sub> — eikozenowy — *eicosenic*

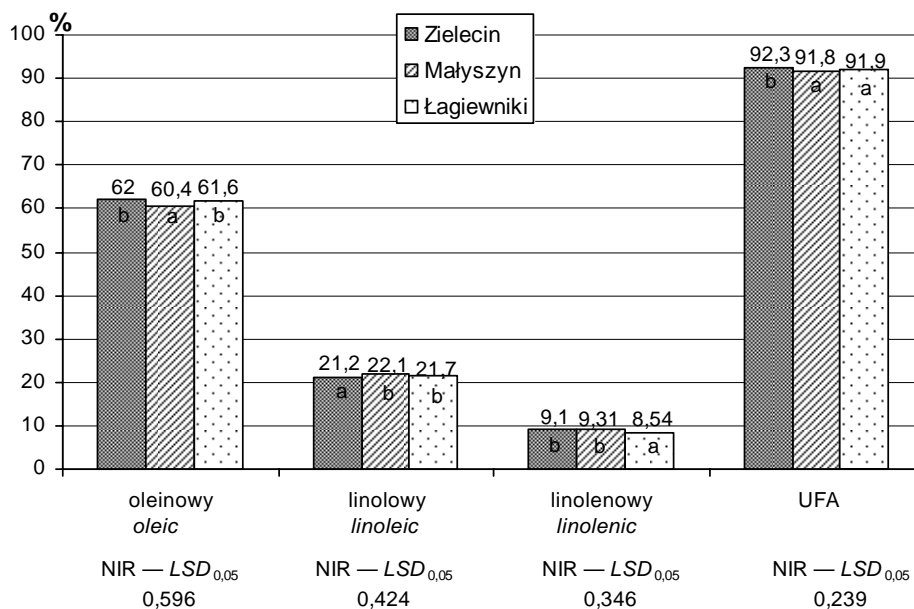
C<sub>22:1</sub> — erukowy — *erucic*

SFA — Nasycone kwasy tłuszczowe — *Saturated fatty acids* [C<sub>16:0</sub> + C<sub>18:0</sub>]

UFA — Nienasycone kwasy tłuszczowe — *Unsaturated fatty acids* [C<sub>18:1</sub> + C<sub>18:2</sub> + C<sub>18:3</sub>]



Rys. 3. Udział kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA) w olejach nasion zebranych w 2007 roku w badanych miejscowościach — *Content of saturated fatty acids (SFA) in oil of seeds in investigated locations in year 2007*



Rys. 4. Udział kwasów tłuszczowych nienasyconych (UFA) w olejach nasion zebranych w 2007 roku w badanych miejscowościach — *Content of unsaturated fatty acids (UFA) in oil of seeds in investigated location in year 2007*

