

Marek Wójtowicz, Ewa Jajor*

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

* Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu

Wpływ nawożenia azotowego na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku ozimego

Effect of nitrogen fertilization on chemical composition of seeds of five winter oilseed rape cultivars

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, nawożenie azotem, odmiany, tłuszcz surowy, białko ogółem, glukozynolany, kwasy tłuszczowe

Celem badań było określenie wpływu wiosennego nawożenia azotem na zawartość tłuszczu surowego, białka ogólnego i glukozynolanów w nasionach oraz zawartość kwasów tłuszczowych w oleju pięciu odmian rzepaku ozimego. Przedmiotem badań były nasiona pochodzące z dwuletniego doświadczenia przeprowadzonego w latach 2004 i 2005 na polach Gospodarstwa Łągiewniki. Odmiany różniły się istotnie zawartością tłuszczu, białka, glukozynolanów, a także kwasu stearynowego, oleinowego, linolowego, linolenowego i eikozynowego. Wpływ poziomu wiosennego nawożenia azotem na oceniane cechy jakościowe był podobny u wszystkich uprawianych w doświadczeniu odmian. Odnotowano niewielkie, ale istotne oddziaływanie nawożenia azotem na całkowitą zawartość glukozynolanów w nasionach. Nawożenie azotowe nie wywierało istotnego wpływu na skład kwasów tłuszczowych oleju. Również warunki środowiska, a także interakcja warunków środowiska z czynnikiem agrotechnicznym i odmianowym nie wpływały istotnie na oceniane w doświadczeniu cechy jakościowe.

Key words: winter oilseed rape, nitrogen application, cultivars, glucosinolates, fatty acids

The experiment was carried out in order to investigate the effect of nitrogen fertilization on the content of crude fat, total protein and glucosinolates in seeds and fatty acid composition in oil of five cultivars of oilseed rape. The subjects of laboratory investigation were seeds from two-year experiment performed in 2004 and 2005 in Łągiewniki. Cultivars significantly differed in content of crude fat, total protein, glucosinolates and content of stearic, oleic, linoleic, linolenic and eicosenic acid. The effect of spring nitrogen fertilization on qualitative characters was similar in all cultivars cultivated in the experiment. The increase of nitrogen dose from 60 to 220 kg·ha⁻¹ caused the decrease of crude fat content from 46.0 to 44.2% and increase of total protein from 18.4 to 20.1%.

Small but significant effect of nitrogen fertilization on total glucosinolate content in seeds was noticed. As a result of the increase of nitrogen dose from 60 to 220 kg·ha⁻¹, glucosinolate content in seeds increased about 1.2 μM·g⁻¹.

Nitrogen fertilization did not influence significantly fatty acid composition in oil.

Environmental conditions and the interaction of environmental conditions with agronomy and cultivar factors did not have significant effects on quantitative characters evaluated in the experiment.

Wstęp

Ocena jakości uzależniona jest od kierunku użytkowania plonu głównego i ubocznego roślin i polega na określeniu możliwości wykorzystania uprawy do celów konsumpcyjnych, pastewnych i technologicznych. Jakość plonu jest warunkowana jego składem chemicznym. Aktualnie uprawiane podwójnie uszlachetnione odmiany są źródłem oleju o wysokiej wartości spożywczej oraz śruty o znacznie obniżonej zawartości glukozyolanów. Dzięki temu nasiona rzepaku mogą być w pełni wykorzystane w gospodarce: olej do celów jadalnych, a wysokobiałkowa śruta w żywieniu zwierząt. Obecnie dużą uwagę poświęca się wykorzystaniu oleju do celów niespożywczych, takich jak produkcja farb i lakierów oraz biopaliwa do silników wysokoprężnych (Krzymański 1993).

