

Stanisław Spasibionek

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

Cechy mutantów rzepaku ozimego o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych

The traits of winter oilseed rape mutants with changed fatty acid composition

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, mutageneza chemiczna, kwas oleinowy, kwas linolowy, kwas linolenowy, cechy rolnicze

Mutanty badane w doświadczeniu polowym mimo możliwości swobodnego przepylenia utrzymały zmienione proporcje kwasów tłuszczowych, tj. mutanty M-10453 i M-10464 charakteryzowały się nadal zwiększoną zawartością kwasu oleinowego odpowiednio do 75,1 i 76,4%, a obniżoną zawartością kwasu linolowego odpowiednio do 9,7 i 9,8% i linolenowego odpowiednio do 6,8 i 6,5%, natomiast mutant M-681 miał obniżoną zawartość kwasu linolenowego do 4,7%. Ocena parametrów użytkowych wykazała, że linie mutantów prócz obniżonego plonu wykazały cechy pozytywne, tj. wysoką zawartość tłuszczu i niską zawartość glukozyolanów. Mutanty „wysokooleinowe”: M-10453 i M-10464 dobrze zimowały, a rośliny półkarłowe były odporne na wyleganie, natomiast mutant „niskolinolenowy” M-681 jest formą bardzo wczesną, nie wylegającą, o karłowym i półkarłowym pokroju roślin. Badane linie mutantów należy traktować jako perspektywiczne z uwagi na możliwość selekcji i wyboru materiału wyjściowego do dalszych prac hodowlanych.

Key words: winter oilseed rape, chemical mutagenesis, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, (*Brassica napus* L.), agricultural traits

Conducting selections in successive generations (M_2)₂ – (M_2)₆ three mutants with significantly changed fatty acid composition were found: M-10453, M-10464, M-681 after mutagen ethyl methanesulphonate (EMS) treatment. Two mutants M-10453 and M-10464 in stabilized (M_2)₆ generation were characterized by higher level of oleic acid (77.6% and 80.8% respectively) and lower level of linoleic (7.6% and 6.0% respectively) and linolenic (7.0% and 6.3% respectively) acid contents. The third mutant M-681 had a very low linolenic acid content (to 1.2%) and increased linoleic acid content (to 26.1%).

The lines obtained from mutants investigated in field experiment maintained characteristic for them relation of fatty acids despite the possibility of free fertilization between plots. The mutant lines M-10453, M-10464 had oleic acid content in oil of seeds increased to 75.1% and 76.4%, and linoleic acid content reduced to 9.7% and 9.8% and linolenic acid content to 6.8% and 6.5%. The mutant M-681 had linolenic acid content reduced to 4.7%.

The evaluation of characters of plant in field experiment showed that obtained mutants M-10453, M-10464 and M-681 are not cultivable because of reduced yield of seeds. Low yield resulted not only from damages during mutagen treatment, but also from inbred depression caused by inbred breeding carried out through many generations. The characters possess sufficiently high agricultural value to be used in breeding works.

High oleic mutants: M-10453 and M-10464 were characterized by good overwintering and semi dwarf plants were resistant to lodging, low linolenic mutant: M-681 is very early and resistant to lodging and characterized by dwarf and semi dwarf type plants.

In the group of 13 lines in which statistically significant changes of fatty acids composition during selection were not observed, on the basis of the more exact results from field experiment with four replications, two lines PN 4851/00 and PN 4856/00 were characterized by increased oleic acid content to 72.8% and linoleic acid content reduced to 11.9%. Three lines PN 4919/00, PN 4920/00 and PN 4924/00 are characterized by reduced linolenic acid content to 5.2%. Six lines from this group yielding at the level of standard — Kana (from 36.1 dt/h to 39.8 dt/h). The obtained lines were after a possibility of selection and choice of initial material to further breeding works.

Wstęp

Na przestrzeni wielu lat trwają nieustanne prace badawcze i hodowlane, aby rzepak (*Brassica napus* L.) jak najlepiej przystosować do wymagań żywieniowych ludzi i zwierząt oraz do wymagań technologicznych. Dzięki wyeliminowaniu na drodze genetycznej kwasu erukowego, niepożądanego ze względu na jego złą wartość żywieniową i technologiczną, nastąpił wyraźny wzrost zawartości kwasów nienasyconych osiemnastowęglowych, a szczególnie kwasu jednonienasyconego, oleinowego i kwasów wielonienasyconych, linolowego i linolenowego (Krzymański, Downey 1969; Krzymański 1970a, 1984, 1993).

Uprawiane obecnie podwójnie ulepszone odmiany rzepaku ozimego dostarczają oleju o wyrównanym składzie kwasów tłuszczowych: kwas oleinowy 60–65%, kwas linolowy 18–22%, kwas linolenowy 8–11%, suma kwasów nasyconych około 7%. Taki skład kwasów tłuszczowych, typowy dla podwójnie ulepszonych odmian rzepaku, jest uznawany przez żywieniowców jako idealny dla celów spożywczych, lepszy od występujących u innych roślin oleistych. Istnieje jednak zapotrzebowanie rynku także na oleje o innych proporcjach kwasów tłuszczowych, np. na olej bardziej stabilny w wysokiej temperaturze, przeznaczony do celów smaźalniczych oraz do produkcji estrów metylowych kwasów tłuszczowych jako biokomponentów do produkcji paliwa do silników wysokoprężnych. Jest pożądane aby olej tego typu zawierał nie więcej niż 3–4% kwasu linolenowego, a pożądana zawartość kwasu oleinowego powinna wynosić ponad 75%.

Zmiany zawartości kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku uzyskuje się głównie na drodze mutagenyzy, stosując mutageny chemiczne, głównie metanosulfonian etylu (EMS). Dotąd takie mutanty uzyskali: Röbellen i Nitsch (1975), Rücker i Röbbelen (1997), Rakow (1973, 1987) i Spasibionek (1999, 2000, 2002a, 2002b).

Celem niniejszych badań było wykonanie szczegółowej oceny jakościowych, fenotypowych oraz rolniczych cech linii wsobnych mutantów rzepaku ozimego, pozwalających określić ich przydatność do prac badawczych oraz hodowlanych nad otrzymaniem odmian rzepaku o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych.

Material i metoda

Doświadczenie polowe i obserwacje przeprowadzono w sezonie wegetacyjnym 2000/2001 na poletkach doświadczalnych Gospodarstwa Łagiewniki „Hodowla Roślin Smolice” Sp. z o.o. w województwie wielkopolskim. Doświadczenie założono w układzie bloków losowanych w czterech powtórzeniach.

