

Andrzej Kotecki, Władysław Malarz, Marcin Kozak, Karol Aniolowski*

Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin,

*Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Wpływ nawożenia azotem na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku jarego

Influence of nitrogen fertilisation on chemical composition of spring rape five cultivars

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

Key words: spring rape, cultivars, nitrogen fertilisation, crude fat, total protein, fatty acids

W latach 1999–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice badano wpływ wzrastających dawek nawozów azotowych na zawartość w nasionach rzepaku jarego tłuszczu surowego i białka ogółem oraz kwasów tłuszczowych w oleju. Doświadczenie założono w układzie „split-plot” na dwa czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I — odmiany rzepaku jarego: Bolero, Licosmos, Margo, Sponsor i Star; II — dawki nawozów azotowych kg N/ha: 60, 90, 120 i 150. Zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem zależała przede wszystkim od czynnika odmianowego, a następnie od przebiegu pogody i nawożenia azotem, które obniżało zawartość tłuszczu surowego, a zwiększało białka ogółem. Najwyższą wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem uzyskano z odmiany Sponsor. Pod wpływem wzrostu nawożenia z 60 do 150 kg N/ha zwiększała się wydajność tłuszczu surowego o 19% i białka ogółem o 25%. Najwięcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) zawierała odmiana Star, a najmniej odmiana Margo. Zawartość kwasu erukowego w oleju wahała się od 0,03 (Bolero) do 0,15% (Star). Stosunek kwasu linolowego do linolenowego wynosił od 2,20 : 1 do 2,59 : 1 i był najkorzystniejszy u odmiany Star, a najmniej korzystny u odmiany Sponsor.

In the years 1999–2000 the field studies on the effects of growing rates of N fertilisers on the content of crude fat and total protein in seeds and fatty acids in oil of spring rape were carried out at the experimental station in Pawłowice. The trial in the split-plot arrangement was performed with 2 variables, i.e.: I — cultivars of spring rape: Bolero, Licosmos, Margo, Sponsor and Star; II — N rates of 60, 90, 120 and 150 kg per ha. The content of crude fat and total protein depended on the cultivar, weather conditions and N fertilisation. These factors decreased the content of crude fat and increased total protein. Sponsor cultivar gave the highest yield of crude fat and total protein. As the fertilisation increased from 60 to 150 kg N/ha the crude fat yield increased by 19% and that of total protein by 25%. Star cultivar was found to contain the highest percentage of PUFA whereas Margo cultivar showed the lowest percentage. The content of erucic acid in oil varied from 0.03% (Bolero) to 0.15% (Star). The ratio of linoleic acid to linolenic acid varied from 2.20 : 1 to 2.59 : 1 and the ratio showed the highest values in Star cultivar and the lowest ones in Sponsor cultivar.

Skład chemiczny nasion rzepaku jarego kształtuje się przede wszystkim pod wpływem układu warunków wilgotnościowo-termicznych, czynnika odmianowego, nawożenia azotem i terminu siewu (Kotecki i in. 1999, Muśnicki i Toboła 1998). Dembiński (1975) stwierdził, że susza, zwłaszcza podczas kwitnienia, obniżała w nasionach zawartość tłuszczu, a zwiększała białka. Muśnicki i Toboła (1998) wykazali, że opóźnienie siewu o 45 dni w stosunku do terminu najwcześniejszego obniżyło zawartość tłuszczu w nasionach o 5,5%, a białka zwiększyło o 4,6%. Budzyński (1998) stwierdził, że dwudziestodniowe opóźnienie siewu rzepaku jarego spowodowało obniżenie zawartości tłuszczu surowego o 1,8% i wydajności z 1 ha o 19%. Kotecki i in. (1999) wykazali, że nawożenie azotem w przedziale 90–150 kg N/ha obniżało w nasionach zawartość tłuszczu o 0,7%, a białka ogółem zwiększało o 0,5%. Podobny kierunek zmian w składzie chemicznym nasion stwierdził Kozak (1999) uprawiając rzepak jary w stanowisku po grochu i stosując nawożenie od 40 do 160 kg N/ha.

Podstawowym kryterium w ocenie jakości oleju jest skład kwasów tłuszczowych, który zależy przede wszystkim od układu warunków wilgotnościowo-termicznych, czynnika genetycznego i warunków agrotechnicznych (Przeździecki i in. 1988). Murawa i in. (1997) nie wykazali większych różnic w składzie kwasów tłuszczowych oleju rzepaku jarego i w zawartości białka w nasionach pod wpływem czynnika odmianowego oraz stosowania herbicydów. Średnia zawartość głównych kwasów tłuszczowych w badanych olejach przedstawiała się następująco: 60% kwasu oleinowego, 20% kwasu linolowego oraz 10% kwasu linolenowego.