Skład chemiczny nasion rzepaku warunkowany jest przez genotyp odmiany, ale może być kształtowany przez warunki środowiskowe i zabiegi agrotechniczne. Zabiegiem agrotechnicznym najsilniej oddziałującym na skład chemiczny nasion jest nawożenie mineralne. Zawartość białka i tłuszczu w nasionach rzepaku jest znacząco modyfikowana przez wiosenne nawożenie azotem (Muśnicki i in. 1999). Natomiast wpływ nawożenia azotem na zawartość glukozyolanów w nasionach rzepaku (Wójtowicz i in. 2002, Wielebski i Wójtowicz 2004, Wójtowicz 2004) i profil kwasów tłuszczowych (Demiński i in. 1967, Delhaye i Guyot 1969, Kotecki i in. 2001, Muśnicki i in. 1999, Wielebski i Wójtowicz 2004, Wójtowicz 2004) jest na ogół statystycznie nieistotny. Niemniej Bilborow i inni (1995) wykazują istotne zwiększenie zawartości glukozyolanów, a Jędrzejak i inni (2005) zmiany składu kwasów tłuszczowych pod wpływem nawożenia azotem. Wpływ nawożenia na skład nasion może być uzależniony od warunków środowiskowych. Również uprawiane odmiany w niejednakowym stopniu mogą reagować na poziom nawożenia azotem (Gerath i Schweiger 1991).

Celem badań było określenie wpływu wiosennego nawożenia azotem na zawartość tłuszczu surowego, białka ogólnego i glukozyolanów w nasionach oraz skład kwasów tłuszczowych w oleju pięciu odmian rzepaku ozimego.

Material i metodyka

Nasiona do analiz pochodziły z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2004 i 2005 na polach Gospodarstwa Łagiewniki, które znajduje się w południowo-zachodniej części Wysoczyzny Kaliskiej. Doświadczenie założono na glebie brunatnej właściwej, należącej do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Charakteryzowała się ona bardzo wysoką zasobnością w fosfor i potas, wysoką i średnią zasobnością w magnez oraz średnią zawartością mikroelementów. Przedplonem rzepaku były zboża. Przedsięwzięcie zastosowano: 20–25 kg N·ha⁻¹,

63–60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 96–130 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$. Nasiona wysiano w rozstawie 30 cm. Norma wysiewu wynosiła 70 szt·m⁻². W obu latach siew przeprowadzono 26 sierpnia. Obiekty były chronione przed chwastami, szkodnikami i chorobami według zasad dobrych praktyk stosowanych w doświadczalnictwie. Zbiór przeprowadzono kombajnem po uprzednim zastosowaniu preparatu Reglone. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 9,6 m².

Doświadczenia założono w układzie losowanych podbloków w czterech powtórzeniach. W dwuczynnikowym doświadczeniu oceniano wpływ wiosennego nawożenia azotem (60, 100, 140, 180, 220 kg N·ha⁻¹), zastosowanego w postaci saletry amonowej, na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku: Lisek — odmiana populacyjna, Mazur, Kaszub — odmiany mieszańcowe złożone, BOH 3103, MR 153 — odmiany mieszańcowe zrestorowane. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach oceniono wykorzystując magnetyczny rezonans jądrowy — NMR, a białka ogólnego na podstawie zawartości azotu oznaczonego metodą Kjeldahla. Metodą chromatografii gazowej oceniono zawartość glikozynolanów w nasionach i skład kwasów tłuszczowych. Wydajność tłuszczu surowego i białka ogólnego z 1 ha obliczono na podstawie wyników analiz chemicznych i plonu nasion. Uzyskane wyniki oszacowano analizą wariancji, a istotność różnic określono na poziomie ufności $P \leq 0,05$ testem Tukeya. Symbolem 'ni' oznaczono brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Ponieważ interakcje pomiędzy badanymi czynnikami oraz badanymi czynnikami i środowiskiem były nieistotne, przedstawiono wartości średnie z 2 lat dla odmian i nawożenia azotowego.

Wyniki

Lata, w których przeprowadzono doświadczenie różniły się warunkami pogodowymi (tab. 1).

W roku 2004 brak okrywy śnieżnej i niskie temperatury w drugiej i trzeciej dekadzie lutego przyczyniły się do wymarzania roślin rzepaku. Zimowe ubytki roślin wynosiły średnio 17%, a obsada po zimie — 44 rośliny·m⁻². Wznowienie wegetacji nastąpiło w drugiej dekadzie marca, a równomiernie rozłożone opady oraz umiarkowana temperatura w okresie wiosenno-letniej wegetacji sprzyjały rozwojowi roślin. W maju spadło 64,9 mm deszczu, natomiast w czerwcu tylko 20,7 mm. Niedobór opadów w czerwcu niwelowała wilgotna pogoda w pierwszej dekadzie lipca.

