

Alina Liersch, Iwona Bartkowiak-Broda, Krystyna Krótka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Oleistych w Poznaniu

Charakterystyka linii CMS *ogura* rzepaku ozimego i ich linii rekurencyjnych

Characteristics of winter oilseed rape CMS *ogura* lines and their recurrent lines

Słowa kluczowe: rzepak, CMS *ogura*, heterozja, linie męskoniepłodne i rekurencyjne

Key words: oilseed rape, CMS *ogura*, heterosis, male sterile and recurrent lines

Genowo-cytoplazmatyczna męska niepłodność CMS *ogura* jest systemem w pełni kontrolującym zapylenie krzyżowe u rzepaku i może być wykorzystana do produkcji nasion mieszańcowych. Rozwój hodowli odmian mieszańcowych możliwy jest w oparciu o selekcję wartościowych pod względem jakości i plenności linii CMS i linii restorerów. Celem badań było porównanie w doświadczeniu polowym plenności, cech jakościowych i fenotypowych linii męskoniepłodnych oraz ich linii rekurencyjnych. Stwierdzono, że już w pokoleniu BC₃F₁ linie CMS nie różnią się istotnie od linii rekurencyjnych ani fenotypowo ani pod względem cech jakościowych, takich jak zawartość tłuszczu i glukozynolanów. Natomiast występuje tendencja do znacząco lepszego plonowania linii CMS *ogura*, jeżeli mają zapewnione zapylenie obcym pyłkiem.

Gene cytoplasmic male sterility CMS *ogura* completely controls the cross-pollination in the oilseed rape and can be used in the hybrid seed production. Breeding development of hybrid varieties of rapeseed is possible by selection of valuable CMS and restorer lines in respect of yielding ability as well as of qualitative traits. The aim of investigations was to compare in the field trial the yielding ability, qualitative and phenotypic traits of male sterile lines and of their recurrent lines. It was stated that already in progeny BC₃F₁ the differences between CMS *ogura* lines and their recurrent lines are not significant in respect of phenotypic and qualitative traits such as content of oil and glucosinolate. There however appears a tendency to the significantly higher yielding of CMS lines, under conditions of sufficient pollination with foreign pollen.

Wstęp

Jednym z najszerzej wykorzystywanych systemów kontrolujących zapylenie krzyżowe u rzepaku w celu produkcji nasion mieszańcowych jest genowo-cytoplazmatyczna męska niepłodność CMS *ogura* znaleziona przez Ogura (1968) w genotypie japońskiej rzodkwi *Raphanus sativus*. Męskoniepłodny rzepak z cytoplazmą „S” pochodzącą od *Raphanus sativus* otrzymano poprzez krzyżowanie męskoniepłodnych roślin rzodkwi, najpierw z *Brassica oleracea* (Bannerot i in.

1974), a następnie z *Brassica napus* jako formami ojcowskimi (Couderon cyt. wg Rousselle 1982). Pierwsze męskoniepłodne rośliny rzepaku wykazywały znaczne deficyt chlorofilowy oraz redukcję liczby miodników do dwóch i obniżenie produkcji nektaru przez te miodniki (Bartkowiak-Broda i in. 1979).

W celu zmniejszenia deficytu chlorofilowego oraz poprawienia sekrecji nektaru, w L'Institut Nationale de la Recherche Agronomique (INRA) we Francji przeprowadzono fuzję protoplastów z roślin męskoniepłodnych z cytoplazmą rzodkwi i genomem rzepaku (CMS *ogura*) oraz protoplastów z cytoplazmą z męskopłodnych roślin rzepaku jarej odmiany Brutor, a także odmiany rzepiku Tower odpornej na triazyny (Pelletier i in. 1983a). Spośród uzyskanych kilkuset cybrydów wyselekcjonowano osobniki męskoniepłodne o poprawionej zawartości chlorofilu oraz lepszym wydzielaniu nektaru: Fu 27, Fu 58, Fu 77 i Fu 118. Męskoniepłodne były tylko te cybrydy, u których występowała przewaga fragmentów mitochondriów od *Raphanus sativus*, natomiast zawartość chlorofilu i występowanie miodników zależało od udziału chloroplastów *Brassica napus* (Chétrit i in. 1985).

