

ELŻBIETA ADAMSKA <sup>1</sup>  
ZYGMUNT KACZMAREK <sup>1</sup>  
LAURENCJA SZAŁA <sup>2</sup>  
TERESA CEGIELSKA-TARAS <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

<sup>2</sup> Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

## Analiza zdolności kombinacyjnych linii DH rzepaku ozimego pod względem zawartości kwasów tłuszczowych

### Analysis of combining ability of winter oilseed rape DH lines in regard of the contents of fatty acids

W pracy zaproponowano wielowymiarowe podejście do badania ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej linii podwojonych haploidów (linii DH) rzepaku ozimego na podstawie analizy mieszańców otrzymanych w wyniku krzyżowania typu linia × tester. Dla kwasów tłuszczowych nasyconych i nienasyconych dokonano oceny wielowymiarowych efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) i specyficznej zdolności kombinacyjnej (SCA) par linii rodzicielskich. Oszacowanie tych efektów przeprowadzono na podstawie analiz zawartości 5 kwasów tłuszczowych: nasyconych — palmitynowego (C16:0) i stearynowego (C18:0) oraz nienasyconych — oleinowego (C18:1), linolowego (C18:2) i linolenowego (C18:3) u mieszańców pochodzących z krzyżowania 7 linii DH rzepaku ozimego z 4 testerami.

**Słowa kluczowe:** kwasy tłuszczowe, linia × tester schemat, rzepak ozimy, zdolność kombinacyjna

The paper presents a multivariate approach to estimation and testing the significance of combining ability effects of winter oilseed rape doubled haploid lines (DH lines). The statistical methods have been used to evaluate DH lines on the basis of observations of hybrids obtained from the line × tester crossing scheme. Multivariate effects of general (GCA) and specific (SCA) combining ability were calculated for 7 DH lines and 4 testers in respect of the contents of five saturated and unsaturated fatty acids: palmitic (C16:0), stearic (C18:0), oleic (C18:1), linoleic (C18:2) and linolenic (C18:3).

**Key words:** fatty acids, line × tester scheme, winter oilseed rape, combining ability

#### WSTĘP

Dla optymalnego dostosowania oleju rzepakowego do różnych wymagań rynku pod względem składu kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku ozimego, pożądane jest uzyskanie oleju naturalnie stabilnego nie podlegającego szybkim procesom utleniania. Olej

zawierający dużą ilość wielonienasyconych kwasów charakteryzuje się oksydacyjną niestabilnością. Dlatego jednym z głównych celów hodowców jest uzyskanie odmian o wysokiej zawartości kwasu oleinowego i obniżonej zawartości kwasu linolenowego. Badania genetyczne prowadzone przez Bartkowiak-Brodę (1979) i Brunklaus-Jung, Röbbelen (1987) wykazały z jednej strony istotny wpływ rośliny matecznej na zawartość kwasu oleinowego i linolowego przy znacznie mniejszym wpływie genotypu zarodka, z drugiej zaś strony autorzy zwracają uwagę na modyfikujący wpływ warunków środowiska, a szczególnie wpływ temperatury podczas dojrzewania nasion na syntezę poszczególnych kwasów nienasyconych. Jedną z metod oceny przydatności linii do hodowli jest krzyżowanie typu linia  $\times$  tester, polegające na krzyżowaniu wybranych linii rodzicielskich z każdym z testerów.

Do badania ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej linii podwojonych haploidów (DH) rzepaku ozimego zaproponowano wielowymiarowe podejście wykorzystujące dane dotyczące mieszańców otrzymanych w wyniku krzyżowania typu linia  $\times$  tester. Ocenę wielowymiarowych efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) i specyficznej zdolności kombinacyjnej (SCA) dokonano dla zawartości kwasów tłuszczowych nasyconych i nienasyconych w oleju nasion. Oszacowanie tych efektów dla cech struktury plonu przeprowadzone zostało w pracy Adamskiej i wsp. (2007).

W niniejszej pracy dokonano oceny efektów GCA i SCA dla zawartości 5 kwasów tłuszczowych w oleju mieszańców pochodzących z krzyżowania 7 linii podwojonych haploidów (DH) rzepaku ozimego z 4 testerami.