W roku 2005 ubytek roślin rzepaku po zimie wynosił średnio 10%, a obsada — 46 roślin·m⁻². Wegetacja rozpoczęła się w drugiej dekadzie marca, ale nadejście chłódów w trzeciej dekadzie zahamowało rozwój roślin. Ponowne wznowienie wegetacji nastąpiło w pierwszej dekadzie kwietnia. W drugiej i trzeciej dekadzie kwietnia odnotowano tylko 2,5 mm opadów. Początek maja był chłodny i desz-

czowy, co ograniczało zapylenie roślin rzepaku przez pszczoły. Suma opadów w maju i czerwcu była zbliżona do wymagań rzepaku. Pierwsza dekada czerwca była chłodna. Stosunkowo wysokie temperatury sprzyjające dojrzewaniu nasion wystąpiły w trzeciej dekadzie czerwca i pierwszej dekadzie lipca.

Tabela 1
Miesięczne sumy opadów i średnia temperatura powietrza w sezonach wegetacyjnych 2003/04 i 2004/05 na tle wielolecia 1957–2005 — *One month precipitation sum and mean air temperature in vegetation seasons 2003/04 and 2004/05 against the background of many years data 1957–2005*

Rok Year	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Opady — <i>Precipitation</i> [mm]											
2003/04	21,9	32,7	39,2	14,2	38,4	36,3	30,6	24,5	16,5	64,9	20,7	48,9
2004/05	51,0	18,3	53,2	66,8	23,4	32,0	34,0	13,9	11,0	65,9	61,1	86,2
1957–2005	67,0	44,6	38,9	41,3	38,7	30,0	32,8	33,5	33,6	52,5	69,1	82,7
	Temperatura — <i>Temperature</i> [°C]											
2003/04	19,6	14,1	5,6	5,4	1,4	-3,5	1,2	5,2	9,6	12,5	16,5	18,4
2004/05	19,7	13,4	10,2	4,0	1,2	1,8	-1,8	1,2	9,0	13,8	16,7	19,8
1957–2005	17,8	13,5	8,8	3,7	0,1	-1,6	-0,4	3,1	8,1	13,5	16,7	18,2

Wpływ poziomu nawożenia azotem na oceniane cechy jakościowe był podobny u wszystkich uprawianych w doświadczeniu odmian. Również warunki środowiska oraz ich interakcja z czynnikami doświadczenia nie oddziaływały istotnie na skład chemiczny nasion.

Odmiany różniły się zawartością tłuszczu i białka w nasionach (tab. 2). Najniższą zawartością tłuszczu (44,4%) i białka (18,0%) odznaczały się nasiona odmiany Lisek. Nasiona odmiany Kaszub charakteryzowały się największą zawartością tłuszczu (46,0%). Odmiany nie różniły się plonem tłuszczu, a istotne różnice pomiędzy plonem białka wystąpiły tylko pomiędzy odmianami mieszańcowymi zrestorowanymi.

Nawożenie azotem wpływało istotnie na zawartość tłuszczu i białka w nasionach. Pod wpływem wzrastających dawek azotu zawartość tłuszczu w nasionach zmniejszała się, a zawartość białka rosła. Zwiększenie dawki azotu z 60 do 220 kg·ha⁻¹ spowodowało zmniejszenie zawartości tłuszczu z 46,0 do 44,2% oraz wzrost zawartości białka z 18,4 do 20,1%. Plon tłuszczu i białka był również zależny od dawek azotu. Wzrost plonu tłuszczu obserwowano do dawki 180 kg N·ha⁻¹, a plonu białka do dawki 220 kg N·ha⁻¹. Zarówno plon tłuszczu, jak i białka uzyskany z poletek nawiezionych dawką 140 kg N·ha⁻¹ nie różnił się istotnie od plonów zebranych z poletek nawiezionych wyższymi dawkami azotu.

Tabela 2
 Wpływ nawożenia azotowego i odmiany na zawartość i plon tłuszczu i białka (średnio z 2 lat)
Influence of spring nitrogen fertilization on content and yield of fat and protein (average for 2 years)