Charakterystykę 30 badanych obiektów przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Skład kwasów tłuszczowych w oleju nasion materiału siewnego

Fatty acid composition of seed oil in seed material

Obiekt <i>Treatment</i>		Kwasy tłuszczowe — <i>Fatty acid</i> [%]		
		oleinowy <i>oleic C_{18:1}</i>	linolowy <i>linoleic C_{18:2}</i>	linolenowy <i>linolenic C_{18:3}</i>
Wzorzec — <i>Standard</i>	Kana	62,0	19,3	9,9
Ród wyjściowy — <i>Original strain</i>	PN 3756/93	66,4	17,5	9,7
Linie mutant M-10453 <i>Lines of mutant M-10453</i>	PN 4926/00	77,6	7,6	7,0
	PN 4929/00	76,3	8,1	8,0
	PN 4931/00	76,6	8,3	7,1
Linie mutant M-10464 <i>Lines of mutant M-10464</i>	PN 4943/00	79,9	6,6	6,3
	PN 4945/00	79,0	7,4	6,6
	PN 4946/00	80,8	6,0	6,7
	PN 4948/00	80,7	6,3	6,4
	PN 4949/00	78,0	7,6	7,1
Linie mutant M-681 <i>Lines of mutant M-681</i>	PN 4867/00	64,9	22,3	4,6
	PN 4868/00	62,5	26,1	3,4
	PN 4869/00	66,9	22,7	2,4
	PN 4877/00	63,0	26,0	2,7
	PN 4878/00	66,2	24,2	2,1
	PN 4883/00	65,7	24,9	1,2
	PN 4885/00	61,9	25,2	4,8
Linie po mutageniezie o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych <i>Lines after mutagenesis with smaller changes of fatty acid content</i>	PN 4515/00	64,9	17,7	7,3
	PN 4524/00	71,2	15,8	6,7
	PN 4527/00	69,0	16,2	6,8
	PN 4919/00	69,5	17,8	5,5
	PN 4920/00	68,8	18,2	5,8
	PN 4924/00	69,4	19,9	2,7
	PN 4958/00	68,2	19,1	5,1
	PN 4960/00	67,2	19,0	5,7
	PN 4961/00	67,6	19,2	6,4
	PN 4846/00	71,8	14,2	7,1
	PN 4847/00	70,9	14,6	7,4
	PN 4851/00	75,4	11,3	6,0
PN 4856/00	74,6	10,6	7,3	

Doświadczenie założono na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z piasków gliniastych mocnych, o odczynie lekko kwaśnym ($\text{pH} = 6$), zaliczanej do klasy bonitacyjnej IIIa. Przedplonem była pszenica ozima. Przedsięwzięcie stosowano nawożenie w dawkach 15 kg N/ha, 30 kg P_2O_5 /ha, i 75 kg K_2O /ha. Rzepak wysiano 30 sierpnia w obsadzie 80 nasion na powierzchnię 1 m². Wiosną dawkę azotu uzupełniono do poziomu 180 kg/ha, stosując ją w dwóch częściach: podstawowej (100 kg/ha) stosowanej zaraz po ruszeniu wegetacji i uzupełniającej (80 kg/ha) na początku pąkowania. W pełni pąkowania zastosowano nawożenie dolistne siarką w postaci siarczanu magnezu w dawce 10 kg/ha.

W trakcie wegetacji przeprowadzono szereg obserwacji i pomiarów, między innymi:

- bonitację wschodów (skala 1–9),
- bonitację stanu roślin przed zakończeniem wegetacji i dwa tygodnie po ruszeniu wegetacji na wiosnę (skala 1–9),
- pomiar zawartości chlorofilu w liściach jesienią i wiosną przy użyciu chlorometru N tester SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development),
- liczenie roślin przed i po zimie w celu oznaczenia procentu przetrwałych roślin,
- ocenę biometryczną roślin przed zimą (do oceny pobierano po 15 kolejnych roślin z poletka oznaczając najważniejsze cechy charakteryzujące zimującą roślinę rzepaku: wyniesienie stożka wzrostu, liczbę liści w rozecie, grubość szyjki korzeniowej, łączną masę powietrznie suchych liści i korzeni),
- początek kwitnienia wyrażony w liczbie dni od 1.01.2001,
- długość okresu kwitnienia wyrażoną w liczbie dni,
- wysokość roślin i łanu (cm),
- przed zbiorem do pomiarów biometrycznych pobierano po 5 kolejnych roślin z każdego poletka (dla badanego obiektu 20 roślin) w celu dokładnego oznaczenia niektórych elementów składowych plonu, takich jak: liczba łuszczyń na roślinie, długość łuszczyń, liczba rozgałęzień, wysokość rośliny).

Zbiór dokonano przy pomocy kombajnu poletkowego, jednofazowo 28 lipca 2001 roku oceniając plon nasion w przeliczeniu na q/ha.

W zebranych nasionach oznaczono masę 1000 nasion, zawartość tłuszczu (%), zawartość kwasów: palmitynowego, stearynowego, oleinowego, linolowego, lino-lenowego, eikozenowego i erukowego w oleju (%). Skład kwasów tłuszczowych w nasionach oznaczano stosując chromatograf gazowy Agilent Technologies 6890N z kolumną kapilarną DB 23 30 m, ID 025, grubość warstwy 0,25 μm , wyposażony w integrator Chemstation (Byczyńska i Krzymański 1969). Analizę procentowej zawartości tłuszczu w nasionach wykonywano za pomocą szeroko-pasmowego analizatora magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) firmy Newport Instruments Ltd (Krzymański 1970b).

Stopień desaturacji oleinowej ODR (*oleic desaturation ratio*) i linolowej LDR (*linoleic desaturation ratio*) obliczono według wzorów (Pleines, Friedt 1988).

$$\text{ODR} = \frac{\%C_{18:2} + \%C_{18:3}}{\%C_{18:1} + \%C_{18:2} + \%C_{18:3}} \times 100$$

$$\text{LDR} = \frac{\%C_{18:3}}{\%C_{18:2} + \%C_{18:3}} \times 100$$

gdzie

$C_{18:1}$ — kwas oleinowy — *oleic acid* $C_{18:2}$ — kwas linolowy — *linoleic acid*

$C_{18:3}$ — kwas linolenowy — *linolenic acid*

Wyniki z doświadczenia poddano analizie statystycznej przy użyciu programów opracowanych przez Cerankę i in. (1974) oraz Krzymańskiego i in. (1975).

