

HALINA GÓRAL¹**MICHAŁ JASIEŃSKI**¹**TADEUSZ ZAJĄC**²¹ Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie² Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza w Krakowie

Zdolność kombinacyjna odmian lnu oleistego pod względem cech plonotwórczych

Combining abilities of several varieties of linseed with respect to yield components

Celem badań była ocena ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej oraz efektu krzyżowań odwrotnych pięciu zróżnicowanych geograficznie odmian lnu oleistego pod względem cech plonotwórczych. Wykazano istotne zróżnicowanie GCA i SCA odmian pod względem wszystkich cech oraz efektów krzyżowań odwrotnych w przypadku wysokości roślin. Odmiany LinolaTM 947 i Opal charakteryzowały się istotną dodatnią GCA wysokości roślin i liczby torebek z rośliny, co oznacza że selekcja we wczesnych pokoleniach mieszańcowych z użyciem tych odmian powinna być skuteczna. W hodowli rekombinacyjnej, zmierzającej do zwiększenia plonu nasion, można polecić odmiany LinolaTM 947 i Barbara charakteryzujące przeciwnym znakiem GCA dla liczby torebek z rośliny i masy 1000 nasion przy dodatnich efektach GCA liczby nasion z torebki. Dodatni efekt krzyżowań odwrotnych obserwowany w kombinacji LinolaTM 947 × Barbara pod względem wysokości roślin, liczby torebek i masy nasion z rośliny wskazuje, że na wartość tych cech w potomstwie ma wpływ kierunek krzyżowania, co świadczy o udziale w ich dziedziczeniu czynników cytoplazmatycznych.

Słowa kluczowe: cechy plonotwórcze, len oleisty, zdolność kombinacyjna

The study was aimed at evaluating the general (GCA) and specific (SCA) combining abilities and the effects of reciprocal crosses among several varieties of linseed (of different geographic origin), with respect to yield components. We have documented the existence of significant variation in both GCA and SCA for yield components. Reciprocal crosses resulted in significant effects for plant height. The varieties LinolaTM 947 and 'Opal' were characterised by significant positive combining abilities for plant height and number of capsules per plant, which implies that with these two varieties selection in early hybrid generations should be effective. The varieties LinolaTM 947 and Barbara can be recommended for recombination breeding aimed at increasing the seed yield, since their GCA for the number of capsules per plant and weight of 1000 seeds are opposite in sign, and they both have positive GCA for seed number per capsule. A reciprocal cross effect for plant height, capsule number and seed weight per plant was recorded for the cross between LinolaTM 947 and Barbara. This result indicates that the direction of crosses is important for the characteristics of the hybrids, which indicates that cytoplasmic factors may be important in the inheritance of this trait.

Keywords: combining ability, linseed, yield components

WSTĘP

Len oleisty (*Linum usitatissimum* L.) jest ważnym surowcem dla przemysłu chemicznego, papierniczego, paszowego, spożywczego, farmaceutycznego i kosmetycznego (Szczucińska i in., 1995; Piotrowska i Furowicz, 1998; Zając, 2004). W hodowli nowych odmian, mających na celu zwiększenie plonu nasion i komponentów plonu, konieczna jest znajomość sposobu dziedziczenia tych cech, umożliwiającą wybór odpowiednich form do krzyżowania i metody selekcji. W hodowli rekombinacyjnej szczególne znaczenie ma dobór rodziców do krzyżowań charakteryzujących się dodatnią ogólną zdolnością kombinacyjną poszczególnych cech plonotwórczych. Umożliwia to skuteczną selekcję rekombinantów we wczesnych pokoleniach mieszańcowych.