Czynnik <i>Factor</i>	Zawartość — <i>Content</i> [%]		Plon — <i>Yield</i> [dt·ha ⁻¹]	
	tłuszcz surowy <i>crude fat</i>	białko ogółem <i>total protein</i>	tłuszcz surowy <i>crude fat</i>	białko ogółem <i>total protein</i>
Odmiana — <i>Cultivar</i>				
Lisek	44,4 a	18,0 a	25,8	10,5 ab
Mazur	45,0 ab	19,5 b	25,0	10,9 ab
Kaszub	46,0 c	19,3 b	24,9	10,5 ab
BOH 3103	45,7 bc	19,3 b	24,2	10,2 a
MR 153	45,1 ab	19,5 b	25,3	11,0 b
NIR — <i>LSD</i> _{0,05}	0,78	0,61	ni	0,73
Dawka azotu — <i>Nitrogen dose</i> [kg·ha ⁻¹]				
60	46,0 c	18,4 a	23,7 a	9,5 a
100	45,7 bc	18,6 a	24,7 ab	10,1 ab
140	45,3 bc	19,0 ab	25,5 b	10,7 bc
180	44,9 ab	19,6 bc	25,8 b	11,2 c
220	44,2 a	20,1 c	25,4 b	11,5 c
NIR — <i>LSD</i> _{0,05}	0,95	0,91	1,68	1,07

Największą zawartością sumy glukozyolanów i glukozyolanów alkenowych odznaczały się odmiany mieszańcowe złożone: Kaszub i Mazur (16,4 i 14,6 μM·g⁻¹ nasion), a najmniejszą odmiany mieszańcowe zrestorowane: BOH 3103 i MR 153 (10,8 i 9,0 μM·g⁻¹ nasion) (tab. 3). Najmniejszą zawartością glukozyolanów indolowych charakteryzowała się odmiana Lisek (3,9 μM·g⁻¹ nasion).

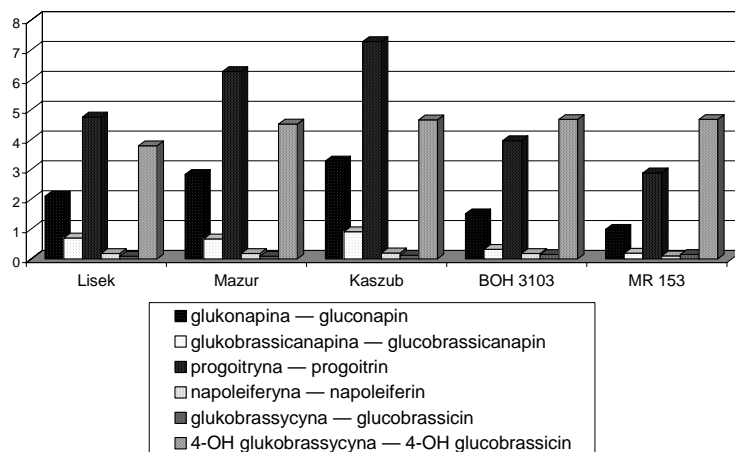
Nawożenie azotowe nie wywierało istotnego wpływu na zawartość glukozyolanów indolowych i alkenowych, jednak istotnie wpływało na całkowitą zawartość glukozyolanów w nasionach. Zwiększenie dawki azotu z 60 do 220 kg·ha⁻¹ przyczyniło się do wzrostu zawartości glukozyolanów o 1,2 μM·g⁻¹ nasion.

Odmiany istotnie różniły się zawartością glukozyolanów w nasionach (rys. 1). Największą zawartością glukonapiny i progoitryny charakteryzowały się odmiany mieszańcowe Kaszub i Mazur. Natomiast odmiana Lisek odznaczała się najmniejszą zawartością 4-OH glukobrassicyny. Nieznaczny wzrost zawartości glukobrasycanapiny zaobserwowano od dawki 100 do 220 kg N·ha⁻¹ (tab. 4).

Tabela 3

Wpływ nawożenia azotowego i odmiany na zawartość glukozynolanów w nasionach (średnio z 2 lat) — *Influence of spring nitrogen fertilization and cultivar on glucosinolate content in seeds (average for 2 years)*

Czynnik Factor	Zawartość glukozynolanów — <i>Glucosinolate content</i> [$\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ nasion — <i>seeds</i>]		
	indolowe — <i>indol</i>	alkenowe — <i>alkenyl</i>	suma — <i>total</i>
Odmiana — <i>Cultivar</i>			
Lisek	3,9 a	7,7 c	11,6 c
Mazur	4,6 b	10,0 d	14,6 d
Kaszub	4,8 b	11,7 e	16,4 e
BOH 3103	4,8 b	6,0 b	10,8 b
MR 153	4,8 b	4,2 a	9,0 a
NIR — <i>LSD</i> _{0,05}	0,38	1,36	1,37
Dawka azotu — <i>Nitrogen dose</i> [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$]			
60	4,4	7,6	12,0 a
100	4,6	7,5	12,1 ab
140	4,4	7,7	12,1 ab
180	4,6	8,3	13,0 ab
220	4,8	8,4	13,2 b
NIR — <i>LSD</i> _{0,05}	ni	ni	1,12