Utrzymanie tej formy męskiej niepłodności nie stwarza trudności, ponieważ wszystkie odmiany, linie oraz rody *B. napus* posiadają geny dopełniające CMS *ogura* (Bartkowiak-Broda 1991). Natomiast występują duże trudności z uzyskaniem linii restorerów o pożądanych cechach, takich jak plenność i niska zawartość szkodliwych w żywieniu zwierząt glukozyolanów.

W Zakładzie Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu prowadzi się prace badawcze nad genowo-cytoplazmatyczną męską niepłodnością CMS *ogura*, mające na celu opracowanie skutecznych metod selekcji materiałów wyjściowych do tworzenia odmian mieszańcowych. Niezbędnym bowiem warunkiem dla powodzenia hodowli odmian mieszańcowych jest selekcja komponentów mieszańców o pożądanej jakości i wysokiej plenności. Zapewnia to duże prawdopodobieństwo uzyskania mieszańców o produktywności istotnie wyższej niż odmiany populacyjne, a jednocześnie dobrej jakości.

Celem badań było porównanie plenności oraz cech jakościowych i fenotypowych u wybranych linii CMS *ogura* i ich linii rekurencyjnych.

Material i metodyka

Material do badań stanowiło 28 linii CMS *ogura* i 28 linii rekurencyjnych. Linie CMS *ogura* pochodziły z krzyżowań wstecznych trzech linii wyjściowych CMS B009, B011, B012 z różnymi liniami rzepaku ozimego podwójnie ulepszonego. Dwie linie CMS 9312 i 9316 były czterokrotnie krzyżowane wstecznie (BC₄F₁), a pozostałe trzykrotnie (BC₃F₁). Linie rekurencyjne były bezerukowe i charakteryzowały się niską zawartością glukozyolanów w zakresie

od około 5 do 12 $\mu\text{M/g}$ nasion. Linie te zostały wyprowadzone w Pracowni Genetyki i Hodowli Jakościowej Zakładu Roślin Oleistych IHAR.

Linie CMS i ich linie rekurencyjne zostały przebadane w doświadczeniu polowym przeprowadzonym w Zakładzie Doświadczalnym IHAR w Borowie. Doświadczenie założono metodą bloków kompletnie zrandomizowanych, w czterech powtórzeniach, z systematycznym wzorcem, którym była wysokoplenna odmiana Kana.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy pomocy programu ANVAR. Zawartość glukozyolanów oznaczono metodą sililowych pochodnych glukozyolanów przy pomocy chromatografu gazowego firmy Perkin Elmer (Michalski i in. 1995). Zawartość tłuszczu w nasionach określono przy pomocy analizatora NMR firmy Newport. Masę 1000 nasion oznaczono na próbach z każdego poletka. Bonitacja cech fenotypowych została wykonana w skali 5-stopniowej, przy czym 5 stanowiło najlepszą ocenę.

Wyniki

Plon

W przeprowadzonym doświadczeniu średni plon nasion badanych linii CMS *ogura* był wyższy od średniego plonu ich linii rekurencyjnych. Większość linii CMS, tj. 25 spośród 28 badanych, plonowało wyżej niż ich linie rekurencyjne przy czym różnica ta była statystycznie istotna w przypadku 10 par linia CMS – linia rekurencyjna. Trzy linie plonowały tylko niewiele poniżej ich linii rekurencyjnych, ale były to różnice statystycznie nieistotne. Ponadto stwierdzono, że 7 linii CMS plonowało istotnie lub wysoce istotnie wyżej niż odmiana Kana. Natomiast tylko jedna linia rekurencyjna plonowała wysoce istotnie wyżej od odmiany wzorcowej (tab. 1).