Wyniki i dyskusja

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy składu kwasów tłuszczowych oraz zawartości glukozyolanów dla wszystkich badanych linii w nasionach uzyskanych z doświadczenia polowego. Wprawdzie mogło dojść do przepylania roślin między poletkami, ale nie powinno to mieć wpływu na zawartość glukozyolanów, ze względu na sposób dziedziczenia tej cechy (Krzymański 1970a, Bartkowiak-Broda i Krzymański 1983). Natomiast obcozapylenie w przypadku składu kwasów tłuszczowych wpływa na skład oleju z nasion zebranych z roślin F_1 (Kondra i Stefansson 1970, Thomas i Kondra 1973). Na podstawie uzyskanych wyników analiz składu kwasów tłuszczowych w oleju nasion stwierdzono, że linie mutantów M-10453 i M-10464 utrzymywały podwyższoną ustabilizowaną zawartość kwasu oleinowego. Jego zawartość wahała się dla linii pierwszego mutantu od 73,0 do 75,4%, a dla linii drugiego mutantu od 73,0 do 76,4%. Również zawartość kwasu linolowego, znacznie obniżona w porównaniu z wyjściowym rodem PN 3756/93 oraz z odmianą wzorcową Kana, wynosiła dla linii mutantu M-10453 od 9,7 do 11,8%, a dla linii mutantu M-10464 od 9,8 do 12,4%. Można z tego wnioskować, że stopień przekrzyżowania między poletkami był nieznaczny. Z licznych badań wynika (Rakow i McGregor 1973, Trémolières i in. 1982, Brunklaus-Jung i Röbbelen 1987, Pleines i Friedt 1988, Spasibinek i in. 1998), że zmiany zawartości kwasów tłuszczowych w dużej mierze modyfikowane są przez warunki środowiska. Zmienność warunków wegetacji wywiera największy wpływ na zawartość kwasu linolowego i linolenowego, natomiast mniejszy na zawartość kwasu oleinowego. Linie mutantu M-681 utrzymały obniżoną zawartość kwasu linolenowego (od 4,7 do 6,4%) jednak w przedziale wyższym w stosunku do materiału siewnego, u którego zawartość tego kwasu wynosiła od 1,2 do 4,8% (tab. 2). Świadczy to o nie w pełni ustabilizowanej zawartości tego kwasu.

Tabela 2

Skład kwasów tłuszczowych oleju i zawartość glukozynolanów w nasionach linii

*Fatty acid composition in oil and glucosinolates content in seeds of lines*ODR — stopień desaturacji kwasu oleinowego — *oleic desaturation ratio*LDR — stopień desaturacji kwasu linolowego — *linoleic desaturation ratio*

Linie <i>Lines</i>	Kwasy tłuszczowe — <i>Fatty acid</i> [%]			ODR	LDR	Glukozynolany <i>Glucosinolates</i> [μM/g suchej masy]
	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}			
Wzorzec — <i>Standard</i>						
Kana	60,9	20,8	10,1	33,66	32,69	10,85
Ród wyjściowy — <i>Original strain</i>						
PN 3756/93	65,0	18,4	8,7	29,42	32,10	7,20
Linie mutanta M-10453 — <i>Lines of mutant M-10453</i>						
PN 4926/00	73,0	11,8	7,6	21,00	39,18	12,33
PN 4929/00	73,4	10,0	8,0	19,69	44,44	12,88
PN 4931/00	75,4	9,7	6,8	17,95	41,21	11,55
Średnia — <i>Mean</i>	73,9	10,5	7,5	19,55	41,61	12,25
Minimum	73,0	9,7	6,8	17,95	39,18	11,55
Maksimum	75,4	11,8	8,0	21,00	44,44	12,88
Współ. zmienności <i>Coefficient of variation</i>	1,74	10,82	8,18	7,83	6,38	5,45
Linie mutanta M-10464 — <i>Lines of mutant M-10464</i>						
PN 4943/00	75,2	10,0	7,2	18,61	41,86	8,05
PN 4945/00	73,0	12,4	6,5	20,57	34,39	7,90
PN 4946/00	76,4	9,8	6,9	17,94	41,32	9,03
PN 4948/00	74,4	10,7	6,9	19,13	39,20	8,67
PN 4949/00	73,9	10,9	7,5	19,93	40,76	9,98
Średnia — <i>Mean</i>	74,6	10,8	7,0	19,24	39,51	8,73
Minimum	73,0	9,8	6,5	17,94	34,39	7,90
Maksimum	76,4	12,4	7,5	20,57	41,86	9,98
Współ. zmienności <i>Coefficient of variation</i>	1,73	9,54	5,35	5,42	7,66	9,60
Linie mutanta M-681 — <i>Lines of mutant M-681</i>						
PN 4867/00	63,5	22,5	5,3	30,45	19,06	11,38
PN 4868/00	62,6	23,2	5,5	31,43	19,16	12,23
PN 4869/00	68,1	16,8	6,4	25,41	27,59	10,20
PN 4877/00	65,2	20,7	5,1	28,35	19,77	12,38
PN 4878/00	64,1	22,3	4,7	29,64	17,41	9,33
PN 4883/00	69,0	18,7	5,1	25,65	21,43	11,20
PN 4885/00	62,9	22,9	5,7	31,26	19,93	8,50
Średnia — <i>Mean</i>	65,1	21,0	5,4	28,88	20,62	10,75
Minimum	62,6	16,8	4,7	25,41	17,41	8,50
Maksimum	69,0	23,2	6,4	31,43	27,59	12,38
Współ. zmienności <i>Coefficient of variation</i>	3,91	11,56	10,09	8,71	16,00	13,61

ciąg dalszy tabeli 2

Linie po mutagenезie o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych <i>Lines after mutagenesis with smaller changes of fatty acid content</i>						
PN 4515/00	67,3	16,8	7,8	26,77	31,71	8,20
PN 4524/00	67,2	17,2	7,7	27,04	30,92	6,08
PN 4527/00	68,0	16,0	8,0	26,09	33,33	6,68
PN 4919/00	68,7	18,0	5,2	25,24	22,41	8,55
PN 4920/00	68,3	18,1	5,5	25,68	23,31	9,97
PN 4924/00	68,2	18,6	5,2	25,87	21,85	9,40
PN 4958/00	66,7	18,5	6,2	27,02	25,10	6,63
PN 4960/00	66,0	19,1	6,6	28,03	25,68	8,75
PN 4961/00	67,6	18,6	6,1	26,76	24,70	9,15
PN 4846/00	70,5	15,1	6,4	23,37	29,77	6,25
PN 4847/00	69,7	15,1	6,7	23,83	30,73	7,40
PN 4851/00	72,3	13,1	6,2	21,07	32,12	10,58
PN 4856/00	72,8	11,9	7,2	20,78	37,70	10,23
Średnia — <i>Mean</i>	68,7	16,6	6,5	25,20	28,41	8,30
Minimum	66,0	11,9	5,2	20,78	21,85	6,08
Maksimum	72,8	19,1	8,0	28,03	37,70	10,58
Współ. zmienności <i>Coefficient of variation</i>	3,02	13,64	14,44	9,09	17,18	18,82
Istotność różnicowania linii w całym doświadczeniu <i>Significance of line differentiation in the whole experiment</i>						
$F_{obl.} - F_{cal.}$	72,6**	92,0**	52,7**	85,9**	142,1**	6,17**
$NIR_{0,05} - LSD_{0,05}$	1,52	1,41	0,51	1,45	2,13	2,18
$NIR_{0,01} - LSD_{0,01}$	2,01	1,86	0,68	1,92	2,82	2,89

** — różnice istotne na poziomie — *significant a level* $\alpha \leq 0,01$

W doświadczeniu przebadano również grupę 13 linii, u których nie obserwowano w trakcie selekcji indywidualnej istotnych statystycznie zmian składu kwasów tłuszczowych, jak to miało miejsce u trzech wcześniej omówionych mutantów. Na podstawie bardziej dokładnych wyników z doświadczenia przeprowadzonego w czterech powtórzeniach stwierdzono, że również dwie linie PN 4851/00 i PN 4856/00 wykazują podwyższoną zawartość kwasu oleinowego odpowiednio do 72,3 i 72,8% oraz obniżoną zawartość kwasu linolowego odpowiednio do 13,1 i 11,9%. Natomiast trzy linie PN 4919/00, PN 4920/00 i PN 4924/00 charakteryzują się obniżoną zawartością kwasu linolenowego w przedziale od 5,2 do 5,5%. Wyniki te wskazują, że zostały wykryte następne mutanty o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych, ale za to o lepszej plenności i wigorze.