Celem badań była ocena ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej oraz efektu krzyżowań odwrotnych pięciu odmian lnu oleistego pod względem cech plonotwórczych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2003–2004 w stacji doświadczalnej Prusy koło Krakowa. Wykorzystano 5 odmian lnu oleistego, zróżnicowanych pod względem pochodzenia i cech morfologicznych: 3 brązowonasiennne odmiany, tj. polską Opal, węgierską Barbara i kanadyjską Flanders, kanadyjską odmianę LinolaTM 947 o niskiej zawartości kwasu linolenowego i jasnej barwie nasion oraz jasnonasienną odmianę Hungarian Gold o normalnej zawartości kwasu linolenowego. Odmiany skrzyżowano w pełnym układzie diallelicznym. Nasiona mieszańców F₁ otrzymano w wyniku ręcznych krzyżowań poprzedzonych kastracją. Mieszańce oraz formy rodzicielskie wysiano punktowo na poletkach 1-rzędowych, o długości rzędów 1,5 m, w rozstawie 30 × 10 cm. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach na glebie czarnoziem zdegradowany wytworzony z lessu. Do oceny cech plonotwórczych i masy nasion z rośliny wybrano losowo po 5 roślin każdego z 25 genotypów. Zmierzono wysokość roślin, policzono torebki na każdej roślinie, wymłócono je i oceniono liczbę nasion z torebki oraz masę nasion z rośliny. Masę 1000 nasion uzyskano z przeliczenia liczby i masy nasion z rośliny. Analizy wariancji i oszacowanie efektów GCA i SCA oraz efektów krzyżowań odwrotnych wykonano według modelu I Griffinga opisanego przez Ubysz-Borucką i wsp. (1985).

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizy wariancji wykazały istotne zróżnicowanie GCA i SCA badanych odmian pod względem wszystkich cech oraz efektów krzyżowań odwrotnych w przypadku wysokości roślin (tab. 1). Średni kwadrat GCA dla wszystkich cech był kilkakrotnie większy niż SCA wskazując na przewagę zmienności addytywnej nad nieaddytywną.

Tabela 1

Średnie kwadraty dla ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej oraz krzyżowań odwrotnych (RE) odmian lnu oleistego dotyczące plonu nasion i cech plonotwórczych
Mean squares of general (GCA) and specific (SCA) combining abilities and reciprocal effects (RE) of linseed varieties, regarding seed yield and yield components

Źródło Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty — Mean squares				
		wysokość roślin plant height	liczba torebek z rośliny number of capsules per plant	liczba nasion z torebki number of seeds per capsule	masa 1000 nasion 1000 seed weight	plon nasion z rośliny seed yield per plant
Genotypy — Genotype	24	312,22**	7832,19**	3,27**	5,17**	32,34**
GCA	4	230,98**	4243,48**	3,28**	4,95**	13,83**
SCA	10	34,63**	1146,05*	0,19**	0,30**	5,59*
RE	10	22,84**	916,01	0,07	0,20	4,40
Błąd — Error	100	6,30	548,01	0,06	0,11	2,35

*, ** Istotne według testu F-Fishera odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different according to F-test at $\alpha = 0,05$ and $0,01$, respectively

Tabela 2

Średni plon nasion i cech plonotwórczych u odmian i mieszańców F₁ lnu oleistego
Mean values of seed yield and yield components in linseed varieties and F₁ hybrids

Obiekt Entry	Wysokość roślin (cm) Plant height	Liczba torebek z rośliny Number of capsules per plant	Liczba nasion z torebki Number of seeds per capsule	Masa 1000 nasion (g) 1000 seed weight	Plon nasion z rośliny (g) Seed yield per plant
Rodzice — Parents					
Opal	78,4	131,4	7,6	7,72	7,81
Barbara	73,0	99,0	7,6	9,03	6,74
Linola™ 947	88,2	182,8	9,1	5,66	9,45
Flanders	71,1	104,6	7,6	7,26	5,66
H. Gold	68,0	95,2	6,1	8,61	5,04
Średnia — Mean	75,7	122,6	7,6	7,66	6,94
Mieszańce — Hybrids					
Opal × Barbara	73,6	181,2	7,6	9,22	12,80
Opal × Linola™ 947	91,6	215,2	8,7	6,90	12,91
Opal × Flanders	81,6	140,6	7,8	7,16	7,69
Opal × H. Gold	81,9	200,6	7,0	8,92	12,39
Barbara × Opal	64,8	98,6	8,1	9,39	7,42
Barbara × Linola	70,4	90,8	8,5	7,77	6,01
Barbara × Flanders	66,8	119,6	8,7	8,29	8,62
Barbara × H. Gold	75,5	130,6	7,5	9,29	9,10
Linola™ 947 × Opal	94,1	222,8	9,0	7,27	14,70
Linola™ 947 × Barbara	86,1	188,2	8,9	7,56	12,63
Linola™ 947 × Flanders	83,6	113,6	8,6	7,50	7,24
Linola™ 947 × H. Gold	83,3	130,4	8,0	7,10	7,49
Flanders × Opal	76,1	130,2	8,0	8,68	8,84
Flanders × Barbara	70,0	124,2	8,5	8,20	7,98
Flanders × Linola™ 947	84,5	117,8	8,6	6,94	7,21
Flanders × H. Gold	72,9	120,0	6,9	8,95	7,44
H. Gold × Opal	78,2	184,4	6,1	9,79	11,15
H. Gold × Barbara	79,8	116,4	7,6	9,20	8,25
H. Gold × Linola™ 947	88,3	166,6	8,0	7,65	10,31
H. Gold × Flanders	78,0	114,4	7,3	8,74	7,32
Średnia — Mean	79,1	145,3	8,0	8,23	9,38
NRI _{0,05} — LSD _{0,05}	7,03	65,56	0,67	0,91	4,30