Objaśnienia do tabel 1–5

* — istotność na poziomie $\alpha = 0,05$ — significance on the level $\alpha = 0.05$

** — istotność na poziomie $\alpha = 0,01$ — significance on the level $\alpha = 0.01$

Przy oznaczeniach linii CMS zaznaczono istotne (*) lub wysoce istotne (**) zróżnicowanie w porównaniu do ich linii rekurencyjnych, a przy wartościach cech w porównaniu do wzorca

The significant () and high significant (**) differences in comparison to recurrent lines are indicated at designations of CMS lines. The same signs were adopted when comparing trait values with standard.*

Tabela 1

Plenność linii CMS i ich linii rekurencyjnych oceniona w doświadczeniu przeprowadzonym w roku 1998/99 w ZDHAR Borowo — *Yielding ability of CMS ogura lines and their recurrent lines evaluated in trial conducted in ZDHAR Borowo in 1998/99*

Linie CMS CMS lines	Plon nasion — <i>Yield of seeds</i> [dt/ha]		Linie rekurencyjne Recurrent lines
	linie CMS CMS lines	linie rekurencyjne recurrent lines	
9268	16,87	15,24	9267
9270	18,08	13,03	9268
9282	18,50	16,39	9281
9286	18,25	19,17	9285
9288*	25,19**	18,40	9287
9294	24,25**	23,13**	9293
9298	11,59	7,78	9297
9300*	23,93 **	16,89	9299
9312*	20,51	14,32	9311
9316*	18,54	11,63	9315
9320*	19,74	12,38	9319
9326	12,99	13,79	9325
9334	18,37	16,24	9333
9336**	24,04**	13,51	9335
9338	9,78	5,46	9337
9340*	19,76	13,64	9339
9342	12,08	11,85	9341
9344	19,84	13,75	9343
9348	15,93	16,36	9347
9354*	18,82	12,53	9353
9356	22,61*	19,32	9355
9360	19,07	13,76	9359
9362	17,55	12,49	9361
9366	8,90	3,69	9365
9368**	35,13**	15,34	9367
9370	11,12	5,63	9369
9378	20,48	17,46	9377
9380*	26,60**	17,26	9379
NIR _{0,05} dla linii — <i>LSD_{0,05} for lines</i>	6,11		
NIR _{0,01} dla linii — <i>LSD_{0,01} for lines</i>	8,07		
Błąd standardowy średniej SD <i>Error of standard mean</i>	3,09		
Średnia ogólna wzorca <i>Mean of standard variety</i>	16,38		
Średnie — <i>Means</i>	18,87	13,94	
NIR _{0,05} dla śr. — <i>LSD_{0,05} for means</i>	2,70		
NIR _{0,01} dla śr. — <i>LSD_{0,01} for means</i>	3,60		

Masa 1000 nasion

Jednym z elementów plonotwórczych jest masa 1000 nasion. Spośród badanych linii CMS większość wykazywała wyższą masę 1000 nasion niż ich linie rekurencyjne, przy czym w siedmiu przypadkach była to różnica statystycznie istotna (tab. 2). Linie CMS jak i ich linie rekurencyjne o wysokiej plenności w większości przypadków charakteryzowały się wyższą masą 1000 nasion (tab. 1 i 2). W porównaniu do wysokoplennej odmiany Kana istotnie wyższą masę 1000 nasion stwierdzono u sześciu podwójnie ulepszonych linii rzepaku użytych do krzyżowań zwrotnych oraz pięciu linii CMS.

Zawartość tłuszczu

Porównywano również cechy jakościowe badanych linii. W większości przypadków badanych par linii CMS i linii rekurencyjnych zawartość tłuszczu w nasionach była zbliżona (tab. 3). Jeżeli linie podwójnie ulepszone były istotnie lepsze pod względem tej cechy od odmiany Kana, to także linie CMS charakteryzowały się wyższą zawartością tłuszczu. Zawartość tłuszczu w nasionach linii CMS zależy wyraźnie od genotypu linii rekurencyjnej.

Zawartość glukozyolanów

Zawartość glukozyolanów w nasionach linii CMS nie różniła się od ich zawartości w liniach rekurencyjnych (tab. 4). Tylko w dwóch przypadkach zawartość tych związków była istotnie niższa w nasionach linii CMS. W najlepiej plonujących męskonięplodnych liniach 9368 i 9380 zawartość glukozyolanów była bardzo niska i wynosiła 8,25 oraz 7,85 $\mu\text{M/g}$ nasion.