Rys. 1. Zawartość poszczególnych glukozynolanów w nasionach ocenianych odmian (średnio z 2 lat) — *Content of individual glucosinolate in seeds of estimated cultivars (average for 2 years)*

Tabela 4

Wpływ wiosennego nawożenia azotem na zawartość poszczególnych glukozynolanów w nasionach ($\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$) (średnio z 2 lat) — *Influence of spring nitrogen fertilization on individual glucosinolate content in seeds ($\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$) (average for 2 years)*

Glukozynolany <i>Glucosinolate</i>	Dawka azotu — <i>Nitrogen dose</i> [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$]					NIR <i>LSD</i> _{0.05}
	60	100	140	180	220	
Glukonapina — <i>Gluconapin</i>	2,12	2,02	2,01	2,29	2,27	ni
Glukobrassicapina <i>Glucobrassicapin</i>	0,54	0,50	0,57	0,59	0,60	0,09
Progoitryna — <i>Progoitrin</i>	4,83	4,74	4,92	5,29	5,38	ni
Napoleiferyna — <i>Napoleiferin</i>	0,15	0,22	0,16	0,18	0,15	ni
Glukobrassicyna <i>Glucobrassicin</i>	0,12	0,12	0,12	0,11	0,14	ni
4-OH glukobrassicyna <i>4-OH glucobrassicin</i>	4,31	4,50	4,33	4,53	4,63	ni

Odmiany różniły się istotnie zawartością kwasu stearynowego, oleinowego, linolowego, linolenowego i eikozynowego. Największą zawartością kwasu stearynowego i oleinowego odznaczały się odmiany Lisek i BOH 3103 (tab. 5). Odmiana Lisek charakteryzowała się najmniejszą zawartością kwasów: linolowego i linolenowego. Natomiast największą zawartością kwasu eikozynowego odznaczała się odmiana Mazur. Niewielkie, ale istotne różnice dotyczyły stosunku kwasu linolowego do linolenowego. Najmniejszą wartością ilorazu zawartości kwasu linolowego do linolenowego odznaczała się odmiana Mazur (1,99), a największą odmiana MR 153 (2,14). Nawożenie azotowe nie wywierało istotnego wpływu na skład kwasów tłuszczowych w oleju. Niemniej przy wyższych dawkach azotu (180 i 220 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) zaobserwowano nieznaczne obniżenie zawartości kwasu oleinowego, a podwyższenie zawartości NNKT (linolowy i linolenowy).

Wykazano istotną zależność pomiędzy zawartością nienasyconych kwasów 18-węglowych (tab. 6). Zawartość kwasu oleinowego była ujemnie skorelowana z zawartością kwasu linolowego i linolenowego. Natomiast pomiędzy zawartością kwasu linolowego i linolenowego wystąpiła korelacja dodatnia. Siła tej zależności nie była jednakowa u poszczególnych odmian. Silna korelacja ujemna wystąpiła pomiędzy zawartością kwasu oleinowego a linolowego w tłuszczu odmian Lisek i BOH 3103. U odmiany Mazur wystąpiła silniejsza korelacja pomiędzy zawartością kwasu oleinowego i linolenowego niż oleinowego i linolowego. Natomiast odmiana Kaszub odznaczała się bardzo silną dodatnią korelacją pomiędzy zawartością kwasu linolowego i linolenowego. Z kolei u odmiany MR 153 wszystkie zależności pomiędzy zawartością nienasyconych kwasów 18-węglowych były wysoce istotne.

