

Teresa Piętka, Krystyna Krótka, Jan Krzymański
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Oleistych

Analiza zimotrwałości rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego w krzyżowaniach diallelicznych — pokolenia F₁ i F₂

Oilseed rape (*Brassica napus* L.) winterhardiness analysis with the use of diallel cross — generations F₁ and F₂

Zimotrwałość rzepaku ozimego stała się bardzo ważną cechą po dwóch mroźnych zimach 1995/96 i 1996/97, które zniszczyły wiele plantacji tej rośliny w Polsce. Dwie wyjątkowo niekorzystne zimy dały hodowcom rzepaku okazję do oceny materiału hodowlanego i wykonania skutecznej selekcji. Doświadczenia polowe z pokoleniem F₂ z krzyżowań diallelicznych (7 x 7) i pokoleniem F₁ (10 x 10) wysiano jesienią 1996 r. Straty zimowe istotnie różnicowały kombinacje mieszańcowe, co umożliwiło bardziej precyzyjną analizę uwarunkowania genetycznego zimotrwałości. Nasiona do siewu pierwszego doświadczenia były zebrane z roślin pokolenia F₁, które przetrwały mroźną zimę 1995/96. Drugie doświadczenie wysiano z nasion uzyskanych z ręcznego krzyżowania po usunięciu pylników. Doświadczenia były założone metodą zrandomizowanych bloków kompletnych z systematycznie rozłożonymi poletkami wzorcowymi. Wiosną policzono rośliny ocalałe po zimie. Analizę statystyczną w układzie diallelicznym przeprowadzono na wartościach transformowanych. Oceniono efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej, efekty specyficznej zdolności kombinacyjnej i efekty krzyżowań odwrotnych wg schematu III Griffinga (1956). Wyniki analizy wariancji przedstawiono w tabelach 1 i 3. Wszystkie efekty były wysoce istotnie różne od zera, z wyjątkiem efektów matecznych w pokoleniu F₁. Efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej dla linii rodziciel-

Winterhardiness of winter oilseed rape cultivars became very important trait after two strong winters which destroyed many plantations of this crop in Poland. These two winters gave the rapeseed breeders an opportunity to estimate the winterhardiness of breeding materials and to make the effective selection. A field trials with F₂ generation of diallel cross (7 x 7) and with F₁ generation of diallel cross (10 x 10) were sown in autumn 1996. Winter losses of plants on the plots differentiated significantly the hybrids, what made more sophisticated analysis of this trait possible. Seeds used for sowing the first trial were harvested from F₁ plants which survived severe 1995/96 winter. The second trial was sown with seeds obtained by hand pollination after removing the anthers. The trials were made in complete randomized block design with standard plots distributed systematically. Interblock variability was reduced with covariance analysis. The hybrids of both generations were examined in the trials without parents. The number of plants which survived winter were estimated in spring. Diallel analysis on transformed values was done according to method III of Griffing (1956). Effects of general (GCA) and specific combining abilities (SCA) and effects of reciprocal (RE) crosses were calculated. Results of variance analyses are shown in Tables 1 and 3. All effects except of reciprocal effects in F₁ generation are highly significant. Effects of general combining abilities for parental lines,

skich, efekty specyficznej zdolności kombinacyjnej dla mieszańców oraz efekty odwrotne przedstawiono w tabeli 2 i 4. Okazuje się, że zimotrwałość ma złożony charakter. Jej genetyczne uwarunkowanie zależy od addytywnych efektów rodziców, interakcji genotypów rodzicielskich i wpływow cytoplazmy.

specific combining abilities for cross combinations and reciprocal effects are given in Tables 2 and 4. Winterhardiness shown its complicated character. Its genetic control depends on additive effects of parent, interaction of parental genotypes and maternal cytoplasm.

Wstęp

Rzepak ozimy jest najważniejszą rośliną oleistą uprawianą w Polsce. Tradycyjne odmiany Górczański i Skrzyszowicki charakteryzowały się dobrą zimotrwałością (Dembiński 1975). Wprowadzenie do uprawy nowych podwójnie ulepszonych odmian pozbawionych kwasu erukowego i o bardzo niskiej zawartości glukozyolanów polepszyło jakość śruty i oleju (Krzymański 1993), ale jednocześnie przejściowo pogorszyło zimotrwałość tych odmian i rodów. Nowe polskie odmiany rzepaku ozimego podwójnie ulepszonych osiągnęły poziom zimotrwałości odmian tradycyjnych, jednak mimo to wciąż aktualnym problemem w hodowli rzepaku ozimego jest ulepszanie tej cechy w materiałach hodowlanych i nowych odmianach. Ze względu na różnorodność czynników, które powodują uszkodzenia zimowe, podstawową metodą polepszania zimotrwałości wydaje się być selekcja w warunkach polowych (Szeszowicka, Krótka 1993, 1994).

Dłuższy okres z nietypowymi, łagodnymi zimami bez silnych mrozów i gwałtownych zmian temperatur nie pozwalał na różnicowanie się materiałów hodowlanych pod względem tej cechy. (Krzymański i in. 1993, 1994). Dopiero dwie ostre zimy 1995/96 i 1996/97 dały hodowcom rzepaku okazję do rzetelnej oceny materiałów hodowlanych w warunkach polowych i wykonania skutecznej selekcji.