Cechy fenotypowe

Podczas wegetacji badanych linii wykonano szczegółową ocenę w skali 1–5: wschodów roślin, stanu roślin przed- i po zimie oraz w początku okresu kwitnienia, a także pierwszej wartości gospodarczej w fazie początku formowania łuszczyń (tab. 5). Określono również długość okresu kwitnienia wszystkich linii (tab. 6). Jedynie w przypadku pierwszej wartości gospodarczej ocena była istotnie lepsza dla linii CMS *ogura* (tab. 5), co ma związek z wyższym plonowaniem tych linii. Pod względem żadnej z pozostałych cech linie CMS nie różniły się istotnie od ich linii rekurencyjnych. Natomiast dla niektórych z nich cechy te były wyżej ocenione niż u odmiany Kana.

Tabela 2

Masa 1000 nasion badanych linii CMS i ich linii rekurencyjnych
1000 seed weight of CMS lines and their recurrent lines

Linie CMS <i>CMS lines</i>	Masa 1000 nasion — <i>1000 seed weight [g]</i>		Linie rekurencyjne <i>Recurrent lines</i>
	linie CMS <i>CMS lines</i>	linie rekurencyjne <i>recurrent lines</i>	
9268	4,06	4,30	9267
9270	4,19	4,14	9269
9282**	4,19	4,99**	9281
9286	4,39*	4,13	9285
9288	4,23	3,87	9287
9294	4,01	4,12	9293
9298	3,75	3,69	9297
9300	4,20	4,02	9299
9312	3,91	3,87	9311
9316	3,35	3,14	9315
9320	4,58**	4,45*	9319
9326	4,37	4,22	9325
9334	4,09	4,16	9333
9336	4,19	4,59**	9335
9338	3,52	3,21	9337
9340	4,12	3,85	9339
9342	4,05	4,35	9341
9344	3,52	4,29	9343
9348	4,46*	4,45*	9347
9354	3,88	4,55**	9353
9356	5,06**	4,44*	9355
9360	4,24	3,97	9359
9362	3,69	3,71	9361
9366	3,52	2,69	9365
9368	3,91	3,55	9367
9370	3,02	2,95	9369
9378	4,85**	4,28	9377
9380	4,06	3,66	9379
NIR _{0,05} dla linii — <i>LSD_{0,05} for lines</i>		0,47	
NIR _{0,01} dla linii — <i>LSD_{0,01} for lines</i>		0,63	
Błąd standardowy średniej SD <i>Error of standard mean</i>		0,24	
Średnia ogólna wzorca <i>Mean of standard variety</i>		3,91	
Średnie — <i>Means</i>	4,05	3,99	
NIR _{0,05} dla śr. — <i>LSD_{0,05} for means</i>		0,26	
NIR _{0,01} dla śr. — <i>LSD_{0,01} for means</i>		0,35	

Tabela 3

Zawartość tłuszczu w nasionach linii CMS i ich linii rekurencyjnych
Oil content in seeds of CMS lines and their recurrent lines

Linie CMS <i>CMS lines</i>	Zawartość tłuszczu — <i>Oil content</i> [%]		Linie rekurencyjne <i>Recurrent lines</i>
	linie CMS <i>CMS lines</i>	linie rekurencyjne <i>recurrent lines</i>	
9268	49,89**	49,14**	9267
9270*	50,05**	48,16**	9269
9282	48,74**	48,80**	9281
9286	47,25	48,72**	9285
9288	49,96**	49,64**	9287
9294	49,06**	50,32**	9293
9298	46,81	46,28	9297
9300	46,91	46,87	9299
9312*	46,67	44,93	9311
9316	45,38	43,80**	9315
9320	46,85	47,15	9319
9326	46,37	47,55	9325
9334	47,18	47,30	9333
9336	47,19	46,51	9335
9338	45,41	46,12	9337
9340	47,83*	46,78	9339
9342	45,89	46,83	9341
9344	46,32	46,42	9343
9348	46,44	46,39	9347
9354*	46,61	48,40**	9353
9356	48,75**	48,45**	9355
9360	45,99	45,88	9359
9362	48,27*	47,89*	9361
9366*	45,75	43,44**	9365
9368*	49,62**	47,89*	9367
9370	44,92	44,29*	9369
9378**	48,64**	46,17	9377
9380	48,33*	47,38	9379
NIR _{0,05} dla linii — <i>LSD_{0,05} for lines</i>	1,67		
NIR _{0,01} dla linii — <i>LSD_{0,01} for lines</i>	2,20		
Błąd standardowy średniej SD <i>Error of standard mean</i>	0,84		
Średnia ogólna wzorca <i>Mean of standard variety</i>	46,16		
Średnie — <i>Means</i>	47,39	47,05	
NIR _{0,05} dla śr. — <i>LSD_{0,05} for means</i>	0,85		
NIR _{0,01} dla śr. — <i>LSD_{0,01} for means</i>	1,13		