Podobne wyniki otrzymali Anand i Murty (1969) oraz Patil i Chopde (1981), badając genotypy zróżnicowane ekogeograficznie i genetycznie. Foster i wsp. (1998) podkreślają natomiast duży udział dominacji w dziedziczeniu wysokości roślin, liczby torebek i masy nasion oraz jej brak w przypadku masy 100 nasion. Tyson (1989) obserwował wyraźne efekty krzyżowań odwrotnych w pokoleniu mieszańców F_1 , badając genetyczne uwarunkowania masy jednostkowej nasion.

Mieszańce F_1 charakteryzowały się większą liczbą torebek i masą nasion z rośliny (odpowiednio o 18,5% i o 35,2% w stosunku do rodziców) i nieco większymi wartościami innych cech w porównaniu do odmian rodzicielskich (tab. 2). W badaniach innych autorów stwierdzono także dodatnią heterozję liczby torebek z rośliny (Anand i Murty, 1969).

Odmiany wykazywały zróżnicowaną GCA badanych cech. Polską odmianę Opal i odmianę LinolaTM 947 cechował dodatni, istotnie różny od zera, efekt GCA dla wysokości i liczby torebek z rośliny (tab. 3). Odmiana Opal charakteryzowała się ponadto dodatnią GCA masy nasion z rośliny, przy jednocześnie ujemnym efekcie liczby nasion z torebki (tab. 3). Odmiana LinolaTM 947 przekazywała potomstwu zdolność do zawiązywania większej liczby nasion z torebki, zmniejszając jednocześnie masę 1000 nasion. Odmiany Barbara i H. Gold charakteryzowały się zdolnością przekazywania potomstwu większej masy 1000 nasion przy jednoczesnym zmniejszaniu liczby torebek z rośliny. Odmiana Flanders zmniejszała w potomstwie wartości większości badanych cech i nie powinna być polecana do krzyżowań z innymi odmianami.

Tabela 3

Efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich lnu oleistego
The effects of general combining ability for the linseed parents

Odmiana Variety	Wysokość roślin (cm) Plant height	Liczba torebek z rośliny Number of capsules per plant	Liczba nasion z torebki Number of seeds per capsule	Masa 1000 nasion (g) 1000 seed weight	Plon nasion z rośliny (g) Seed yield per plant
Opal	1,48*	22,85**	-0,16*	0,16	1,46**
Barbara	-5,09**	-16,01*	0,16*	0,59**	-0,26
Linola TM 947	7,45**	20,33**	0,75**	-1,11**	0,85
Flanders	-2,82**	-21,81**	0,08	-0,21*	-1,52**
H. Gold	-1,01	-5,39	-0,83**	0,57**	-0,54

*, ** Efekty istotnie różne od zera odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$ (test t Studenta); Effects differ significantly from zero at $\alpha = 0.05$ and 0.01 , respectively (Student's t test)

Do hodowli rekombinacyjnej zmierzającej do zwiększenia plonu nasion można polecić odmiany LinolaTM 947 i Barbara, charakteryzujące się przeciwnym znakiem GCA dla liczby torebek z rośliny i masy 1000 nasion przy dodatnich efektach GCA liczby nasion z torebki. Odmiana Opal będzie przekazywać potomstwu zdolność wytwarzania większej liczby torebek, a odmiana H. Gold większą masę jednostkową nasion.

Niewiele kombinacji krzyżowań charakteryzowało się dodatnimi efektami SCA. Na uwagę zasługuje kombinacja Opal $\times$ LinolaTM 947. W potomstwie tej pary rodziców obserwowano swoisty, dodatni efekt pod względem liczby torebek i masy nasion z rośliny oraz liczby nasion z torebki (tab. 4). Kombinacja Opal $\times$ H. Gold wykazywały dodatni efekt SCA dla liczby torebek z rośliny, masy 1000 nasion i masy nasion z rośliny.