Najważniejszym niepożądanym związkiem występującym w oleju rzepakowym, ze względu na ujemny wpływ na zdrowie ludzi, był do niedawna kwas erukowy (Niewiadomski 1993). W wyniku zabiegów hodowlanych zawartość kwasu erukowego w oleju pochodzącym z podwójnie ulepszonych odmian uległa znacznemu obniżeniu. Aktualnie prowadzone prace hodowlane dotyczą zmian udziału poszczególnych kwasów tłuszczowych w oleju, a także zwiększenia jego zawartości (Bartkowiak-Broda i in. 1992, Krzymański 1993). Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) to najbardziej cenna grupa kwasów tłuszczowych, gdyż organizm ludzki ich nie wytwarza i muszą być dostarczane z pożywieniem. Tym niemniej uważa się dziś, że zbyt duże ich spożycie może być szkodliwe (Krygier 1997). Istotny jest stosunek kwasu linolowego do linolenowego, który u współczesnych odmian podwójnie ulepszonych wynosi 2 : 1, tymczasem badania żywieniowe wskazują, że powinien mieścić się w granicach od 6 : 1 do 3 : 1 (Krzymański 1993).

Spożycie kwasu linolowego jest zbyt małe, a jednym z najbogatszych źródeł tego kwasu jest olej rzepakowy. W porównaniu do oleju z oliwek olej rzepakowy

pochodzący z podwójnie ulepszonych odmian zawiera więcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Fizjologiczne działanie na organizm człowieka bezerukowego oleju rzepakowego jest podobne do oliwy z oliwek i dlatego uzasadnione jest jego nazwanie „oliwką północy” (Ziemiański 1998).

Celem badań było określenie wpływu czynnika genetycznego i nawożenia azotem na kształtowanie zawartości tłuszczu surowego i białka ogółem w nasionach oraz zawartości kwasów tłuszczowych w oleju.

Metodyka i warunki badań

Nasiona do analiz chemicznych pochodziły z doświadczeń polowych prowadzonych w latach 1999–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice, w których badano wpływ wzrastających dawek nawozów azotowych na rozwój i plonowanie pięciu odmian rzepaku jarego. Doświadczenie założono w układzie „split-plot” na dwa czynniki zmienne, którymi w kolejności były:

I — odmiany rzepaku jarego: Bolero, Licosmos, Margo, Sponsor i Star;

II — dawki nawozów azotowych w kg N/ha: 60, 90, 120 i 150.

Metodykę badań polowych i laboratoryjnych przedstawiono w pracy pt.: „Wpływ nawożenia azotem na rozwój i plonowanie pięciu odmian rzepaku jarego” (Rośliny Oleiste, XXII str. 69).

Wykonano następujące analizy chemiczne nasion rzepaku: sucha masa, azot ogólny (białko ogółem), tłuszcz surowy (ekstrakt eterowy).

Na podstawie wyników analiz chemicznych i plonu nasion obliczono wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha.

Wyekstrahowaną próbę oleju poddano saponifikacji metanolowym roztworem KOH przez 24 godzin w temperaturze 40°C. Proces estryfikacji przeprowadzono w oparciu o instrukcję zamieszczoną w biuletynie SUPELCO nr 721 G. Analizę metylowych estrów przeprowadzono metodą chromatografii gazowej na kolumnie kapilarnej RT_x 2330 dł. 105 m.

Wyniki badań i dyskusja

Średnio z dwu lat badań czynnikiem najbardziej różnicującym zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem były odmiany, a następnie układ warunków wilgotnościowo-termicznych i nawożenie azotem (tab. 1). Najwięcej tłuszczu zawierały odmiany Bolero, Margo i Sponsor, a istotnie mniej Licosmos, a najmniej Star. Pod wpływem wzrastających dawek nawozów azotowych obniżała się w nasionach zawartość tłuszczu surowego, a zwiększała białka ogółem. Podobne wyniki uzyskali Kotecki i in. (1999) oraz Kozak (1999).