Tabela 4

Zawartość glukozynolanów w nasionach linii CMS *ogura* i ich linii rekurencyjnych
Glucosinolate content in seeds of CMS ogura lines and their recurrent lines

Linie CMS <i>CMS lines</i>	Zawartość glukozynolanów [$\mu\text{M/g}$ nasion] <i>Glucosinolate content [$\mu\text{M/g}$ of seeds]</i>		Linie rekurencyjne <i>Recurrent lines</i>
	linie CMS <i>CMS lines</i>	linie rekurencyjne <i>recurrent lines</i>	
9268	6,65	6,65	9267
9270	4,95	6,00	9269
9282	5,60	6,60	9281
9286	5,90	5,60	9285
9288	6,90	6,70	9287
9294	6,80	4,75	9293
9298	13,10	11,05	9297
9300	7,80	9,60	9299
9312	4,80	6,30	9311
9316	7,80	6,35	9315
9320	8,80	8,80	9319
9326	8,50	7,25	9325
9334	7,05	7,90	9333
9336	6,20	5,25	9335
9338	10,05	10,45	9337
9340	6,28	6,95	9339
9342	5,80	5,30	9341
9344	8,00	9,35	9343
9348	6,90	4,75	9347
9354	7,05	5,85	9353
9356	7,45	6,40	9355
9360	7,55	9,85	9359
9362	11,30	9,65	9361
9366*	9,75	12,25	9365
9368	8,25	9,75	9367
9370	13,00	12,45	9369
9378*	7,00	9,55	9377
9380	7,85	5,75	9379
NIR _{0,05} dla linii — <i>LSD_{0,05} for lines</i>	2,44		
NIR _{0,01} dla linii — <i>LSD_{0,01} for lines</i>	3,25		
Błąd standardowy średniej SD <i>Error of standard mean</i>	1,21		
Średnie — <i>Means</i>	7,75	7,75	
NIR _{0,05} dla śr. — <i>LSD_{0,05} for means</i>	1,17		
NIR _{0,01} dla śr. — <i>LSD_{0,01} for means</i>	1,56		

Tabela 5

Charakterystyka linii CMS *ogura* i linii rekurencyjnych na podstawie obserwacji w doświadczeniu polowym 1998/98
Characteristics of CMS ogura lines and their recurrent lines on the basis of observation in the field trial in 1998/1999

Linie CMS CMS lines	Linie rekurencyjne Recurrent lines	Ocena w skali 1–5 — Score in scale 1–5									
		wschody germination		przed zimą before winter		po zimie after winter		w początku kwitnienia in the beginning of flowering		I wartość gospodarcza first economic value	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
9268	9267	3,25	2,75	2,75	2,75	3,00	2,75	2,50	3,25	3,50	3,75
9270	9269	2,75	3,00	2,75	3,00	3,25	2,75	2,50	2,25	3,00	2,50
9282	9281	2,75	3,75	2,75	3,25	3,25	4,00**	3,50	2,75	3,50	3,00
9286	9585	3,00	3,25	2,75	3,25	3,25	3,25	4,00**	3,50	3,50	3,25
9288	9287	3,75	3,00	3,00	2,75	3,50	3,25	3,00	2,50	3,50	3,25
9294	9293	2,75	2,75	2,75	3,00	3,25	3,75	3,00	3,50	3,75	3,25
9298	9297	3,50	3,25	2,75	3,00	3,50	3,25	2,75	2,75	3,50	2,75
9300	9299	3,50	3,50	3,00	3,00	3,50	3,25	3,25	3,50	4,00*	3,50
9312	9311	4,00*	3,50	2,75	3,00	4,00**	3,75	3,00	3,00	3,75	3,00
9316	9315	3,00	3,25	2,75	2,25	3,50	3,00	2,50	1,75**	3,00	2,50
9320	9319	2,75	3,25	2,75	3,50	3,50	3,75*	3,00	3,00	3,50	2,75
9326	9325	3,25	3,50	3,00	3,25	3,50	4,00**	3,00	2,75	3,00	3,00
9334	9333	4,00*	3,25	3,25	2,75	3,25	4,00**	3,50	2,75	3,50	3,75
9336	9335	3,75	3,50	3,00	2,75	3,75	3,75	3,50	2,75	3,50	3,00
9338	9337	2,50	2,75	2,25	2,50	2,50	2,50	2,25	2,50	3,00	2,75
9340	9339	2,75	2,75	2,50	2,25	2,75	3,25	3,00	2,75	3,50	3,50
9342	9341	3,00	3,50	2,75	3,00	2,75	3,25	2,75	3,25	3,00	2,50
9344	9343	3,25	2,75	2,75	2,50	3,50	3,25	3,00	3,50	3,75	3,00
9348	9347	3,25	4,25**	3,00	3,50	3,00	4,00**	3,00	3,25	3,00	3,00