Z przeprowadzonej analizy kontrastów wynika, że zawartość kwasu oleinowego, linolowego i linolenowego wysoce istotnie różnicowała większość badanych grup (tab. 5). Stwierdzone istotne różnice pomiędzy liniami mutantów M-10453

i M-10464 a materiałem wyjściowym pod względem zawartości kwasu oleinowego wskazują, że mutacji uległy geny kodujące desaturazę kwasu oleinowego, natomiast brak istotności różnic w zawartości kwasu oleinowego pomiędzy rodem wyjściowym a mutantem M-681 potwierdza, że mutacji uległy tylko geny kodujące desaturazę kwasu linolowego.

Zawartość glukozyzolanów w nasionach, zgodnie z przewidywaniami, była taka sama jak w materiale siewnym, wahała się od 6,08 do 12,88 $\mu\text{M/g}$ nasion i odpowiadała normom obowiązującym dla materiału siewnego w Polsce. Jak wynika z analizy kontrastów istotnie lepszym pod względem tej cechy okazał się ród wyjściowy PN 3756/93 w porównaniu z mutantem „wysokooleinowym” M-10453 i mutantem „niskolinolenowym” M-681. W grupie porównywanych ze sobą trzech mutantów M-10453, M-10464 i M-681 istotnie najniższą zawartością glukozyzolanów charakteryzował się mutant „wysokooleinowy” M-10464. Natomiast grupa 13 linii o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych wywołanych mutagenizacją charakteryzowała się istotnie niższą zawartością glukozyzolanów od linii mutantów M-10464 i M-681.

W trakcie wegetacji dokonano szczegółowej oceny cech morfologicznych roślin na różnych etapach wzrostu. Uzyskane wyniki potwierdzają wysoką istotność zróżnicowania (na poziomie $\alpha \leq 0,01$) między badanymi liniami dla wszystkich badanych cech morfologicznych (tab. 3). Można przypuszczać, że poza mutacjami powodującymi zmianę składu kwasów tłuszczowych w oleju nasion nastąpiły również mutacje powodujące deficjencje chlorofilowe w liściach oraz zmiany pokroju roślin, np. karłowatość. Cecha karłowatości mogłaby być wprowadzana na drodze krzyżowań do genotypów wysokopennych w celu zmniejszenia podatności na wylegania (Rakow 1973, Thurling i Depittayanan 1992, Byczyńska i Spasibionek 1997). Istotnie najniższymi roślinami spośród badanych czterech grup były linie mutantu M-681, ich wysokość wahała się od 82,8 do 126,0 cm.

Pomiary zawartości chlorofilu w liściach wykonano w okresie jesiennym i wiosennym. Największe uszkodzenie syntezy chlorofilu zaobserwowano u linii mutantu M-10453, których rośliny miały wyraźnie jaśniejsze liście. Linie tego mutantu charakteryzowały się najniższym poziomem chlorofilu w pomiarach wykonanych jesienią (478,1 jednostek SPAD), jak i wiosną (608,9 jednostek SPAD). Koncentracja chlorofilu w liściach mierzona jesienią bardziej różnicowała badane grupy linii niż zawartość chlorofilu mierzona wiosną (tab. 5).

Rozwój roślin przed zimą, ze szczególnym uwzględnieniem morfologii rozety, stanowi kryterium przygotowania ich do dobrego przezimowania (Demiński 1975, Muśnicki 1989, Wawrzyniak i in. 1998). Parametry, takie jak wyniesienie stożka wzrostu, grubość szyjki korzeniowej, masa korzenia i masa liści mają decydujące znaczenie dla zimotrwałości rzepaku ozimego. Spośród wszystkich analizowanych cech morfologii rozety wyniesienie stożka wzrostu najsilniej różnicowało badane linie. Linie mutantu M-681 o obniżonej zawartości kwasu linoleno-

Tabela 3

Cechy morfologiczne linii — *Morphological traits of lines*

- 1 — ocena wschodów — *seedling* [skala 1–9^o]
 2 — zawartość chlorofilu w liściach jesienią
chlorophyll content in leaves – autumn
 3 — grubość szyjki korzeniowej — *thickness of root neck* [mm]
 4 — wyniesienie stożka wzrostu — *height of apical growing point* [mm]
 5 — masa korzenia z rośliny — *root mass of plant* [g]
 6 — masa liści — *mass of leafs* [g]
 7 — przezimowanie roślin — *plant overwintering* [%]
 8 — zawartość chlorofilu w liściach wiosną
chlorophyll – content in leaves – spring
 9 — wezorność [dni od początku roku] — *earliness*
 10 — długość okresu kwitnienia [dni] — *flowering period* [days]
 11 — wysokość roślin — *plant height* [cm]

Linie <i>Lines</i>	Cechy badane jesienią — <i>Evaluated traits in autumn</i>						Cechy badane wiosną — <i>Evaluated traits in spring</i>				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Wzorzec — <i>Standard</i>											
Kana	6,3	547,4	7,55	18,98	0,75	5,30	96,2	800,3	123,0	24,5	147,5
Ród wyjściowy — <i>Original strain</i>											
PN 3756/93	6,3	534,0	9,23	21,43	1,02	6,35	80,2	672,0	126,5	23,0	146,0
Linie mutant M-10453 — <i>Lines of mutant M-10453</i>											
Średnia — <i>Mean</i>	6,77	478,1	7,33	19,98	0,66	3,76	75,0	608,9	129,3	21,9	140,5
Minimum	6,50	455,8	6,80	17,43	0,61	3,62	70,0	591,5	128,0	21,3	137,5
Maksimum	7,00	494,2	7,63	23,35	0,74	3,83	81,3	638,8	130,3	23,0	143,3
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	3,72	4,17	6,25	15,24	11,02	3,15	7,70	4,28	0,90	4,24	2,07
Linie mutant M-10464 — <i>Lines of mutant M-10464</i>											
Średnia — <i>Mean</i>	6,78	541,6	7,02	21,43	0,68	4,17	91,9	638,7	129,4	21,6	124,1
Minimum	6,30	515,8	6,60	17,23	0,63	3,74	85,6	611,0	128,3	20,8	122,0
Maksimum	7,30	559,2	7,40	25,20	0,75	4,66	97,4	669,3	130,0	22,8	127,5
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	5,84	3,13	4,52	14,18	7,71	10,61	5,02	3,38	0,51	3,66	1,65