Tabela 1

Skład chemiczny nasion oraz wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem (średnie dla czynników z lat 1999–2000) — *Chemical composition of seeds and yield of crude fat and total protein (means for factors in years 1999–2000)*

	Zawartość [%] <i>Content</i>		Wydajność [t/ha] <i>Yields</i>	
	tłuszcz surowy <i>crude fat</i>	białko ogółem <i>total protein</i>	tłuszcz surowy <i>crude fat</i>	białko ogółem <i>total protein</i>
<i>Lata — Years</i>				
1999	38,8	25,3	0,75	0,49
2000	40,2	23,5	0,40	0,24
NRU — <i>LSD</i> _{0,05}	0,3	0,2	0,02	0,01
<i>Odmiana — Cultivar</i>				
Bolero	40,1	23,6	0,59	0,36
Licosmos	39,3	24,6	0,57	0,36
Margo	40,0	24,1	0,56	0,34
Sponsor	40,0	25,3	0,65	0,41
Star	38,3	24,3	0,52	0,34
NRU — <i>LSD</i> _{0,05}	0,5	0,3	0,03	0,02
<i>Nawożenie N — Fertilisation N [kg/ha]</i>				
60	39,9	23,7	0,53	0,32
90	39,6	24,3	0,56	0,35
120	39,4	24,5	0,60	0,38
150	39,2	25,0	0,62	0,40
NRU — <i>LSD</i> _{0,05}	0,4	0,3	0,02	0,01

Wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem to funkcja plonu nasion i procentowej zawartości składnika. Plony nasion zostały szczegółowo opisane w pracy pt. „Wpływ nawożenia azotem na rozwój i plonowanie pięciu odmian rzepaku jarego”. Kształtowały się one w większym stopniu pod wpływem przebiegu pogody i badanych czynników niż zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem. Dlatego wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem zależała przede wszystkim od plonu nasion. Najwyższą wydajność tłuszczu surowego uzyskano z odmiany Sponsor (0,65 t/ha), a następnie kolejno niższą z: Bolero o 9%, Licosmos o 12%, Margo o 15% i Star o 20%. Najwyższe plony białka ogółem uzyskano z odmiany Sponsor, natomiast u pozostałych był on na podobnym, lecz niższym o 12–17% poziomie. W miarę wzrostu nawożenia z 60 do 150 kg N/ha wzrastała wydajność tłuszczu surowego o 19%, a białka ogółem o 25%.