ciąg dalszy tabeli 5

9354	9353	3,00	3,25	2,50	2,75	3,50	3,75	2,75	2,50	3,25	2,50
9356	9355	3,75	3,50	3,50	3,00	4,25**	4,00**	3,25	2,00*	4,00*	3,75
9360	9359	3,75	2,50	2,75	3,00	3,75	3,50	2,75	3,25	3,00	3,75
9362	9361	2,75	2,75	2,50	2,25	3,00	3,00	2,25	2,50	2,75	3,25
9366	9365	2,50	2,25	2,50	2,00	2,50	2,25	2,25	1,75**	2,25	2,00*
9368	9367	3,00	3,50	3,00	2,75	3,75	3,25	3,25	3,00	4,25**	3,25
9370	9369	2,50	2,75	2,25**	2,50	3,25	2,75	2,75	2,25*	3,25	2,00*
9378	9377	3,75	3,50	3,00	3,50	4,25**	3,75	2,75	2,50	3,25	3,25
9380	9379	2,50	3,25	2,75	2,25	3,75	3,25	2,75	2,50	4,00*	3,50
NIR _{0,05} dla linii <i>LSD_{0,05} for lines</i>		0,98		0,77		0,84		0,86		0,78	
NIR _{0,01} dla linii <i>LSD_{0,01} for lines</i>		1,03		1,02		1,12		1,14		1,04	
Błąd standardowy średniej <i>Error of standard mean</i>		0,50		0,39		0,42		0,44		0,39	
Średnia ogólna wzorca <i>Mean of standard variety</i>		3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
Średnie — <i>Means</i>		3,15	3,17	2,79	2,83	3,38	3,37	2,92	2,77	3,38**	3,04**
NIR _{0,05} dla średnich <i>LSD_{0,05} for means</i>		0,25		0,19		0,25		0,25		0,25	
NIR _{0,01} dla średnich <i>LSD_{0,01} for means</i>		0,33		0,25		0,33		0,33		0,33	

Tabela 6

Długość okresu kwitnienia linii CMS *ogura* i ich linii rekurencyjnych
Length of flowering period of CMS ogura lines and their recurrent lines

Linie CMS <i>CMS lines</i>	Długość okresu kwitnienia [dni] <i>Length of flowering period [no of days]</i>		Linie rekurencyjne <i>Recurrent lines</i>
	linie CMS <i>CMS lines</i>	linie rekurencyjne <i>recurrent lines</i>	
9268	32,00	31,75	9267
9270	31,75	33,50	9269
9282	32,00	32,75	9281
9286	33,50	33,50	9285
9288	31,75	32,25	9287
9294	31,25	30,50	9293
9298	32,75	32,00	9297
9300	32,00	32,00	9299
9312	30,75	32,00	9311
9316	33,50	33,00	9315
9320	34,25	34,25	9319
9326	33,00	34,25	9325
9334	33,00	31,75	9333
9336	31,50	34,25	9335
9338	32,00	31,50	9337
9340	31,75	31,75	9339
9342	33,25	33,00	9341
9344	32,00	34,75*	9343
9348	33,25	34,00	9347
9354	32,75	35,50**	9353
9356	31,50	32,00	9355
9360	32,00	34,00	9359
9362	32,00	32,50	9361
9366	32,75	32,00	9365
9368	31,75	33,75	9367
9370	33,75	32,00	9369
9378	33,00	34,25*	9377
9380	32,25	31,00	9379
NIR _{0,05} dla linii — <i>LSD_{0,05} for lines</i>	3,25		
NIR _{0,01} dla linii — <i>LSD_{0,01} for lines</i>	3,11		
Błąd standardowy średniej SD <i>Error of standard mean</i>	1,19		
Średnia ogólna wzorca <i>Mean of standard variety</i>	32,05		
Średnie — <i>Means</i>	32,39	32,85	
NIR _{0,05} dla śr. — <i>LSD_{0,05} for means</i>	0,57		
NIR _{0,01} dla śr. — <i>LSD_{0,01} for means</i>	0,76		