#### MATERIAŁ I METODY

Dla oszacowania wielowymiarowych efektów ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej linii rodzicielskich przeprowadzono doświadczenie w układzie linia  $\times$  tester. Materiał do badań stanowiły mieszańce  $F_1$  uzyskane w wyniku krzyżowania 7 linii DH [0-120 (L1), H2-26 (L2), W-15 (L3), MR-5 (L4), H3-2 (L5), H6-55 (L6), B21 (L7)] rzepaku ozimego z czterema testerami (odm. Lisek i 3 linie DH: H5-105, L 59, A1-2). Podwojone haploidy otrzymano metodą kultur izolowanych mikrospor. Testowane linie pochodziły od różnych dawców mikrospor. Jako testery wybrano: wysokopelną odmianę Lisek (T1) oraz trzy linie DH (T2, T3, T4) różniące się co najmniej jedną odrębną cechą.; linia H5-105 (T2) odznaczała się krótkimi łuszczykami, L 59 (T3) była linią częściowo żółto nasienną, natomiast A1-2 (T4) — linią o wysokiej zawartości tłuszczu. Doświadczenie z 39 genotypami (oprócz 28 mieszańców  $F_1$  występowało w nim 7 linii DH oraz 4 testery) przeprowadzono na polu doświadczalnym Instytutu Genetyki Roślin w Cerekwicy k/ Poznania w układzie bloków losowanych w trzech powtórzeniach (Adamska i in., 2007). Skład kwasów tłuszczowych w oleju nasion rzepaku oznaczano metodą chromatografii gazowej (Byczyńska, Krzymański, 1969) u trzech roślin w każdym powtórzeniu.

Zastosowano wielozmienną analizę wariancji, która umożliwiła przeprowadzenie testowania hipotez ogólnych o braku różnic między wektorami efektów GCA i SCA linii DH i testerów (Kaczmarek, Krajewski, 1994). Pozwoliła także na oszacowanie i testowanie istotności jedno- i wielowymiarowych efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej

linii podwojonych haploidów i testerów oraz specyficznej zdolności kombinacyjnej par linii DH i testerów. Weryfikację wyżej wymienionych hipotez przeprowadzono za pomocą procedury testowania jednoczesnego (Caliński i in., 1979).

## WYNIKI

W tabeli 1 podano średnie wartości zawartości kwasów tłuszczowych mieszańców F<sub>1</sub> kombinacji krzyżówkowych linii DH i testerów.

Tabela 1

**Średnie zawartości kwasów tłuszczowych w oleju mieszańców F<sub>1</sub> rzepaku ozimego  
(procent całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych)**

**Content of fatty acids for winter oilseed rape F<sub>1</sub> hybrids (per cent of total fatty acids content)**

Linie DH DH lines	Testery Testers	Kwasy tłuszczowe — Fatty acids				
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
0120 L1	Lisek	4,70	1,37	64,50	19,07	9,07
	H5-105	4,87	1,27	64,93	18,53	9,07
	Z-152	4,33	1,47	63,07	20,93	9,60
	A1-2	4,39	1,60	67,40	17,13	8,37
H2-26 L2	Lisek	4,40	1,70	63,87	19,10	9,50
	H5-105	4,70	1,23	60,47	21,90	10,53
	Z-152	4,50	1,47	57,10	24,10	11,43
	A1-2	4,50	1,80	65,30	19,03	8,47
W-15 L3	Lisek	4,23	1,70	65,53	18,20	9,10
	H5-105	4,60	1,73	64,17	18,93	9,27
	Z-152	4,07	1,57	64,50	19,83	8,80
	A1-2	4,37	1,80	68,20	16,37	8,17
MR-5 L4	Lisek	4,20	1,50	64,43	19,10	9,73
	H5-105	4,60	1,40	59,16	22,03	11,50
	Z-152	3,80	1,50	61,63	23,37	10,53
	A1-2	4,20	1,60	65,37	18,60	9,03
H3-2 L5	Lisek	4,27	1,47	64,63	18,90	9,47
	H5-105	4,50	1,33	60,27	21,47	11,13
	Z-152	4,00	1,37	59,83	23,37	10,10
	A1-2	4,03	1,60	65,20	18,00	9,90
H6-55 L6	Lisek	4,43	1,57	63,83	19,33	9,50
	H5-105	4,47	1,53	63,13	19,93	9,60
	Z-152	4,07	1,30	62,43	21,67	9,23
	A1-2	4,10	1,50	66,40	18,07	8,57
B-21 L7	Lisek	4,77	1,50	64,47	19,20	8,80
	H5-105	4,70	1,47	61,67	21,10	9,67
	Z-152	4,90	1,67	64,63	20,27	7,27
	A1-2	4,40	1,50	66,00	17,93	8,93
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>		0,30	0,32	1,84	1,54	1,02

Oceny i wyniki testowania istotności efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) linii DH i testerów dla poszczególnych kwasów i wszystkich kwasów łącznie przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

**Oceny i wyniki testowania jedno- i wielowymiarowych efektów GCA linii DH i testerów**  
**Estimates and results of testing the significance of uni- and multivariate GCA effects for DH lines and testers**