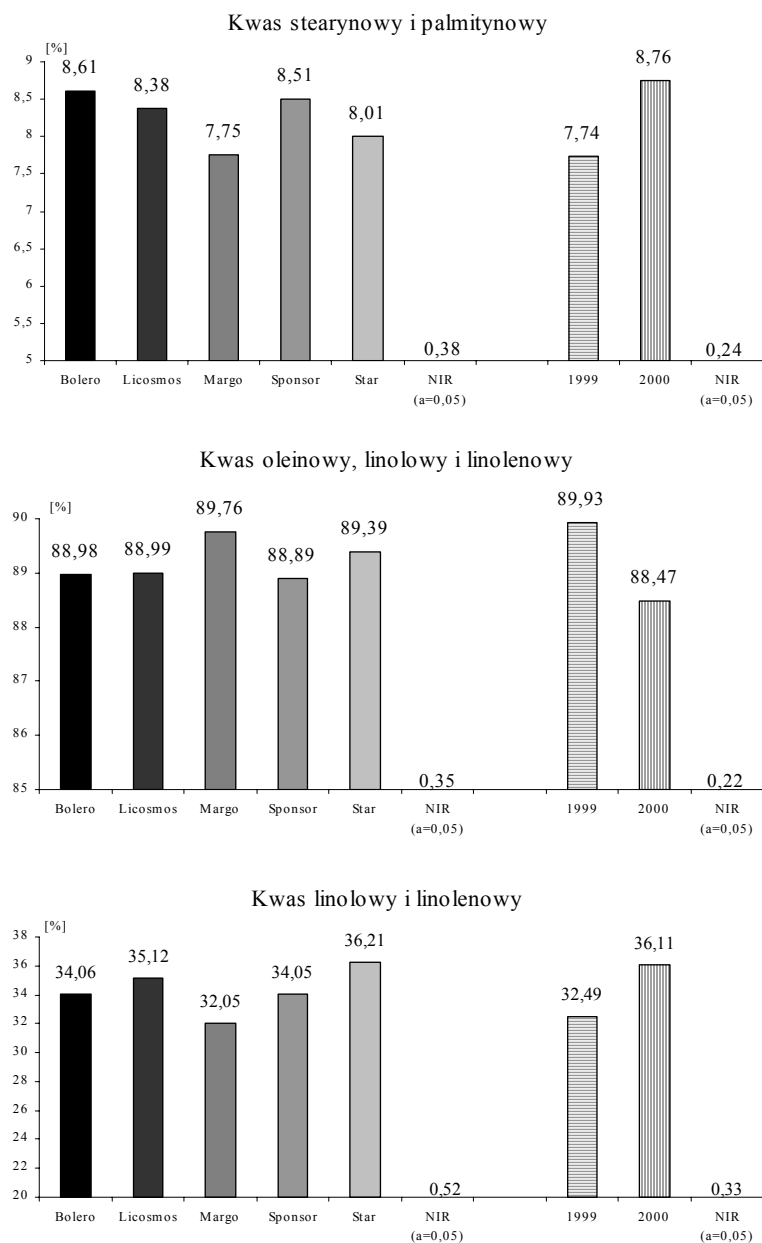
Tabela 2

Skład kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego w % (średnie dla czynników)
Fatty acids composition in spring rape oil in % (means for factors)

		Kwasy tłuszczowe — <i>Fatty acids</i>															
		C _{8:0}	C _{10:0}	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1} [n9]	C _{18:1} [n7]	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}	C _{20:1}	C _{22:0}	C _{22:1}	C _{24:0}
Lata — <i>Years</i>																	
1999			0,02	0,02	0,09	5,60	0,31	2,15	55,04	2,41	23,19	9,30	0,45	1,07	0,22	0,02	0,04
2000		0,02	0,03	0,03	0,13	6,66	0,32	2,10	49,46	2,91	25,19	10,92	0,46	1,24	0,30	0,13	0,09
NRU LSD _{0,05}		—	—	—	0,02	0,20	m	m	0,25	0,16	0,23	0,15	m	0,05	0,04	—	—
Odmiana — <i>Cultivar</i>																	
Bolero			0,03	0,03	0,11	6,53	0,31	2,07	52,26	2,66	24,34	9,72	0,44	1,10	0,28	0,03	0,08
Licosmos			0,02	0,03	0,11	6,19	0,31	2,19	51,20	2,67	24,69	10,43	0,52	1,18	0,31	0,04	0,08
Margo			0,03	0,02	0,10	5,73	0,28	2,02	55,19	2,52	22,33	9,72	0,42	1,17	0,24	0,10	0,08
Sponsor		0,01	0,03	0,02	0,13	6,19	0,33	2,32	52,01	2,83	23,55	10,50	0,49	1,13	0,28	0,05	0,05
Star		0,06	0,03	0,04	0,10	6,00	0,35	2,00	50,58	2,60	26,04	10,17	0,39	1,18	0,21	0,15	0,03
NRU LSD _{0,05}		—	—	—	m	0,31	0,03	0,11	0,40	m	0,36	0,23	m	m	0,07	—	—
Nawożenie — <i>Fertilisation</i> — [kg N/ha]																	
60		0,02	0,03	0,03	0,10	5,96	0,30	2,07	52,34	2,71	24,24	10,11	0,47	1,16	0,28	0,06	0,07
90		0,02	0,02	0,02	0,12	6,23	0,32	2,19	52,23	2,62	24,21	10,02	0,45	1,12	0,25	0,06	0,08
120		0,01	0,03	0,03	0,10	6,09	0,33	2,16	52,14	2,56	24,30	10,21	0,45	1,17	0,23	0,06	0,06
150		0,01	0,03	0,03	0,12	6,23	0,32	2,06	52,29	2,74	23,99	10,10	0,43	1,17	0,29	0,11	0,04
NRU LSD _{0,05}		—	—	—	m	m	m	0,10	m	m	m	m	m	m	m	—	—