Dyskusja

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że wybór linii rekurencyjnej dla linii CMS *ogura* decyduje o jej poziomie plonowania. Linie CMS *ogura* plonują co najmniej na tym samym poziomie, co linie użyte do krzyżowania wstecznego. Ponadto istnieje duże prawdopodobieństwo, że uzyska się linie CMS plonujące wysoce istotnie lepiej niż ich linie rekurencyjne. Wyniki te są zbieżne z uzyskanymi we Francji (Pelletier i in. 1987), gdzie różne cybrydy z męskosterylną cytoplazmą typu *ogura* i z genotypem odmiany rzepaku Brutor plonowały od 5 do 16% powyżej plonu tej odmiany.

Otrzymane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że sterylna cytoplazma *ogura* nie wpływa negatywnie na zdolność rośliny do plonowania, co często ma miejsce w przypadku sterylnej cytoplazmy typu *polima* (McVetty i in. 1990; McVetty i Pinnisch 1994; Bartkowiak-Broda 1998). Przeciwnie, efekt sterylnej cytoplazmy typu *ogura* można uznać za pozytywny. Zgodnie z teorią mitochondrialną wyjaśniającą mechanizm powstawania genowo-cytoplazmatycznej męskiej niepłodności (Demarly 1977) uważa się, że ze sterylną cytoplazmą jest związana mniejsza aktywność mitochondriów, a więc organelli, w których zachodzą procesy największej produkcji energii w komórce w postaci ATP. Ograniczenie ilości wytwarzanej energii wpływa negatywnie na zdolność do plonowania roślin męskoniepłodnych. Jednak w przypadku CMS *ogura* dzięki fuzji protoplastów, o której wspomniano we wstępie, powstały rekombinanty mitochondrialnego DNA pochodzącego od *Raphanus sativus* i od *Brassica napus*. Przy czym męskoniepłodne są tylko te cybrydy, które zawierają więcej fragmentów mtDNA z *Raphanus sativus* (Pelletier i in. 1983b; Pelletier i in. 1987). Przeprowadzone badania molekularne mtDNA wykazały, że genomy cybrydów różnią się między sobą, a także są odmienne od ich form rodzicielskich (Chétrit i in. 1985; Vedel i in. 1986; Vedel i in. 1994). Prawdopodobnie powstanie mieszańcowego mtDNA wpływa pozytywnie na aktywność energetyczną komórek, czego wyrazem jest wysoka plenność linii męskoniepłodnych.

Badane linie CMS *ogura* w pokoleniu BC₃F₁ nie różniły się w sposób istotny od swoich linii rekurencyjnych pod względem cech jakościowych ani fenotypowych. Daje to możliwość już po trzecim krzyżowaniu wstecznym linii CMS z pożądaną linią rzepaku, wykorzystania jej do tworzenia mieszańców testowych, zarówno zrestorowanych jak i niezrestorowanych, co może przyspieszyć proces hodowlany.

Cechy jakościowe, co jest szczególnie ważne, utrzymywały się u linii CMS na tym samym poziomie, co u wykorzystywanych w badaniach podwójnie ulepszonych linii rzepaku. Wystąpiła nawet korzystna tendencja do podwyższenia zawartości tłuszczu w nasionach. Natomiast nie obserwowano tego zjawiska w przypadku szkodliwych glukozyolanów.