Zawartość glukozynolanów była różnicowana głównie przez nawozy siarkowe, natomiast różnice w zawartości glukozynolanów spowodowane nawożeniem azotowym (za wyjątkiem 4-hydroksyglukobrasycyny) nie były istotne. Umiarkowana dawka azotu ( $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) istotnie zwiększała zawartość glukozynolanów indolowych, głównie 4-hydroksyglukobrasycyny (tab. 4). Istotny wzrost zawartości glukozynolanów pod wpływem dawek azotu wykazali również inni badacze. Bilborrow i in. (1995) stwierdzili wzrost zawartości progoitryny, zaś Wójtowicz i Jajor (2006) w wyniku nawożenia azotem obserwowali wzrost zawartości glukobrassicapiny. Wpływu nawożenia azotem na zawartość glukozynolanów w nasionach nie wykazali Wójtowicz (2004) oraz Wielebski i Wójtowicz (2004). We wszystkich miejscowościach i latach badań wzrastające dawki siarki powodowały istotny wzrost glukozynolanów alkenowych: glukonapiny, glukobrassicapiny i progoitryny oraz istotny wzrost glukozynolanów indolowych za wyjątkiem napoleiferyny. Nawożenie siarką w znacznie większym stopniu (trzykrotnie) zwiększało zawartość glukozynolanów alkenowych (o 17%) niż indolowych (o 5%). Znacznie szybsze tempo przyrostu bardziej szkodliwych glukozynolanów alkenowych potwierdzają wcześniejsze badania autora (Wielebski i Muśnicki 1998, Wielebski 2006) oraz innych badaczy (Zhao i in. 1995). Nie stwierdzono istotnego współdziałania azotu i siarki w kształtowaniu zawartości tych specyficznych substancji antyżywniowych w nasionach badanych odmian rzepaku. Nie wykazano również istotnego zróżnicowania reakcji badanych form rzepaku na stosowane dawki siarki. U wszystkich odmian rzepaku obserwowano przy każdej dawce azotu podobny przyrost glukozynolanów pod wpływem stosowanych dawek siarki. W zawartości glukozynolanów istotne różnice wystąpiły między odmianami. Niezależnie od dawek siarki i azotu we wszystkich miejscowościach i latach badań największą sumą glukozynolanów, jak i glukozynolanów alkenowych, charakteryzowała się odmiana mieszańcowa złożona Kaszub (odpowiednio 16,30 i 11,8  $\mu\text{mol/g}$  nasion). Mniej glukozynolanów, zarówno od odmiany mieszańcowej złożonej Kaszub, jak i odmiany populacyjnej Bojan (11,7  $\mu\text{mol/g}$ ) zawierały nasiona mieszańca zrestorowanego Kronos (10,1  $\mu\text{mol/g}$  nasion). Odmianę Bojan i Kronos charakteryzował również większy udział mniej szkodliwej frakcji indolowej (odpowiednio 38 i 39%) w stosunku do odmiany mieszańcowej złożonej Kaszub (28%).

Wykazano istotny wpływ warunków siedliskowych (lat i miejscowości) na zawartość poszczególnych glukozynolanów, jak i sumy glukozynolanów ogółem (tab. 5). Każdego roku, niezależnie od dawki siarki i azotu, najwięcej glukozynolanów w nasionach badanych odmian obserwowano w Zielęcinie, zaś najmniej w Łagiewnikach. We wcześniejszych badaniach autora (Wielebski 2006) nasiona w Zielęcinie charakteryzowała również wyższa zawartość glukozynolanów, na co miała wpływ zasobność gleb w siarkę. Mimo, że we wszystkich miejscowościach była ona niska, to glebę w Zielęcinie charakteryzowała wyższa zawartość siarki siarczanowej (0,81–0,95) niż w Łagiewnikach (0,54–0,70) i Małyszynie (0,30–

Tabela 4

Wpływ czynników doświadczenia na zawartość glukozynolanów w nasionach badanych odmian rzepaku  
*Effect of experimental factors on glucosinolate content in seeds of investigated winter oilseed rape cultivars*