m — różnica nieistotna — *non significant difference*

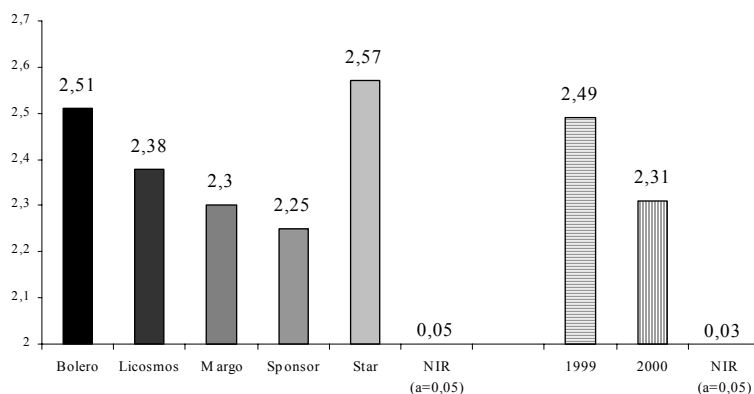
C_{8:0} — kaprylowy — *caprylic*, C_{12:0} — laurynowy — *lauric*, C_{14:0} — mirystynowy — *myristic*,
 C_{16:0} — palmitynowy — *palmitic*, C_{18:0} — stearynowy — *stearic*, C_{20:0} — behenowy — *behenic*,
 C_{24:0} — lignocerowy — *lignoceric*, C_{16:1} — palmitoleinowy — *palmitoleic*, C_{18:1}[n9] — oleinowy — *oleic*, C_{18:1}[n7] — wakkenowy — *vaccenic*,
 C_{18:2} — linolowy — *linoleic*, C_{18:3} — linolenowy — *linolenic*, C_{21:1} — elkozenowy — *eicosenic*, C_{22:1} — erukowy — *erucic*



Rys. 1. Udział w oleju odmian rzepaku jarego: a — kwas stearynowy i palmitynowy; b — kwas oleinowy, linolowy i linolenowy; c — kwas linolowy i linolenowy — *Content of spring rape cultivars in oil: a — stearic and palmitic acid; b — oleic, linoleic and linolenic acid; c — linoleic and linolenic acid*

W oleju oznaczono zawartość 16 kwasów tłuszczowych, w tym 9 nasyconych (tab. 2). Zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych zależała przede wszystkim od przebiegu pogody w latach i czynnika odmianowego, a w niewielkim stopniu od nawożenia azotem. Przebieg pogody różnicował w największym stopniu zawartość kwasu oleinowego (o 5,58%), a następnie w coraz to mniejszym linolowego (o 2%), linolenowego (o 1,62%) i palmitynowego (o 1,06%). W pozostałych oznaczanych kwasach różnice między latami badań nie przekraczały 0,5% (tab. 2). Istotne różnice międzyodmianowe wykazano w odniesieniu do następujących kwasów tłuszczowych: palmitynowy, oleopalmitynowy, stearynowy, oleinowy, linolowy, linolenowy i behenowy. Z ważnych dla człowieka, z fizjologicznego punktu widzenia, kwasów osiemnastowęglowych nienasyconych odmiana Margo zawierała najwięcej kwasu oleinowego, a najmniej linolowego i linolenowego. Najwięcej kwasu linolowego, a najmniej oleinowego zawierała odmiana Star, natomiast olej z odmiany Sponsor zawierał najwięcej kwasu linolenowego. Wykazano duże zróżnicowanie odmianowe w zawartości kwasu erukowego, którego poziom w oleju wahał się od 0,03 (Bolero) do 0,15% (Star).

Suma i procentowy udział kwasów nasyconych (palmitynowy + stearynowy), nienasyconych osiemnastowęglowych (oleinowy + linolowy + linolenowy) oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (linolowy + linolenowy) zależała od przebiegu pogody i czynnika odmianowego (rys. 1). Najwięcej NNKT zawierała odmiana Star, a najmniej odmiana Margo, która zawierała najwięcej osiemnastowęglowych nienasyconych kwasów tłuszczowych (rys. 1). Stosunek kwasu linolowego do linolenowego wahał się od 2,20 : 1 do 2,59 : 1 i był najkorzystniejszy u odmiany Star, a najgorszy u odmiany Sponsor (rys. 2). Badania żywieniowe wykazują, że stosunek kwasu linolowego do linolenowego powinien wynosić 6 : 1 – 3 : 1 (Krzymański 1993; Krzymański, Wałkowski 1998).