Linie mutantu M-681 — <i>Lines of mutant M-681</i>											
Średnia — <i>Mean</i>	5,69	529,7	7,33	58,49	0,63	3,94	67,8	613,3	122,9	27,54	104,1
Minimum	4,80	347,3	6,63	25,85	0,45	3,23	46,4	514,0	121,8	26,30	82,8
Maksimum	7,00	604,3	8,03	100,25	0,78	4,69	91,9	664,8	124,3	28,30	126,0
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	12,12	15,97	6,25	47,45	16,23	13,67	23,62	10,05	0,77	2,51	18,70
Linie po mutagenizie o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych <i>Lines after mutagenesis with smaller changes of fatty acid content</i>											
Średnia — <i>Mean</i>	5,82	554,7	7,47	21,39	0,70	4,51	87,32	674,1	127,6	22,33	145,6
Minimum	3,80	474,4	6,20	15,80	0,51	3,58	74,10	560,0	125,0	20,80	135,0
Maksimum	7,30	625,2	8,20	28,60	0,89	5,34	93,30	753,8	129,3	24,80	157,5
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	18,40	6,74	8,55	14,38	16,91	12,08	7,07	8,20	1,00	4,74	4,03
Istotność zróżnicowania linii w całym doświadczeniu — <i>Significance of line differentiation in the whole experiment</i>											
$F_{obl.} — F_{cal.}$	10,07**	9,57**	7,42**	19,78**	2,10**	2,06**	8,43**	3,82**	74,95**	43,55**	35,41**
$NIR_{0,05} — LSD_{0,05}$	0,80	46,92	1,23	13,03	0,23	1,34	12,41	87,82	0,88	1,06	9,44
$NIR_{0,01} — LSD_{0,01}$	1,10	62,12	1,63	17,25	0,30	1,78	16,43	116,26	1,16	1,40	12,50

** — różnice istotne na poziomie — *significant at level $\alpha \leq 0,01$*

wego miały najbardziej wyciągnięty stożek wzrostu od 25,85 do 100,25 mm, co spowodowało słabe przezimowanie tych linii wynoszące 67,8%, wyraźnie niższe w porównaniu z odmianą Kana (96,2%) oraz pozostałymi badanymi grupami.

W Polsce prowadzone są również prace hodowlane w kierunku uzyskania odmian wczesnych, bardziej odpornych na suszę w okresie wiosennym, podczas kwitnienia lub dojrzewania rzepaku (Krzymański 1993). Linie mutantu M-681 rozpoczynały kwitnienie najwcześniej, równocześnie z odmianą Kana, a linie mutantów M-10453 i M-10647 o 7 dni później. Najdłuższym 28-dniowym okresem kwitnienia charakteryzowały się linie mutantu M-681.

Przeprowadzono szczegółową ocenę mutantów pod względem plonu nasion, zawartości tłuszczu w nasionach i plonu tłuszczu. Ponadto wykonano ocenę niektórych składowych plonu mierząc długość łuszczyń, licząc liczbę łuszczyń i rozgałęzień na roślinie oraz oznaczając masę 1000 nasion. W oparciu o uzyskane wyniki stwierdzono wysoką istotność różnic (na poziomie $\alpha \leq 0,01$) między wszystkimi zmutowanymi liniami (tab. 4).

Najlepszym plonowaniem charakteryzowała się grupa 13 linii o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych wywołanych mutagenezą. Sześć linii z tej grupy nie różniło się istotnie plonem od odmiany wzorcowej Kana (od 36,1 do 39,8 dt/ha). Najślabszym plonowaniem i jednocześnie największą zmiennością plonowania charakteryzowały się linie mutantu M-681, co potwierdził współczynnik zmienności tej cechy wynoszący 60,17. Jak wynika z licznych publikacji, również innym autorom nie udało się uzyskać bez dodatkowych prac hodowlanych form o istotnie zmienionym składzie kwasów tłuszczowych i jednocześnie dobrze plonujących (Rakow 1973; Rakow i in. 1987; Röbbelen, Nitsch 1975; Auld i in. 1992; Rucker, Röbbelen 1995; 1997).

Zawartość tłuszczu w nasionach w porównaniu z odmianą Kana oraz rodem wyjściowym była niższa i wynosiła 48,43% dla linii mutantu M-10453, 47,68% dla linii mutantu M-10464 oraz 46,59% dla linii mutantu M-681. Grupa 13 linii o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych wywołanych mutagenezą charakteryzowała się najwyższą zawartością tłuszczu 50,4%. Wykonane pomiary długości łuszczyń, liczby łuszczyń i rozgałęzień na roślinie oraz masy 1000 nasion pozwoliły oszacować zmiany morfologiczne, jakie powstały w wyniku mutacji oraz ocenić ich wpływ na wartość użytkową zmutowanych linii. Linie mutantów dla większości badanych cech były gorsze od odmiany Kana i rodu wyjściowego, jak również od grupy 13 linii o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych wywołanych mutagenezą. Linie mutantu M-681 wyróżniały się największą obsadą łuszczyń na roślinie oraz największą liczbą rozgałęzień, co jednak nie wystarczyło aby dobrze plonowały.

Tabela 4

Wartość użytkowa linii — *Agronomic value of lines*

Linie <i>Lines</i>	Plon nasion <i>Seed yield</i> [dt/ha]	Zawartość tłuszczu <i>Fat content</i> [%]	Plon tłuszczu <i>Fat yield</i> [dt/ha]	Długość huszczyn <i>Pod length</i> [cm]	Liczba łuszczyń na roślinie <i>Number</i> <i>of pods</i> <i>per plant</i>	Liczba rozgałęzień na roślinie <i>Number of</i> <i>branches per plant</i>	Masa 1000 nasion <i>1000 seeds</i> <i>weight</i> [g]
<i>Wzorzec — Standard</i>							
Kana	40,9	50,0	20,4	7,9	219,3	7,1	4,08
<i>Ród wyjściowy — Original strain</i>							
PN 3756/93	39,8	50,8	20,3	8,3	170,5	5,1	3,87
<i>Linie mutantna M-10453 — Lines of mutant M-10453</i>							
Średnia — <i>Mean</i>	24,73	48,43	12,00	6,77	142,20	4,43	4,14
Minimum	22,40	47,60	10,70	6,60	116,20	3,80	3,99
Maksimum	29,10	49,10	14,30	7,00	158,10	5,40	4,34
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	15,30	1,58	16,65	3,08	15,97	19,18	4,32
<i>Linie mutantna M-10464 — Lines of mutant M-10464</i>							
Średnia — <i>Mean</i>	18,60	47,68	8,88	5,86	135,30	5,32	3,70
Minimum	17,20	47,10	8,10	5,50	99,40	4,00	3,58
Maksimum	19,80	48,10	9,50	6,10	157,00	5,90	3,79
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	6,27	0,87	6,91	3,93	17,98	14,40	2,06