Czynnik Factor	Zawartość glukozynolanów [ $\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ nasion] — Glucosinolate content [ $\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ seeds]									
	glnap	glbra	progo	napol	ind	4-OH	alkenowe — alkenyl	indolowe — indol	suma — total	
60	2,64	0,71	4,92	0,13	0,13	4,09 a	8,39	4,22 a	12,6	100
120	2,64	0,69	4,99	0,13	0,14	4,26 b	8,45	4,40 b	12,8	102
180	2,63	0,66	4,98	0,12	0,14	4,19 b	8,40	4,32 ab	12,7	101
NIR — $LSD_{0,05}$	ni	ni	ni	ni	ni	0,153	ni	0,162	ni	ni
Dawka azotu — N rate [ $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]										
0	2,43 a	0,59 a	4,57 a	0,13	0,12 a	4,08 a	7,72 a	4,20 a	11,9 a	100
15	2,59 b	0,68 b	4,93 b	0,12	0,14 b	4,19 ab	8,32 b	4,33 ab	12,7 b	107
30	2,67 b	0,72 c	5,04 b	0,12	0,14 b	4,20 ab	8,54 b	4,33 ab	12,9 b	108
60	2,85 c	0,76 d	5,32 c	0,13	0,14 b	4,26 b	9,06 c	4,40 b	13,5 c	113
NIR — $LSD_{0,05}$	0,115	0,037	0,219	ni	0,016	0,144	0,359	0,154	0,382	
Dawka siarki — S rate [ $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]										
Odmiany — Cultivars										
Bojan	2,56 b	0,50 a	4,09 b	0,11 a	0,16 c	4,29 b	7,26 b	4,45 b	11,7 b	100
Kaszub	3,55 c	1,04 b	7,07 c	0,16 b	0,14 b	4,38 c	11,8 c	4,52 b	16,3 c	139
Kronos	1,79 a	0,52 a	3,73 a	0,11 a	0,11 a	3,87 a	6,16 a	3,98 a	10,1 a	86
NIR — $LSD_{0,05}$	0,087	0,028	0,166	0,013	0,012	0,014	0,270	0,085	0,30	
NIR — $LSD_{0,05}$ dla interakcji — for interaction										
N rate $\times$ S rate — ni										
N rate $\times$ odmiana — cultivars — ni										
S rate $\times$ odmiana — cultivars — ni										

ni — różnica nieistotna — non significant difference

glnap — glukonapina — gluconapin

napol — napoleiferyna — napoleiferin

glbra — glukobrassicapina — glucobrassicinapin

ind — indolowe — indol

progo — progoitryna — progoitryn

4-OH — 4-hydroksyglukobrassicyna — 4-hydroksyglucobrassicin

Tabela 5

Wpływ czynników środowiskowych na zawartość glukozynolanów w nasionach rzepaku ozimego (średnie z lat 2006–2008)  
*Effect of environmental conditions on glucosinolate content in seeds of winter oilseed rape (means 2006–2008)*

Czynnik Factor	Zawartość glukozynolanów [ $\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ nasion] — Glucosinolate content [ $\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ seeds]									
	glnap	glbra	progo	napol	ind	4-OH	alkenowe alkenyl	indolowe indol	suma total	
	Lata — Years									
2006	2,72 b	0,43 a	4,74 b	0,12 b	0,08	3,79 a	8,00 b	3,87 a	11,9 b	
2007	2,72 b	1,12 c	6,48 c	0,16 c	0,15	4,33 ab	10,50 c	4,48 ab	15,0 c	
2008	2,47 a	0,51 b	3,67 a	0,10 a	0,18	4,42 b	6,76 a	4,59 b	11,4 a	
NIR — $LSD_{0,05}$	0,200	0,038	0,419	0,016	ni	0,611	0,566	0,711	0,390	
	Miejscowość — Location									
Łagiewniki	2,24 a	0,60 a	4,16 a	0,14 b	0,11	3,96	7,14 a	4,07	11,2 a	
Małyszyn	2,72 b	0,70 b	4,86 b	0,11 a	0,14	4,27	8,40 b	4,41	12,8 b	
Zielęcın	2,94 c	0,76 c	5,88 c	0,13 a	0,16	4,30	9,70 c	4,47	14,2 c	
NIR — $LSD_{0,05}$	0,155	0,052	0,438	0,021	ni	ni	0,615	ni	0,529	
	Lata $\times$ miejscowość — Years $\times$ Location									
NIR — $LSD_{0,05}$	0,268	0,090	0,759	0,036	ni	0,809	1,066	0,925	0,916	

ni — różnica nieistotna — non significant difference

glnap — glukonapina — gluconapin

napol — napoleiferyna — napoleiferin

glbra — glukobrassicapina — glucobrassicinapin

ind — indolowe — indol

progo — progoitryna — progoitryn

4-OH — 4-hydroksyglukobrassicyna — 4-hydroksyglucobrassicin

0,49 mg SO<sub>4</sub>/100 g gleby). W warunkach mokrej wiosny (2007 rok), zawartość glukozyolanów w nasionach badanych odmian była istotnie wyższa niż w pozostałych latach badań (2006 i 2008), w których wiosną notowano duży niedobór wody. Istotnie wyższa w 2007 roku była również zawartość białka, natomiast obserwowano istotnie mniejszą zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku.