Material i metody

W doświadczeniach polowych oceniano dwa zestawy mieszańców z krzyżowań diallelicznych, w tym jeden w pokoleniu F_2 a drugi w pokoleniu F_1 . Jesienią 1995 roku wysiano w doświadczeniach 90 mieszańców otrzymanych poprzez krzyżowanie ręczne pomiędzy pojedynczymi roślinami wybranymi z czołowych rodów hodowlanych rzepaku ozimego podwójnie ulepszonych. Były to rody selekcyonowane na bardzo niską zawartość glukozyolanów. Krzyżowanie zostało wykonane w układzie diallelicznym. Uzyskany materiał obejmował 45 kombinacji rodzicielskich krzyżowanych w obu kierunkach. Z powodu poważnych strat w ciągu zimy na poletkach pozostały tylko pojedyncze rośliny, które poprowadzono w indywidualnym chowie wsobnym. Zebrane z pojedynczych roślin pokolenia

F₁ nasiona z kombinacji siedmiu najlepiej zimujących linii użyto w 1996 roku do założenia doświadczenia z pokoleniem F₂ mieszańców (7 x 7) bez rodziców. Natomiast nasiona do założenia doświadczenia z mieszańcami pokolenia F₁ uzyskano z krzyżowań ręcznych po wykastrowaniu pojedynczych izolowanych roślin. Rośliny te wybrano z najlepszych rodów o bardzo niskiej zawartości glukozynolanów, ale bez sprawdzonej zimotrwałości. Doświadczenia były założone w układzie zrandomizowanych bloków kompletnych z systematycznie umieszczonymi poletkami wzorcowymi (co piąte). Dla pokolenia F₂ zastosowano cztery powtórzenia, natomiast dla pokolenia F₁ dwa powtórzenia. Także zima 1996/97 okazała się bardzo niekorzystna dla rzepaku i spowodowała bardzo duże straty na poletkach. Wiosną 1997 roku policzono rośliny ocalałe po zimie. Uzyskane wyniki wskazywały na duże zróżnicowanie zimotrwałości badanych mieszańców.

Analizy statystyczne krzyżowań diallelicznych obejmujące obliczenia efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA), efektów specyficznej zdolności kombinacyjnej (SZK) i efektów odwrotnych (RE) wykonano wg układu III Gryffinga (1956) na wartościach transformowanych.

Wyniki

Analiza wariancji zimotrwałości przeprowadzona dla pokolenia F₂ wykazała wysoce istotne, różne od zera zróżnicowanie mieszańców pod względem efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej, efektów specyficznej zdolności kombinacyjnej oraz efektów odwrotnych (tabela 1). Podobne wyniki uzyskano dla mieszańców w pokoleniu F₁ (tabela 3).

Tabela 1

Zimotrwałość — analiza wariancji dla pokolenia F₂ mieszańców diallelicznych 7 x 7
Winterhardiness — variance analysis for F₂ generation of diallel cross

| Źródło zmienności <i>Source of variability</i> | Stopnie swobody df | Suma kwadratów SS | Średni kwadrat MS | Wartość F <i>F-value</i> | Prawdopo- dobieństwo Pr > F |
|--|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Bloki — <i>Replications</i> | 3 | 268,74 | 89,58 | | |
| Mieszańce — <i>Hybrids</i> | 41 | 2095,47 | 51,11 | 3,92 | 0,00001 |
| Ogólna zdolność kombinacyjna <i>General combining ability</i> | 6 | 654,33 | 109,05 | 8,36 | 0,00001 |
| Specyficzna zdolność kombinacyjna <i>Specific combining ability</i> | 14 | 637,83 | 45,56 | 3,49 | 0,00008 |
| Efekty krzyżowań odwrotnych <i>Reciprocal effects</i> | 21 | 803,31 | 38,25 | 2,93 | 0,00011 |
| Błąd — <i>Residual</i> | 123 | 1604,22 | 13,04 | | |
| Całkowita — <i>Total</i> | 167 | 3968,43 | | | |

Tabela 2

Ocena parametrów zimotrwałości dla pokolenia F₂ mieszańców diallelicznych 7 x 7
Estimations of winterhardiness parameters