Tabela 6

Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością nienasyconych kwasów 18-węglowych w oleju z nasion 5 odmian rzepaku ozimego (średnio z 2 lat) — *Correlation coefficients between content of unsaturated acids of eighteen carbon length in oil from seeds of 5 winter oilseed rape cultivars (average for 2 years)*

Odmiana Cultivar	Współczynniki korelacji — <i>Correlation coefficients</i>		
	kwas — <i>acid</i>	oleinowy — <i>oleic</i>	linolowy — <i>linoleic</i>
Lisek	linolowy — <i>linoleic</i>	-0,88**	0,24
	linolenowy — <i>linolenic</i>	-0,37	
Mazur	linolowy — <i>linoleic</i>	-0,58	0,61
	linolenowy — <i>linolenic</i>	-0,71*	
Kaszub	linolowy — <i>linoleic</i>	-0,59	0,91**
	linolenowy — <i>linolenic</i>	-0,52	
BOH 3103	linolowy — <i>linoleic</i>	-0,83**	0,26
	linolenowy — <i>linolenic</i>	-0,01	
MR 153	linolowy — <i>linoleic</i>	-0,90**	0,90**
	linolenowy — <i>linolenic</i>	-0,74**	

* — korelacja istotna na poziomie $\alpha = 0,05$ — *significant correlation at $\alpha = 0.05$*

** — korelacja istotna na poziomie $\alpha = 0,01$ — *significant correlation at $\alpha = 0.01$*

Dyskusja

Jakość nasion rzepaku wynika przede wszystkim z zawartości tłuszczu, białka i glukozyolanów oraz składu kwasów tłuszczowych. Nawożenie azotem przyczynia się do istotnego wzrostu zawartości białka ogólnego (Holmes i Ainsley 1978, Wright i in. 1988, Taylor i in. 1991, Jasińska i in. 1993, Wójtowicz i in. 2002) i obniżenia zawartości tłuszczu (Budzyński 1986, Jasińska i in. 1993, Muśnicki i in. 1999, Jankowski i Budzyński 2000, Wójtowicz i in. 2002, Wójtowicz 2004). Wieloletnie doświadczenia wykazały, że zwiększenie nawożenia azotem z 40 do 200 kg·ha⁻¹ powoduje wzrost zawartości białka średnio o 2,5% i zmniejszenie zawartości tłuszczu o 2,3% (Muśnicki 1999). W przeprowadzonym doświadczeniu nie odnotowano tak dużego wpływu nawożenia azotem na zawartość tych związków w nasionach rzepaku. Zwiększenie dawki azotu z 60 do 220 kg·ha⁻¹ spowodowało wzrost zawartości białka z 18,4 do 20,1% oraz zmniejszenie zawartości tłuszczu z 46,0 do 44,2%. Wpływ nawożenia azotem na zawartość tych cech użytkowych nasion może być ograniczany przez niedobór wody. W warunkach suchej wiosny nawożenie azotem nie modyfikowało istotnie zawartości białka i tłuszczu w nasionach (Wielebski i Wójtowicz 2004).

W analizowanym doświadczeniu zawartość białka i tłuszczu w nasionach w podobnym stopniu zależała od nawożenia i odmiany. U ocenianych odmian zawartość białka wahała się od 18,0 do 19,5%, a zawartość tłuszczu od 44,4 do 46,0%. Niemniej zróżnicowanie aktualnie zarejestrowanych odmian pod względem tych cech było większe, zawartość białka wahała się od 16,0 do 18,1%, a tłuszczu od 44,9 do 48,9% (Heimann 2005).

Odnotowano niewielki, ale istotny wpływ nawożenia azotem na całkowitą zawartość glukozyolanów w nasionach. W wyniku zwiększenia dawki azotu z 60 do 220 kg·ha⁻¹ nastąpił wzrost zawartości glukozyolanów średnio o 1,2 μM·g⁻¹ nasion. Bilsborrow i in. (1995) sugerują, że wraz ze wzrostem nawożenia azotem zwiększa się dostępność azotu do biosyntezy glukozyolanów.

Zaobserwowano nieznaczny wzrost zawartości glukobrassicinapiny od dawki 100 do 220 kg N·ha⁻¹. Natomiast Bilsborrow i in. (1995) wykazali wzrost zawartości progoitryny w wyniku nawożenia azotem. Według tych autorów wzrost progoitryny w wyniku rosnących dawek azotu następuje kosztem glukobrassicinapiny. W przeprowadzonym eksperymencie takiej zależności nie zaobserwowano.