## Wnioski

---

1. Stosowane dawki azotu (60–180 kg·ha<sup>-1</sup>) istotnie obniżały poziom tłuszczu, a zwiększały zawartość białka w badanej masie nasion. Umiarkowana dawka azotu (120 kg·ha<sup>-1</sup>) istotnie zwiększała zawartość glukozyolanów indolowych (głównie 4-hydroksyglukobrasycyny) oraz udział w oleju kwasów: linolowego, linolenowego i eikozenowego, a obniżała udział kwasu oleinowego.
2. Nawożenie siarką wpływało głównie na wzrost zawartości glukozyolanów oraz powodowało zmniejszenie zawartości tłuszczu i zwiększenie zawartości białka w nasionach. Aplikacja siarki nie różnicowała istotnie zawartości siedmiu podstawowych kwasów tłuszczowych w oleju.
3. Nie stwierdzono istotnego współdziałania azotu i siarki w kształtowaniu zawartości i wydajności tłuszczu i białka oraz zawartości glukozyolanów w nasionach i udziału kwasów tłuszczowych w oleju badanych odmian rzepaku.
4. Badane cechy jakościowe nasion i oleju istotnie różnicowało środowisko. Różnice między latami w zawartości tłuszczu w nasionach wynosiły ponad 7%, a białka ponad 3% na korzyść odpowiednio 2008 i 2007 roku. W Zielęcinie, nasiona oprócz najwyższej zawartości glukozyolanów, zawierały średnio ponad 3% więcej białka i około 4% mniej tłuszczu niż nasiona tych samych odmian w Małyszynie i Łagiewnikach.
5. Istotne różnice międzyodmianowe wykazano w zawartości białka, glukozyolanów, tłuszczu i wszystkich badanych kwasów tłuszczowych. Największą zawartością tłuszczu i białka oraz glukozyolanów charakteryzowały się nasiona odmiany mieszańcowej złożonej Kaszub. Najmniej białka i glukozyolanów zawierały nasiona odmiany mieszańcowej zrestorowanej Kronos. W stosunku do odmiany populacyjnej Bojan oleje odmian mieszańcowych zawierały mniej kwasu linolowego, a więcej kwasu oleinowego i linolenowego.

## Literatura

---

- Apelqvist L.A. 1968. Lipids in cruciferae. Fatty acid composition of Brassica Napus seed as affected by nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur nutrition of the plants. *Physiol. Plant.*, (21): 455-465.
- Bartkowiak-Broda I., Krzymański J. 1983. Inheritance of C-18 fatty acids composition in seed oil of zeroerucic winter rape. (*Brassica napus* L.). Proc. 6th Inter. Rapeseed Conference, Paris, 17-19.05.1983, 1: 477-482.
- Bilborrow 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.
- Budzyński W. 1986. Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.*, 41, suppl. B: 1-56.
- Byczyńska B., Krzymański J. 1969. Szybki sposób otrzymania estrów metylowych kwasów tłuszczowych do analizy metodą chromatografii gazowej. *Tłuszcze Jadalne*, XIII: 108-114.
- Grzesiuk S., Górecki R. 1994. *Fizjologia plonów, wprowadzenie do przechowalnictwa*. Wyd. ART Olsztyn.
- 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.
- Horodyski A., Krzywińska F. 1979. Wpływ nawożenia siarką na plon i jakość nasion rzepaku ozimego. *Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol.*, 229: 101-109.
- Jankowski K., Budzyński W. 2000. Wpływ sposobu wiosennego nawożenia azotem na plonowanie i energochłonność produkcji rzepaku ozimego. I. Wysokość i jakość plonu nasion. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (2): 429-438.
- 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.
- Jasińska Z., Malarz W., Budzyński W., Toboła P. 1993. Wpływ sposobu wiosennego nawożenia azotem na plonowanie rzepaku ozimego. *Post. Nauk Roln.*, 6: 33-40.
- Jędrzejak M., Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2005. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na profil kwasów tłuszczowych oleju rzepaku jarego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVI (1): 139-148.
- Kotecki A., Malarz W., Kozak M., Aniołowski K. 2001. Wpływ nawożenia azotem na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku jarego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXII (1): 81-89.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2002. Wykorzystanie słomy pszenicy ozimej do nawożenia rzepaku ozimego. IV. Wpływ nawożenia słomą pszenicy i wapniem na skład chemiczny nasion rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIII (2): 327-336.
- 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.
- Krzymański J. 1970. Genetyczne możliwości ulepszania składu chemicznego nasion rzepaku ozimego. *Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo*, 14 (2): 95-133.