No	Linie DH DH lines	Kwasy tłuszczowe — Fatty acids					Wartość statystyki F dla wielowymiarowego efektu GCA F statistic value for multivariate GCA effect
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	
L1	DH 0-120	0,15	-0,09	1,32*	-0,92*	-0,42	9,31*
L2	DH H2-26	0,13	0,03	-1,96*	1,19*	0,54	8,72*
L3	DH W-15	-0,08	0,18*	1,95*	-1,50*	-0,61*	9,84*
L4	DH MR-5	-0,19*	-0,02	-1,00	0,94*	0,77*	17,80*
L5	DH H3-2	-0,19*	-0,08	-1,16*	0,59	0,71*	10,98*
L6	DH H6-55	-0,12	-0,04	0,30	-0,09	-0,22	2,83
L7	DH B-21	0,30*	0,02	0,54	-0,21	-0,77*	14,90*
Testery — Testers							
T1	Odm. Lisek	0,04	0,02	0,82*	-0,85*	-0,13	5,10*
T2	DH H5-105	0,24	-0,09	-1,68*	0,72*	0,67*	19,43*
T3	DH L-59	-0,15	-0,04	-1,76*	2,09*	0,13	32,35*
T4	DH A1-2	-0,13	0,11	2,62*	-1,96*	-0,67*	30,59*

\* Efekt GCA istotny na poziomie 0,05 (zastosowano procedurę testowania jednoczesnego)

\* GCA effects significant at the 0.05 level (simultaneous test procedure has been used)

Wielowymiarowe efekty GCA dla 5 kwasów łącznie okazały się wysoce istotne dla wszystkich testerów i linii z wyjątkiem linii DH H6-55. Spośród analizowanych linii DH wyróżnić można linie L1 i L3, wykazujące dodatnie efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej dla zawartości kwasu oleinowego, przy czym linia L3 wykazuje jednocześnie istotne i ujemne efekty GCA dla zawartości kwasu linolenowego. Linia L3 (DH W-15) zasługuje na szczególną uwagę, gdyż we wcześniejszych badaniach wyróżniono ją jako linię charakteryzującą się dodatnimi istotnymi efektami GCA dla cech struktury plonu takich jak liczba nasion w łuszczyńce, liczba rozgałęzień i liczba łuszczyń na roślinie (Adamska i in., 2007). Ponadto linie L2 i L4 wykazywały również dodatnie istotne efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej dla kwasu linolowego. Linią wartą uwagi jest linia L7 odznaczająca się istotną i ujemną oceną GCA dla zawartości kwasu linolenowego. Niska zawartość tego kwasu w oleju jest cechą pożądaną, gdyż kwas C18:3 charakteryzuje się dużą oksydacyjną niestabilnością, a zmniejszona jego zawartość opóźnia proces jełczenia oleju.

Linią o przeciętnej wielowymiarowej ogólnej zdolności kombinacyjnej jest linia L6, u której dla żadnego kwasu nie wystąpiły istotne efekty GCA.

Z czterech testerów najlepszym komponentem do krzyżowań w celu otrzymania form wysokooleinowych okazała się odmiana Lisek, (T1), której efekty GCA dla zawartości kwasu oleinowego były dodatnie i istotne oraz tester T4 (DH A1-2) o dodatnich efektach GCA dla kwasu oleinowego i ujemnych dla kwasu linolenowego i linolowego. Dla otrzymania form o wysokiej zawartości kwasu linolowego, interesujące okazały się testery T2 i T3 o istotnych dodatnich efektach GCA dla tego kwasu.

Tabela 3 przedstawia dla każdej cechy oceny specyficznej zdolności kombinacyjnej dla wybranych par linii i testerów. Dokonano testowania istotności poszczególnych ocen efektów SCA (zaznaczając efekty istotne gwiazdkami) oraz wielowymiarowych efektów SCA poprzez wyliczenie dla nich wartości statystyki F i zaznaczenie także gwiazdkami ich istotności na poziomie 0,05.

Tabela 3  
Oceny i wyniki testowania jedno i wielowymiarowych efektów SCA wybranych par linii DH i testerów  
Estimates and results of testing the significance of uni- and multivariate SCA effects for chosen pairs of DH lines and testers