Linie mutantu M-681 — <i>Lines of mutant M-681</i>							
Średnia — <i>Mean</i>	12,00	46,59	5,63	6,83	265,79	7,91	3,77
Minimum	5,30	44,80	2,40	6,50	151,10	5,80	3,56
Maksimum	21,30	47,40	10,10	7,80	381,80	11,30	4,07
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	60,17	1,91	61,22	6,64	34,15	27,38	4,41
Linie po mutageniezie o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych <i>Lines after mutagenesis with smaller changes of fatty acid content</i>							
Średnia — <i>Mean</i>	33,32	50,54	16,83	7,67	187,68	6,18	4,15
Minimum	20,80	49,30	10,60	6,70	142,70	4,80	3,70
Maksimum	39,80	51,40	20,30	8,20	263,80	8,00	4,65
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	17,16	1,32	17,05	6,64	18,47	12,47	7,77
Istotność różnicowania linii w całym doświadczeniu — <i>Significance of line differentiation in the whole experiment</i>							
$F_{\text{obl.}} - F_{\text{cal.}}$	41,98**	14,19**	43,09**	14,33**	4,94**	4,60**	10,90**
$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$	4,76	1,37	2,44	0,61	83,76	2,11	0,26
$\text{NIR}_{0,01} - \text{LSD}_{0,01}$	6,30	1,82	3,24	0,81	112,31	2,80	0,34

** — różnice istotne na poziomie — *significant a level $\alpha \leq 0,01$*

Tabela 5

Kontrasty między rodem wyjściowym PN 3756/93, liniami mutantów M-10453, M-10464, M-681 i liniami po mutagenizie o mniejszych zmianach w składzie kwasów tłuszczowych (L 13) — *Contrasts between original strain PN 3756/93, mutantis line M-10453, M-10464, M-681 and lines after mutagenesis with smaller changes of fatty acid (L-13) content treatment*

- 1 — C_{18:1} kwas oleinowy — *oleic acid* [%]
 2 — C_{18:2} kwas linolowy — *linoleic acid* [%]
 3 — C_{18:3} kwas linolenowy — *linolenic acid* [%]
 4 — suma glukozyolanów [µM/g nasion] — *total of glucosinolates* [µM/g seeds]
 5 — zawartość chlorofilu w liściach jesienią — *chlorophyll content in leaves - autumn*
 6 — zawartość chlorofilu w liściach wiosną — *chlorophyll content in leaves - spring*
 7 — przezimowanie roślin — *plant overwintering* [%]
 8 — początek kwitnienia [dni od 1 stycznia] — *beginning of flowering* [days from 1.01]
 9 — długość okresu kwitnienia [dni] — *flowering period* [days]
 10 — wysokość roślin — *plant height* [cm]
 11 — plon nasion — *seed yield* [dt/ha]
 12 — zawartość tłuszczu — *fat content* [%]
 13 — masa 1000 nasion — *weight of 1000 seeds* [g]

Kontrast <i>Contrast</i>	Ocena kontrastu dla cechy — <i>Estimation of contrast for trait</i>												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PN 3756/93 — M-10453	-9,62 ****	8,50 ****	1,34 ****	-5,05 ****	55,90 *	63,17	5,26	-2,75 ****	1,08 *	5,50	15,10 ****	2,33 ****	-0,27 *
PN 3756/93 — M-10464	-9,85 ****	7,94 ****	1,60 ****	-1,52 ****	-7,54	33,30	-11,65 *	-2,85 ****	1,40 ****	21,90 ****	21,21 ****	3,10 ****	0,17
PN 3756/93 — M-681	0,98	-3,98 ****	3,67 ****	-3,54 ****	4,28	58,71	12,43 **	3,64 ****	-4,50 ****	41,96 ****	27,81 ****	4,19 ****	0,10
PN 3756/93 — L-13	-3,55 ****	1,64 **	2,18 ****	-1,10 ****	-20,72	-2,10	-7,09 **	-1,07 **	0,69	0,44	6,51 **	0,22	-0,28 **
M-10453 — M-10464	-0,23	-0,56	0,26 *	3,52 ****	-63,44 ****	-29,87	-16,91 ****	-0,10	0,32	16,40 ****	6,11 ****	0,76 *	0,44 ****
M-10453 — M-681	10,59 ****	-12,48 ****	2,33 ****	1,51 ****	-51,62 ****	-4,45	7,18 *	6,39 ****	-5,58 ****	36,46 ****	12,71 ****	1,86 ****	0,38 ****
M-10464 — M-681	10,82 ****	-11,92 ****	2,07 ****	-2,02 ****	11,83	25,41	24,09 ****	6,49 ****	-5,90 ****	20,06 ****	6,60 ****	1,10 ****	-0,06
L-13 — M-10453	-6,06 ****	6,85 ****	-0,84 ****	-3,95 ****	76,62 ****	65,27 *	12,35 ****	-1,68 ****	0,39	5,06 *	8,59 ****	2,11 ****	0,01
L-13 — M-10464	-6,29 ****	6,30 ****	-0,58 ****	-0,43 ****	13,17	35,40 *	-4,55 ****	-1,78 ****	0,70 **	21,46 ****	14,70 ****	2,87 ****	0,45 ****
L-13 — M-681	4,53 ****	-5,63 ****	1,49 ****	-2,45 ****	25,00 **	60,82 ****	19,53 ****	4,72 ****	-5,19 ****	41,53 ****	21,30 ****	3,97 ****	0,38 ****

Różnice istotne na poziomie — *significant a level*: * — $\alpha \leq 0,05$; ** — $\alpha \leq 0,01$; *** — $\alpha \leq 0,001$; **** — $\alpha \leq 0,0001$

Z analizy współczynników korelacji zamieszczonych w tabeli 6 wynika, że zawartość kwasu oleinowego była dodatnio skorelowana z początkiem kwitnienia, a ujemnie z długością okresu kwitnienia oraz niektórymi cechami wchodzącymi do struktury plonu, tj. długością łuszczyn, liczbą łuszczyn i rozgałęzień na roślinie. O ujemnej korelacji zawartości kwasu oleinowego z długością okresu kwitnienia zdecydowała grupa linii mutantów „wysokooleinowych”, których rośliny w stosunku do roślin innych grup zakwitły później i znacznie szybciej kończyły kwitnienie. Ta sama grupa linii mutantów wpłynęła istotnie na ujemną korelację zawartości kwasu oleinowego z cechami wchodzącymi do struktury plonu. Mutanty M-10453 M-10464 słabo się gałęziły oraz posiadały dość krótkie łuszczyny i małą ich ilość na roślinie.