Wnioski

- Linie CMS *ogura* już w pokoleniu BC₃F₁ w większości przypadków nie różnią się w sposób istotny od swoich linii rekurencyjnych, tak pod względem cech jakościowych (zawartość tłuszczu i glukozynolanów) jak i fenotypowych. Zatem linia CMS *ogura* już po trzecim przekrzyżowaniu wstecznym z wybraną linią podwójnie ulepszoną może być użyta do tworzenia mieszańców testowych, w których zostanie oceniona jej zdolność kombinacyjna.
- Należy się spodziewać, że wyprowadzone linie CMS *ogura* będą plenniejsze od ich linii dopełniających.

Literatura

- Bannerot H., Boulidard L., Cauderon Y., Tempe J. 1974. Transfer of cytoplasmic male sterility from *Raphanus sativus* to *Brassica oleracea*. Proc. Eucarpia Meeting – Cruciferae, 25-27 Sept.: 52-54.
- Bartkowiak-Broda I. 1991. Studia nad systemami męskiej niepłodności u rzepaku *Brassica napus* L. var. *oleifera*. Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 35 (3/4): 3-60.
- Bartkowiak-Broda I. 1998. Odmiany mieszańcowe rzepaku – osiągnięcia i perspektywy. Rośliny Oleiste, XIX: 359-370.
- Bartkowiak-Broda I., Rousselle P., Renard M. 1979. Investigations of two kinds of cytoplasmic male sterility in rapeseed (*Brassica napus* L.). Genetica Polonica, 20: 487-496.
- Chétrit P., Mathieu C., Vedel F., Pelletier G., Primard C. 1985. Mitochondrial DNA polymorphism induced by protoplast fusion in *Cruciferae*. Theor. Appl. Genet., 69: 361-366.
- Demarly Y. 1977. Genetique et Amelioration des Plantes. Collection Sciences Agronomiques, Masson Ed., 287.
- McVetty P.B.E., Edie S.A., Scarth R. 1990. Comparison of the effect of *nap* cytoplasm on the performance of intercultivar summer oilseed rape hybrids. Can J. Plant Sci., 70: 117-126.
- McVetty P.B.E., Pinnisch R. 1994. Comparison of the effect of *nap* and *pol* cytoplasm on the performance of three summer oilseed rape cultivar-derived isoline pairs. Can J. Plant Sci., 74: 729-731.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape – effect of sample preparation on analytical results. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, UK, 4-7.07.1995, vol. 3: 911-913.
- Ogura H. 1968. Studies on the new male-sterility in Japanese radish with special reference to the utilization of this sterility towards the practical raising of hybrids seeds. Mem. Fac. Agric. Ragostrima Univ., 6 (2): 39-78.
- Pelletier G., Primard C., Vedel F., Chétrit P. et coll. 1983a. Intergeneric cytoplasmic hybridization by protoplast fusion. Proc. 6th Int. Rapeseed Conference, 17-19 May, Paris-France, Vol. 1: 252-257.
- Pelletier G., Primard C., Vedel F., Chétrit P., Remy R., Rousselle P., Renard M. 1983b. Intergeneric cytoplasmic hybridization in *Cruciferae* by protoplast fusion. Mol. Gen. Genet., 191: 244-250.

- Pelletier G., Primard C., Vedel F., Chétrit P., Renard M., Pellan-Delourme R., Mesquida J. 1987. Molecular, phenotypic and genetic characterization of mitochondrial recombinants in rapeseed. Intern. Rapeseed Congress, Poznań, 11-14 maja, 113-118.
- Rousselle P. 1982. Premiers resultats d'un programme d'introduction de l' androsterilite „Ogura” du radis chez le colza. *Agronomie*, 2 (9): 859-864.
- Vedel F., Chétrit P., Mathieu C., Pelletier G., Primard C. 1986. Several different mitochondrial DNA regions are involved in intergenomic recombination in *Brassica napus* cybrid plants. *Curr. Genet.*, 11: 17-24.
- Vedel F., Pla M., Vitart V., Gutierrez S., Chétrit P., De Paepe R. 1994. Molecular basis of nuclear and cytoplasmic male sterility in higher plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 32 (5): 601-618.