Linie DH DH Lines	Testery Testers	Kwas tłuszczowy — Fatty acids					Wartość statystyki F dla wielowymiarowych efektów SCA F statistic value for multivariate SCA effect
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	
0120 L1	Lisek	0,11	-0,08	-1,29*	1,00*	0,17	1,72
	H5-105	0,08	-0,06	1,63*	-1,10*	-0,63*	3,02*
	Z-152	-0,06	0,08	-0,15	-0,08	0,45	1,78
	A1-2	-0,13	0,06	-0,19	0,18	0,01	0,82
H2-26 L2	Lisek	-0,16	0,12	1,36*	-1,08*	-0,35	2,36*
	H5-105	-0,06	-0,22*	0,46	0,15	-0,12	2,05
	Z-152	0,13	-0,04	-2,82*	0,97*	1,32*	9,82*
	A1-2	0,09	0,14	1,00*	-0,04	-0,85*	5,18*
W-15 L3	Lisek	-0,12	-0,02	-0,88	0,72	0,40	1,36
	H5-105	0,04	0,12	0,24	-0,12	-0,24	0,58
	Z-152	-0,09	-0,09	0,66	-0,59	-0,16	2,08
	A1-2	0,17	-0,01	-0,02	-0,01	0,00	1,22
MR-5 L4	Lisek	-0,04	-0,02	0,96	-0,82	-0,34	1,78
	H5-105	0,16	-0,01	-1,81*	0,54	0,63*	5,94*
	Z-152	-0,24*	0,04	0,75	0,49	0,21	23,81*
	A1-2	0,12	-0,01	0,10	-0,21	-0,50	4,40*
H3-2 L5	Lisek	0,03	0,0	1,33*	-0,68	-0,55	1,92
	H5-105	0,05	-0,54	-0,54	0,31	0,31	0,55
	Z-152	-0,04	-0,89	-0,89	0,84	-0,17	2,30
	A1-2	-0,04	0,10	0,10	-0,47	0,41	1,00
H6-55 L6	Lisek	0,12	-0,93	-0,93	0,43	0,41	1,24
	H5-105	-0,04	0,86	0,86	-0,53	-0,29	1,27
	Z-152	-0,04	0,24	0,24	-0,18	-0,12	1,40
	A1-2	-0,04	-0,17	-0,17	0,28	0,00	0,26
B-21 L7	Lisek	0,04	-0,54	-0,54	0,43	0,26	0,53
	H5-105	-0,23*	-0,85	-0,85	0,75	0,33	2,70*
	Z-152	0,36*	0,20	2,20*	-1,45*	-1,52*	12,26*
	A1-2	-0,17	-0,81	-0,81	0,27	0,93*	3,45*
	F <sub>0,05</sub>						2,34

\* Efekt SCA istotny na poziomie 0,05; SCA effect significant at 0.05 level

Biorąc pod uwagę wszystkie kwasy łącznie, czyli oceniając wielowymiarowe efekty SCA, można wyróżnić 7 par linii i testerów o istotnym efekcie SCA. Potomstwo pięciu par: L1 × T2, L2 × T1, L2 × 4, L5 × T1 i L7 × T3 charakteryzowało się, istotnymi dodatnimi efektami specyficznej zdolności kombinacyjnej dla zawartości kwasu oleinowego a dla kwasu linolowego potomstwo dwóch par L1 × T1 i L2 × T3. Ujemne istotne efekty

specyficznej zdolności kombinacyjnej dla zawartości kwasu linolenowego obserwowano u trzech par: L1 × T2, L2 × T4 i L7 × T3.

#### WNIOSEK

Analiza statystyczna doświadczenia linia × tester z rzepakiem ozimym, przeprowadzona na podstawie obserwacji mieszańców F<sub>1</sub> pozwala wyróżnić pary rodzicielskie, które rokuja otrzymanie potomstwa o szczególnie pożądanym, ze względów technologicznych, składzie kwasów tłuszczowych oleju, głównie o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego i obniżonej zawartości kwasu linolenowego. W kolejnych latach planowane są doświadczenia w układzie linia × tester z mieszańcami F<sub>2</sub>.

#### LITERATURA

- Adamska E., Cegielska-Taras T., Kaczmarek Z., Szała L. 2007. Multidimensional GCA and SCA effects in doubled haploid lines of winter rape in the analysis of yield structure characters of F<sub>1</sub> line x tester crosses. *Rośliny Oleiste — Oilseed Crops*, XXVIII: 97 — 108.
- Bartkowiak-Broda I. 1979. Dziedziczenie zawartości tłuszczu oraz kwasów: oleinowego, linolowego i linolowego u bezerukowego rzepaku ozimego (*Brassica napus* L. var. *oleifera*). Praca doktorska wykonana w Zakładzie Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu.
- Brunklaus-Jung E., Röbbelen G. 1987. Genetic and physiological investigations on mutants for polygenic 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* 13: 108 — 114.
- Caliński T., Dyczkowski A. I., Sitek M. 1979. Procedury testów jednoczesnych w wielozmiennej analizie wariancji. *Matematyka stosowana* XIV: 5 — 31.
- Kaczmarek Z., Krajewski P. 1994. Wielowymiarowa ocena form rodzicielskich na podstawie doświadczenia z mieszańcami linia × tester. *XXIV Colloquium Metodologiczne z Agrobiometrii*, PAN: 303 — 320.