Tabela 6

Macierz współczynników korelacji między zawartościami kwasów: oleinowego, linolowego i linolenowego a cechami użytkowymi rzepaku ozimego — *Coefficients correlation matrix between oleic, linolenic and linolenic acid content and agronomic traits of winter oilseed rape*

Cechy Traits	Kwasy tłuszczowe — <i>Fatty acid</i>		
	oleinowy <i>oleic C_{18:1}</i>	linolowy <i>linoleic C_{18:2}</i>	linolenowy <i>linolenic C_{18:3}</i>
Plon nasion — <i>Seed yield</i> [dt/ha]	−0,098	−0,081	0,523**
Zawartość tłuszczu — <i>Fat content</i> [%]	−0,056	−0,073	0,403*
Plon tłuszczu — <i>Fat yield</i> [dt/ha]	−0,106	−0,073	0,522**
Wyniesienie stożka wzrostu <i>Height of apical growing point</i> [mm]	−0,279	0,400*	−0,476**
Masa korzenia z rośliny — <i>Root mass of plant</i> [g]	−0,104	−0,038	0,394*
Masa liści — <i>Mass of leaves</i> [g]	−0,296	0,140	0,422*
Przezimowanie roślin — <i>Plant overwintering</i> [%]	0,184	−0,282	0,386*
Początek kwitnienia [dni od 1 stycznia] <i>Beginning of flowering</i> [days from 1 January]	0,790**	−0,814**	0,304
Długość okresu kwitnienia [dni] <i>Flowering period</i> [days]	−0,632**	0,709**	−0,430*
Długość łuszczyn — <i>Pod length</i> [cm]	−0,558**	0,463**	0,119
Liczba łuszczyn na roślinie <i>Number of pods per plant</i>	−0,447*	0,507**	−0,310
Liczba rozgałęzień na roślinie <i>Number of branches per plant</i>	−0,575**	0,640**	−0,354
Wysokość roślin — <i>Plant height</i> [cm]	0,120	−0,302	0,579**

* — różnice istotne na poziomie — *significant a level $\alpha \leq 0,05$*

** — różnice istotne na poziomie — *significant a level $\alpha \leq 0,01$*

Zawartość kwasu linolowego korelowała ujemnie z początkiem kwitnienia, a dodatnio z długością kwitnienia. Z zależności tej wynika, że grupa linii mutanta M-681 i część linii o wyższej zawartości kwasu linolowego z „grupy 13 linii” wcześniej rozpoczynały kwitnienie i dłużej kwitły. O dodatniej korelacji z cechami długości łuszczyń, liczby łuszczyń i rozgałęzień na roślinie decydowały głównie linie z „grupy 13 linii” cechujących się znacznie lepszym pokrojem i wigorem roślin niż inne mutanty.

Korelacje zawartości kwasu linolenowego z wszystkimi analizowanymi cechami były trudne do zinterpretowania z uwagi na fakt, że decydującą rolę w uzyskanych wynikach odgrywała grupa linii „niskolinolenowego” mutanta M-681 o znacznie mniejszej żywotności i z deformacjami morfologicznymi.

Na podstawie wyników doświadczenia oszacowano także odziedziczalność w szerokim sensie dla poszczególnych kwasów tłuszczowych. Uzyskano wysokie wartości dla badanych kwasów:

- dla zawartości kwasu oleinowego $h^2 = 0,9878$,
- dla zawartości kwasu linolowego $h^2 = 0,9904$,
- dla zawartości kwasu linolenowego $h^2 = 0,9832$.

Dla plonu wykonano również analizę regresji wielokrotnej na podstawie badanych 18 cech. Jak stwierdzono na podstawie danych niestandardyzowanych regresje dla 14 cech na plon okazały się nieistotne, dlatego cechy te pominięto w dalszych obliczeniach.

Tabela 7

Wartości współczynników regresji wielokrotnej oszacowanych dla plonu
Values of multiple regression coefficients estimated for yield

Zmienna niezależna <i>Independent variable</i>	Znormalizowany współczynnik regresji <i>Standardized regression coefficient (β)</i>	Współczynnik regresji <i>Regression coefficient (b)</i>	Istotność <i>Significance (p)</i>
Wyraz wolny równania regresji — <i>Intercept</i>	–	619,587	0,000328
X ₁ masa korzenia z rośliny [g] <i>root mass of plant</i>	0,204	18,994	0,005157
X ₂ początek kwitnienia [dni od 1 stycznia] <i>beginning of flowering [days from 1.01]</i>	–1,041	–4,231	0,000117
X ₃ długość okresu kwitnienia [dni] <i>flowering period [days]</i>	–1,137	–5,036	0,000234
X ₄ wysokość roślin — <i>plant height [cm]</i>	0,576	0,371	6,09E-06

Współczynnik determinacji — *Coefficient of determination* $R^2 = 0,90250442$

F_{obl. regresji} = 57,855***

W oparciu o dane standaryzowane oszacowano współczynniki regresji wielokrotnej (tab. 7). Równanie regresji przyjęło następującą postać:

$$Y = 619,587 + 18,994 X_1 - 4,231 X_2 - 5,036 X_3 + 0,371 X_4$$

Z powyższego równania wynika, że w prezentowanym doświadczeniu na plonowanie rzepaku ozimego korzystnie wpływała duża masa korzenia, wczesne zakwitanie roślin, stosunkowo niedługi okres ich kwitnienia oraz wysokość roślin.

Wnioski

Mutanty badane w doświadczeniu polowym mimo możliwości swobodnego przepylenia utrzymały zmienione proporcje kwasów tłuszczowych, tj. mutanty „wysokooleinowe” M-10453 i M-10464 charakteryzowały się nadal zwiększoną zawartością kwasu oleinowego oraz obniżoną kwasów linolowego i linolenowego, a mutant „niskolinolenowy” M-681 obniżoną zawartością kwasu linolenowego.

Mutanty M-10453 i M-10464 prócz obniżonego plonu i długiego okresu wegetacji wykazały cechy pozytywne (wysoka zawartość tłuszczu, niska zawartość glukozyolanów), dlatego mogą być wykorzystane jako materiał wyjściowy do hodowli nowych odmian charakteryzujących się olejem o podwyższonej trwałości oraz stabilności organoleptycznej, nadającym się lepiej do długiego smażenia. Ponadto olej ten byłby korzystniejszy również do produkcji biopaliwa i smarów rozkładalnych biologicznie (całkowicie biodegradowalnych — ochrona środowiska).

Najmniej żywotny, z deformacjami morfologicznymi, „niskolinolenowy” mutant M-681, powinien być poddany dalszym zabiegom hodowlanym, aby mógł być wykorzystany do hodowli nowych odmian.

Ocena parametrów użytkowych w doświadczeniu polowym wykazała, że uzyskane mutanty M-10453 i M-10464 ze względu na niski plon nasion nie mają wystarczającej wartości rolniczej aby mogły znaleźć zastosowanie do uprawy. Niski plon może być wynikiem nie tylko uszkodzeń w czasie traktowania mutagenem, ale również depresji wsobnej spowodowanej chowem wsobnym przez wiele pokoleń.

Do pozytywnych cech otrzymanych mutantów należy to, że mutanty „wysokooleinowe” M-10453 i M-10464 dobrze zimowały, a rośliny półkarłowe były odporne na wyleganie, natomiast mutant „niskolinolenowy” M-681 jest formą bardzo wczesną, nie wylegającą, o karłowym i półkarłowym pokroju roślin.