- Krzymański J. 2009. Skład chemiczny oleju rzepakowego na tle innych olejów roślinnych. W: Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda. Teraz rzepak Teraz olej. Krzymański J. (red). Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju, Warszawa, II: 25-30.
- Mazur T., Ciecko Z., Kozłowski M. 1977. Influence of nitrogen and sulphur fertilization on yield and seed composition of rape. Zesz. Nauk. Akad. Roln. Tech. Olst., 19: 189-198.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape – effect of sample preparation on analytical results. Proc. 9th Int. Rapeseed Congress Cambridge, UK, 3: 911-913.
- Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicka B. 1999. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na jakość plonu rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XX (II): 459-469.
- Pinkerton A., Hocking P.J., Wang Q. 1995. Critical periods of sulphur nutrition of canola. Proc. 9th Int. Rapeseed Congress Cambridge, UK, 1: 302-304.
- Podleśna A. 2003. Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXIV (2): 641-649.
- Saalbach E. 1966. Nawożenie siarką a jakość białka. Sulphur Institute Journal, 2, 3: 2-5
- Tys. J. 2009. Wpływ warunków produkcji i obróbki pozbiorowej nasion rzepaku na jakość plonu. W: Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda. Teraz rzepak Teraz olej. Krzymański J. (red). Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju, Warszawa, II: 25-30.
- Wielebski F. 2006. Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych. II. Wpływ na jakość i skład chemiczny nasion. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXVII (2): 283-297.
- Wielebski F., Muśnicki Cz. 1998. Wpływ wzrastających dawek siarki i sposobu jej aplikacji na plon i zawartość glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego w warunkach doświadczeń polowych. Rocz. Akad. Rol. w Poznaniu, CCCIII: 149-167.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2004. Wpływ czynników agrotechnicznych na skład chemiczny nasion odmiany mieszańcowej zrestorowanej w porównaniu z odmianą populacyjną i odmianami mieszańcowymi złożonymi. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXV (2): 505-519.
- Wielebski F. 2011. Wpływ nawożenia siarką w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXXII (1): 61-78.
- Wójtowicz M. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i warunków środowiskowych na cechy biologiczne i użytkowe złożonych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego Kaszub i Mazur. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXV (1): 109-123.
- Wójtowicz M., Wielebski F., Czernik-Kołodziej K. 2002. Wpływ wiosennego nawożenia azotem na cechy rolnicze i użytkowe nowych form hodowlanych rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXIII (1): 337-350.
- Wójtowicz M., Jajor E. 2006. Wpływ nawożenia azotowego na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXVII (1): 31-43.
- Wright G.C., Smith C.J., Woodroffe M.R. 1988. The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (*Brassica napus* L.) production in south-eastern Australia. I. Growth and seed yield. Irrig. Sci., 9: 1-13.
- 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. 9th Int. Rapeseed Congress Cambridge, UK, 1: 271-273.