Nawożenie azotowe nie wpływało istotnie na skład kwasów tłuszczowych w oleju z nasion ocenianych odmian rzepaku. Podobne wyniki w swoich pracach przedstawili Dembiński i in. (1967), Delhaye i Guyot (1969), Muśnicki i in. (1999), Kotecki i in. (2001), Wielebski i Wójtowicz (2004), Wójtowicz (2004). Niemniej analizując wyniki przeprowadzonego doświadczenia zaobserwowano nieznaczne obniżenie zawartości kwasu oleinowego, a podwyższenie linolowego i linolenowego w oleju roślin nawiezionych wyższymi dawkami azotu: 180 i 220 kg·ha⁻¹. Natomiast Jędrzejak i in. (2005) prowadząc badania nad rzepakiem jarym wykazali niewielki, ale istotny wzrost zawartości kwasu palmitynowego, stearynowego, linolowego i linolenowego, a obniżenie oleinowego pod wpływem zwiększenia nawożenia azotem. Powyższe zależności ujawniły się najprawdopodobniej w wyniku oddziaływania nawożenia azotem na tempo dojrzewania nasion. Bowiem, jak wykazali Bartkowiak-Broda i Krzymański (1981), w trakcie rozwoju nasion spada zawartość kwasu palmitynowego, stearynowego, linolowego i linolenowego, a następuje intensywne gromadzenie kwasu oleinowego.

Nasiona ocenianych w doświadczeniu odmian różniły się istotnie składem kwasów tłuszczowych w oleju. Różnice istotne dotyczyły zawartości kwasu stearynowego, oleinowego, linolowego, linolenowego, eikozynowego oraz NNKT (linolowy + linolenowy). Niemniej zróżnicowanie dotyczące zawartości kwasów tłuszczowych w oleju analizowanych odmian nie było duże. Zawartość kwasu oleinowego wahała się od 60,6 do 62,6%, linolowego od 19,7 do 21,4%, a linolenowego od 9,5 do 10,3%. Znacznie większe zróżnicowanie odnajdujemy w wynikach doświadczeń przeprowadzonych przez COBORU w latach 1999–2001 (Heimann 2002), gdzie u zarejestrowanych w tym okresie odmian zawartość kwasu oleinowego wahała się od 57,5 do 72,2%, linolowego od 10,8 do 23,7%, a linolenowego od

3,2 do 10,8%. Prezentowane wyniki są zgodne z doniesieniem Wójtowicza (2004), który zwraca uwagę na większą zależność zawartości kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku ozimego od odmiany niż od wiosennej dawki azotu. Odmiany nie różniły się natomiast łącznym udziałem nienasyconych kwasów 18-węglowych. Brak istotnych różnic pomiędzy sumą zawartości nienasyconych kwasów 18-węglowych przy jednoczesnym zróżnicowaniu udziału poszczególnych kwasów wskazuje na wzajemną zależność pomiędzy zawartością kwasu oleinowego, linolowego i linolenowego. Odmiana Lisek odznaczała się największą zawartością kwasu oleinowego, a najmniejszą linolowego i linolenowego. Natomiast MR 153 charakteryzował się najmniejszym udziałem kwasu oleinowego, a największą zawartością kwasu linolowego. Z kolei nasiona odmiany Mazur zawierały najwięcej kwasu linolenowego przy średnim udziale kwasu oleinowego i linolowego. Wzajemną zależność nienasyconych kwasów 18-węglowych obrazują również istotne korelacje pomiędzy ich zawartością. Zawartość kwasu oleinowego była ujemnie skorelowana z zawartością kwasu linolowego i linolenowego. Na tę odwrotną zależność zawartości kwasu oleinowego i NNKT zwrócili uwagę w swoich pracach Kotecki i in. (2002a, b). Autorzy ci wykazali, że w warunkach niedoboru opadów malała zawartość kwasu oleinowego, a wzrastała zawartość kwasu linolowego i linolenowego. Wyniki prezentowanej pracy wskazują na genetyczne uwarunkowanie zależności pomiędzy zawartością nienasyconych kwasów 18-węglowych. Zawartość poszczególnych nienasyconych kwasów 18-węglowych zależy od efektywności enzymów — desaturaz przekształcających wiązanie pojedyncze w podwójne pomiędzy dwoma atomami węgla w łańcuchu acylowym kwasu tłuszczowego. Proces desaturacji najmniej efektywnie przebiegał zatem u odmiany Lisek. Odmiany różniły się również nieznacznie, ale istotnie stosunkiem zawartości kwasu linolowego do linolenowego, który wahał się od 1,99 u odmiany Mazur do 2,14 u odmiany MR 153. Stosunek ten jest prawie idealny z punktu widzenia potrzeb żywieniowych (Wałkowski i in. 2006).