W grupie 13 linii, u których nie obserwowano w trakcie selekcji istotnych statystycznie zmian składu kwasów tłuszczowych, na podstawie bardziej dokładnych wyników z doświadczenia polowego, dwie linie wykazują podwyższoną zawartość kwasu oleinowego i obniżoną zawartość kwasu linolowego, natomiast trzy linie obniżoną zawartość kwasu linolenowego. Sześć linii z tej grupy plono-

wało na poziomie odmiany wzorcowej Kana. Uzyskane linie należy traktować jako perspektywiczne z uwagi na możliwość selekcji i wyboru materiału wyjściowego do dalszych prac hodowlanych.

Podziękowane

Autor dziękuje prof. dr hab. Janowi Krzymańskiemu i mgr Krystynie Krótkiej za cenne wskazówki podczas opracowania statystycznego wyników.

Literatura

- Auld D.L., Heikkinen M.K., Erickson D.A., Sernyk J.L., Romero J.E. 1992. Rapeseed mutants with reduced levels of polyunsaturated fatty acids and increased levels of oleic acid. *Crop Sci.*, 32: 657-662.
- Bartkowiak-Broda I., Krzymański J. 1983. Dziedziczenie składu kwasów C-18 u ozimego rzepaku bezerukowego (*Brassica napus* L.). Wyniki Badań nad Rzepakiem Ozimym za lata 1980-1982, IHAR Radzików: 92-95.
- Brunklaus-Jung E., Röbbelen G. 1987. Genetical and physiological investigations on mutants for polyenoic fatty acid in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant Breeding*, 98: 9-16.
- Byczyńska B., Krzymański J. 1969. Szybki sposób otrzymywania estrów metylowych kwasów tłuszczowych do analizy metodą chromatografii gazowej. *Tłuszcze Jadalne*, XIII: 108-114.
- Byczyńska B., Spasibionek S., Krzymański J. 1997. Karłowe mutanty rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVIII: 63-68.
- Ceranka B., Chudzik H., Dobek A., Krzymański J. 1974. Obliczanie charakterystyk genetycznych dla doświadczeń w układzie bloków zrandomizowanych kompletnych. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, LXXI: 43-59.
- Dembiński F. 1975. *Rośliny Oleiste*. PWRiL, Warszawa.
- Kondra Z.P., Stefansson B.R. 1970. Maternal Effect on the Fatty Acid Composition of Rapeseed Oil (*Brassica napus*). *Can. J. Plant. Sci.*, 55: 205-210
- Krzymański J., Downey K.R. 1969. Inheritance of fatty acid composition in winter forms of rapeseed (*Brassica napus*). *Can. J. Plant Sci.*, 49: 313-319.
- Krzymański J. 1970a. Genetyczne możliwości ulepszania składu chemicznego nasion rzepaku ozimego. *Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo*, 14 (2): 95-133.
- Krzymański J. 1970b. Oznaczanie zawartości tłuszczu i wody w nasionach oleistych metodą MNR. *Tłuszcze, Środki Piorące i Kosmetyki*, 14/4: 202-208.
- Krzymański J., Bartkowiak-Broda I., Ceranka B., Harabasz J.S. 1975. Opracowanie statystyczne hodowlanego doświadczenia wielocechowego założonego w układzie o kompletnych blokach zrandomizowanych. *Biuletyn IHAR*, 1-2: 117-121.
- Krzymański J. 1984. Hodowlane możliwości ulepszania zawartości oleju i białka w nasionach rzepaku. Wyniki badań nad rzepakiem ozimym, 1983. *IHAR Radzików*: 104-111.
- Krzymański J. 1993. Osiągnięcia i nowe perspektywy prac badawczych nad roślinami oleistymi w Polsce. *Postępy Nauk Rolniczych*, 5/245: 7-14.

- Murata N., Ishizaki-Nishizawa O., Higashi S., Hayashi H., Tasaka Y., Nishida I. 1992. Genetically engineered alteration in the chilling sensitivity of plants, *Nature*, 356: 710-713.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowania w zmienionych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 191.
- Pleines S., Friedt W. 1988. Breeding for improved C₁₈-fatty acid composition in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Fat Sci. Technol.*, 90. Jahrgang, 5: 167-171.
- Rakow G. 1973. Selektion auf Linol- und Linolensäuregehalt in Rapssamen nach mutagener Behandlung. *Z. Pflanzenzüchtung*, 69: 62-82.
- Rakow G., McGregor D.I. 1973. Opportunities and problems in modification of levels of rapeseed C₁₈ unsaturated fatty acids. *JAOCS*, 50: 400-403.
- Rakow G., Stringam F.R., McGregor D.I. 1987. Breeding *B. napus* L. Canola with improved fatty acid composition, high oil content and high seed yield. *Proc. of the 7th Int. Rapeseed Cong.* 1: 27-32.
- Röbbelen G., Nitsch A. 1975. Genetical and physiological investigations on mutants for polyenoic fatty acid in rapeseed *Brassica napus* L. *Z. Pflanzenzüchtung*, 75: 93-105.
- Rücker B., Röbbelen G. 1995. Development of High Oleic Acid Rapeseed. *Proceedings of the 9th International Rapeseed Congress*, 2: 389-391.
- Rücker B., Röbbelen G. 1997. Mutants of *Brassica napus* with altered seed lipid fatty acid composition. *Proc. 12th Int. Symp. Plant Lipids*, July 8-12, 1996, Toronto, Canada. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands: 316-318.
- Spasibonek S., Byczyńska B., Krzymański J. 1998. Wpływ środowiska na zmiany składu kwasów tłuszczowych w oleju mutantu 1207 rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX: 627-632.
- Spasibonek S., Byczyńska B., Krzymański J. 1999. Badania nad optymalizacją warunków mutagenyzy chemicznej u rzepaku w celu otrzymania nowej zmienności nienasyconych kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (2): 602-613.
- Spasibonek S., Byczyńska B., Krzymański J. 2000. Mutanty rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (3): 715-724.
- Spasibonek S. 2002a. Znaczenie mutagenyzy w tworzeniu nowych genotypów roślin oleistych o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIII (2): 533-546.
- Spasibonek S. 2002b. Selection of Mutants with High Oleic Acid Content after Chemical Mutagen Treatment of the Double Low Winter Oilseed rape. *GCIRC Bulletin*, B 18 – CD.
- Thomas P.M., Kondra Z.P. 1973. Maternal Effect on the Oleic, Linoleic and Linolenic Acid Content of Rapeseed Oil. *Can. J. Plant Sci.*, 53: 221-225
- Thurling N., Depittayanan N. 1992. EMS induction of early flowering mutants in spring rape (*Brassica napus*). *Plant Breeding*, 108: 177-184.
- Trémolières A., Dubacq J.P., Drapier D. 1982. Unsaturated fatty acid in maturing seeds of sunflower and rape: regulation by temperature and light intensity. *Phytochem.*, 2: 41-45.
- Wawrzyniak M., Piętka T., Krótka K. 1998. Morfologia rozety a zimotrwałość i plenność rodów hodowlanych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX (2): 633-637.