Rys. 2. Stosunek kwasu linolowego do linolenowego w oleju odmian rzepaku jarego — *Ratio of linoleic acid to linolenic acid in spring rape oil*

Wnioski

1. Zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem zależała przede wszystkim od czynnika odmianowego, a następnie od przebiegu pogody i nawożenia azotem, które obniżało poziom tłuszczu surowego a zwiększało białka ogółem.
2. Najwyższą wydajność tłuszczu surowego uzyskano z odmiany Sponsor, a następnie niższą z Bolero o 9%, Licosmos o 12%, Margo o 15% i Star o 20%. Wydajność białka ogółem była najwyższa dla odmiany Sponsor, a u pozostałych badanych odmian była na podobnym, lecz niższym o 12–17% poziomie. W miarę wzrostu nawożenia z 60 do 150 kg N/ha, wzrastała wydajność tłuszczu surowego o 19%, a białka ogółem o 25%.
3. Odmiana Margo zawierała najwięcej kwasu oleinowego, a najmniej linolowego i linolenowego. Najwięcej kwasu linolowego, a najmniej oleinowego zawierała odmiana Star, natomiast olej z odmiany Sponsor zawierał najwięcej kwasu linolenowego. Zawartość kwasu erukowego w oleju wahała się od 0,03 (Bolero) do 0,15% (Star).
4. Najwięcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) zawierała odmiana Star, a najmniej Margo.
5. Stosunek kwasu linolowego do linolenowego wahał się od 2,20 : 1 do 2,59 : 1 i był najkorzystniejszy u odmiany Star, a najgorszy u odmiany Sponsor.

Conclusion

1. The content of crude fat and total protein depended on a cultivar, weather pattern and N fertilization, which decreased the level of crude fat and increased the total protein.
2. The highest crude fat yield was recorded for Sponsor cultivar followed by lower levels (%) of Bolero (9.0), Licosmos (12.0), Margo (15.0) and Star (20.0). Total protein yield was found to be the highest in Sponsor whereas other cultivars studied showed the same level of decrease, namely by 12 to 17%. The increase in the dose of N kg/ha, from 60 to 150 kg, resulted in higher crude fat yield and total protein by 19% and 25%, respectively.
3. Margo contained the most oleic acid and the least linoleic and linolenic acids. Star cultivar showed the highest content of linoleic acid and the lowest of oleic acid whereas the most of linolenic acid was recorded for Sponsor. The content of erucic acid ranged from 0.03 % (Bolero) to 0.15 % (Star).
4. The highest value of PUFA was found in Star and the lowest in Margo.
5. The ratio of linoleic to linolenic acid ranged from 2.20 : 1 to 2.59 : 1 and was the highest for Star and the lowest for Sponsor cultivar.

Literatura

- Bartkowiak-Broda I. i in. 1992. Kierunki badań nad rzepakiem w świecie. Zesz. Probl. IHAR, cz. 2: 417-428.
- Budzyński W. 1998. Reakcja rzepaku jarego na termin siewu i sposób odchwaszczenia. Rośliny Oleiste XIX (1): 125-133.
- Dembiński F. 1975. Rośliny oleiste. PWRiL Warszawa.
- Kotecki A. i in. 1999. Wpływ zabiegów ochrony roślin, nawożenia azotem i gęstości siewu na rozwój i plonowanie rzepaku jarego. Rośliny Oleiste XX (2): 643-652.
- Kozak M. 1999. Wpływ przedplonów i nawożenia azotem na rozwój i plonowanie rzepaku. Cz. II. Następczy wpływ grochu i bobiku na rozwój i plonowanie rzepaku. Zesz. nauk. AR we Wrocławiu, s. Rol. LXXIV: 27-43.
- Krygier K. 1997. Współczesne rośliny tłuszczowe jadalne. Tłuszcze spożywcze: 4: 11-13.
- Krzymański J. 1993. Możliwości pełniejszego wykorzystania rzepaku podwójnie ulepszanego. Post. Nauk. Roln. 6: 161-166.
- Krzymański J., Wałkowski T. 1998. Hodowla nowych odmian rzepaku ozimego o podwójnie ulepszonej jakości. Przemysł spożywczy 2: 5-7.
- Murawa D. i in. 1997. Olej i białko nasion rzepaku jarego ze zbioru 1996 roku w zależności od stosowanych herbicydów. Rośliny Oleiste XVIII (2): 407-413.
- Muśnicki C., Toboła P. 1998. Reakcja rzepaku jarego podwójnie ulepszanego na termin siewu. Rośliny Oleiste XIX (1): 135-140.
- Niewiadomski H. 1993. Technologia tłuszczów jadalnych. PWN Warszawa.
- Przeździecki Z. i in. 1988. Badania skuteczności kilku herbicydów stosowanych w rzepaku jarym oraz ich wpływ na plon i skład chemiczny nasion. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. 45: 203-213.
- Ziemiański Ś. 1998. Wartość biologiczno-żywnościowa oleju rzepakowego bezerukowego. Przemysł Spożywczy: 2: 8.