Wnioski

1. Wpływ poziomu wiosennego nawożenia azotem na oceniane cechy jakościowe był podobny u wszystkich uprawianych w doświadczeniu odmian. Zwiększenie dawki azotu z 60 do 220 kg·ha⁻¹ spowodowało zmniejszenie zawartości tłuszczu średnio z 46,0 do 44,2% oraz wzrost zawartości białka z 18,4 do 20,1% i glukozyolanów z 12,0 do 13,2 μM·g⁻¹ nasion.
2. U ocenianych odmian plon tłuszczu wzrastał do dawki 180 kg N·ha⁻¹, a plonu białka do dawki 220 kg N·ha⁻¹.

3. Odmiany różniły się zawartością tłuszczu, białka, glukozynolanów i składem kwasów tłuszczowych. Nasiona odmiany Kaszub charakteryzowały się największą zawartością tłuszczu i glukozynolanów. Najmniej tłuszczu i białka oraz glukozynolanów indolowych zawierały nasiona odmiany Lisek.
4. Niewielkie, ale istotne różnice dotyczyły stosunku kwasu linolowego do linolenowego, który wahał się od 1,99 u odmiany Mazur do 2,14 u odmiany MR 153.

Literatura

- Bartkowiak-Broda I., Krzymański J. 1981. Zmiany w składzie chemicznym nasion ozimego rzepaku bezerukowego K-2040 w czasie formowania i dojrzewania. Biuletyn IHAR, 146: 25-33.
- 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.
- Budzyński W. 1986. Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionych rzepaku ozimego. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult., 41, supl, B: 1-56.
- Dembiński F., Jaruszewska H., Krzywińska F., Krasnodębski P. 1976. Wpływ różnej wilgotności gleby i nawożenia azotowego na skład kwasów tłuszczowych oleju z nasion rzepaku jarego. Pam. Puł., 25: 241-249.
- Delhay R., Guyot A. 1969. Etude par chromatographie gazeuse des huiles extraites de graines de quelques varietes de colza d'hiver recoltees au Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux. Bull. Inst. Agron. Gembloux, 4, 1: 44:65.
- Gerath H., Schweiger W. 1991. Improvement of the use of nutrients in winter rape – a strategy of economically and ecologically responsible fertilizing. Proc. 8th Int. Rapeseed Congress, Saskatoon, 4: 1197-1201.
- Heimann S. 2002. Aktualne problemy dotyczące badania odmian rzepaku na cele konsumpcyjne oraz biopaliwo i makuchy. Forum producentów roślin zbożowych, kukurydzy i rzepaku. Polagra-farm 2002: 47-52.
- Heimann S. 2005. Rzepak ozimy – synteza wyników doświadczeń odmianowych za lata 2002–2004. Lista Opisowa Odmian. COBORU, Słupia Wielka.
- Holmes M.R.J., Ainsley A.M. 1978. Seedbed fertilizer requirements of winter oilseed rape. J. Sc. Fd. Agric., 29: 657-666.
- 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.
- 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. 2004. II. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na profil kwasów tłuszczowych oleju rzepaku jarego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXVI (1): 139-149.
- Krzymański J. 1993. Możliwości pełniejszego wykorzystania wartości rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. Post. Nauk Roln., 6: 161-166.

- Kotecki A., Kozak M., Malarz W., 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. 2002a. Wykorzystanie słomy pszenicy ozimej do nawożenia rzepaku ozimego. II. Wpływ nawożenia słomą pszenicy i azotem na skład chemiczny nasion rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIII (2): 303-312.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2002b. Wykorzystanie słomy pszenicy ozimej do nawożenia rzepaku ozimego. IV. Wpływ nawożenia słomą pszenicy i wapnem na skład chemiczny nasion rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIII (2): 327-336.
- Muśnicki Cz. 1999. Szczegółowa uprawa roślin. Rośliny oleiste. Praca zbiorowa pod redakcją Z. Jasińskiej i A. Koteckiego. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu (2): 365-493.
- Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicka B. 1999. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na jakość plonu rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (2): 459-469.
- Taylor A.J., Smith C.J., Wilson I.B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola (*Brassica napus* L.). *Fertilizer Res.*, 29: 249-260.
- Wałkowski T., Bartkowiak-Broda I., Krzymański J., Mrówczyński M., Korbas M., Paradowski A. 2006. Rzepak ozimy. Proekologiczna technologia uprawy. IHAR Poznań: 3-164.
- Wright G.C., Smith C.J., Woodroofe 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.
- 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.
- 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 (2): 337-350.