Tabela 4

Efekty swoistej zdolności kombinacyjnej lnu oleistego
The effects of specific combining ability of linseed

Mieszańce Hybrids	Wysokość roślin (cm) Plant height	Liczba torebek z rośliny Number of capsules per plant	Liczba nasion z torebki Number of seeds per capsule	Masa 1000 nasion (g) 1000 seed weight	Plon nasion z rośliny (g) Seed yield per plant
Opal × Barbara	-5,57**	-7,73	-0,11	0,44*	0,02
Opal × Linola™ 947	5,52**	35,03*	0,35*	-0,08	2,60**
Opal × Flanders	1,78	-6,43	0,06	-0,14	-0,56
Opal × H. Gold	1,19	34,25*	-0,35*	0,50*	1,96*
Barbara × Linola™ 947	-2,48	-5,59	-0,10	0,08	-0,16
Barbara × Flanders	-2,08	18,95	0,48**	-0,24	1,19
Barbara × H. Gold	5,36**	4,13	0,30**	-0,03	0,58
Linola™ 947 × Flanders	1,06	-23,59	-0,12	0,43*	-1,00
Linola™ 947 × H. Gold	0,98	-7,21	0,20	-0,20	-0,31
Flanders × H. Gold	0,86	3,63	-0,02	0,37	0,55

*, ** Efekty istotnie różne od zera odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$ (test t Studenta); Effects differ significantly from zero at $\alpha = 0.05$ and 0.01 , respectively (Student's t test)

Tylko nieliczne efekty krzyżowań odwrotnych były statystycznie istotne (dane niezamieszczone). Dodatni efekt krzyżowań odwrotnych obserwowano w kombinacji Linola™ 947 × Barbara pod względem wysokości roślin (7,86**), liczby torebek (48,7**) i masy nasion z rośliny (3,31 g) oraz w kombinacji Flanders × Opal dla masy 1000 nasion (0,76 g). Na wartość tych cech w potomstwie wymienionych rodziców miał wpływ kierunek krzyżowania, co świadczy o udziale w ich dziedziczeniu czynników cytoplazmatycznych.

WNIOSKI

1. Wykazano istotne zróżnicowanie GCA i SCA odmian lnu oleistego pod względem cech plonotwórczych oraz efektów krzyżowań odwrotnych w przypadku wysokości roślin.
2. Odmiany Linola™ 947 i Opal charakteryzowały się istotną dodatnią GCA wysokości roślin i liczby torebek z rośliny, co oznacza że selekcja we wczesnych pokoleniach mieszańcowych z użyciem tych odmian powinna być skuteczna.
3. W hodowli rekombinacyjnej, zmierzającej do zwiększenia plonu nasion, można polecić odmiany Linola™ 947 i Barbara charakteryzujące przeciwnym znakiem GCA liczby torebek z rośliny i masy 1000 nasion przy dodatnich efektach GCA liczby nasion z torebki.

LITERATURA

- Anand I. J., Murty B.R. 1969. Serial analysis of combining ability in diallel and fractional diallel crosses in linseed. Theor. Appl. Genet. 39: 88 — 94.
- Foster R., Pooni H. S., Mackay I. J. 1998. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* crosses for dual-purpose traits. J. Agron. Sci. 131: 285 — 292.
- Patil V. D., Chopde P. R. 1981. Combining ability analysis over environments in diallel crosses of linseed (*Linum usitatissimum*). Theor. Appl. Genet. 60: 339 — 343.

- Piotrowska A., Furowicz B. 1998. Postęp w hodowli lnu oleistego. Rośliny Oleiste XIX: 641 — 643.
- Szczucińska A., Szulc A., Klukowska-Majewska Z. 1995. Olej lniany jako surowiec kosmetyczny. Rośliny Oleiste XVI: 341 — 344.
- Tyson H. 1989. Genetic control of seed weight in flax (*Linum usitatissimum*) and possible implications. Theor. Appl. Genet. 77: 260 — 270.
- Zajac T. 2004. Współczesne uwarunkowania uprawy i wykorzystania lnu oleistego. Post. Nauk Roln. 2: 77 — 91.