| Linia <i>Line</i> | Ogólna zdolność kombinacyjna <i>General combining ability</i> | Specyficzna zdolność kombinacyjna <i>Specific combining ability</i> | | | | | |
|----------------------|--|--|---------|---------|----------|---------|---------|
| | | 4506/21i | 4511/6i | 4513/5i | 4514/16i | 4517/6i | 4518/2i |
| PN 4494/15i | 2,68** | 1,77 | -0,38 | -2,06 | -0,36 | -0,11 | 1,14 |
| PN 4506/21i | -1,23* | | 0,18 | 4,59** | 0,74 | -3,38** | -3,90** |
| PN 4511/6i | 0,74 | | | -3,05** | 0,44 | 1,59 | 1,23 |
| PN 4513/5i | 1,30* | | | - | -1,04 | 2,09* | -0,53 |
| PN 4514/16i | -0,26 | | | | - | -1,02 | 1,24 |
| PN 4517/6i | -1,32* | | | | | - | 0,83 |
| PN 4518/2i | -1,91** | | | | | | |
| | | Efekty krzyżowań odwrotnych — <i>Reciprocal effects</i> | | | | | |
| PN 4494/15i | | 0,15 | 1,62 | -4,04** | 3,13* | 2,10 | 1,82 |
| PN 4506/21i | | | -0,41 | 3,79** | 2,24 | -2,37 | 2,69* |
| PN 4511/6i | | | | -1,49 | -1,91 | -0,64 | -2,21 |
| PN 4513/5i | | | | | -0,61 | 0,61 | -0,52 |
| PN 4514/16i | | | | | | 2,40 | -3,06* |
| PN 4517/6i | | | | | | | -2,05 |

* — istotnie różne od zera na poziomie $\alpha = 0,05$ — *significantly different at $\alpha = 0.05$*

** — istotnie różne od zera na poziomie $\alpha = 0,01$ — *significantly different at $\alpha = 0.01$*

Tabela 3

Zimotrwałość — analiza wariancji dla pokolenia F_1 mieszańców diallelicznych 10 x 10
Winterhardiness — variance analysis for F_1 generation of diallel cross

| Źródło zmienności <i>Source of variability</i> | Stopnie swobody df | Suma kwadratów SS | Średni kwadrat MS | Wartość F <i>F-value</i> | Prawdopo- dobieństwo Pr > F |
|--|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Bloki — <i>Replications</i> | 1 | 1,30 | 1,30 | | |
| Mieszańce — <i>Hybrids</i> | 89 | 3220,47 | 36,19 | 1,92 | 0,00119 |
| Ogólna zdolność kombinacyjna <i>General combining ability</i> | 9 | 1136,42 | 126,27 | 6,70 | 0,00001 |
| Specyficzna zdolność kombinacyjna <i>Specific combining ability</i> | 35 | 1230,11 | 35,15 | 1,86 | 0,01004 |
| Efekty krzyżowań odwrotnych <i>Reciprocal effects</i> | 45 | 853,93 | 18,98 | 1,01 | 0,47902 |
| Błąd — <i>Residual</i> | 89 | 1678,29 | 18,86 | | |
| Całkowita — <i>Total</i> | 179 | 4900,06 | | | |

Efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej są istotnie różne od zera dla pięciu linii rodzicielskich w pokoleniu F_2 (tabela 2), w tym dla dwóch wysoce istotnie. Spośród 42 kombinacji krzyżowań w pokoleniu F_2 efekty specyficznej zdolności kombinacyjnej są zarówno dodatnie jak i ujemne, ale istotnie różne od zera tylko dla 5 kombinacji krzyżowań, w tym dla czterech wysoce istotne. Efekty krzyżowań odwrotnych są istotnie różne od zera dla 5 kombinacji, w tym dla dwu kombinacji wysoce istotnie różne od zera. Wartości efektów krzyżowań odwrotnych są rzędu wartości efektów specyficznej zdolności kombinacyjnej.

W pokoleniu F_1 6 linii rodzicielskich wykazuje efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej istotnie różne od zera, z tego 4 linie na poziomie $\alpha = 0,01$ (tabela 4). Efekty specyficznej zdolności kombinacyjnej są istotnie różne od zera dla 4 kombinacji krzyżowań, w tym dla dwóch wysoce istotnie dodatnio i jednej wysoce istotnie ujemnie. Efekty z krzyżowań odwrotnych są istotnie różne od zera dla trzech kombinacji.

Tabela 4

Ocena parametrów zimotrwałości dla pokolenia F₁ mieszańców diallelicznych 10 x 10
Estimations of winterhardness parameters

| Linia <i>Line</i> | Ogólna zdolność kombinacyjna <i>General combining ability</i> | Specyficzna zdolność kombinacyjna — <i>Specific combining ability</i> | | | | | | | | |
|----------------------|--|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 3163/6i | 3430/2i | 3476/5i | 3700/4i | 3985/4i | 3747/2i | 3757/3i | 3761/2i | 3149/4i |
| PN 2845/3i/95 | 0,05 | -3,41 | -2,59 | 5,37** | -3,34 | -3,51 | 1,58 | 3,53 | -0,23 | 2,61 |
| PN 3163/6i/95 | -2,05** | | 1,10 | -3,53 | 1,20 | -0,36 | 0,60 | 0,75 | 2,20 | 1,45 |
| PN 3430/2i/95 | 1,57* | | | -6,19** | 3,21 | -0,65 | 2,71 | 2,56 | -1,58 | 1,43 |
| PN 3476/5i/95 | 0,58 | | | | 3,55 | 0,78 | -0,44 | 2,04 | 0,41 | -1,98 |
| PN 3700/4i/95 | 1,92** | | | | | -3,37 | -1,38 | -2,25 | 3,71 | -1,33 |
| PN 3985/4i/95 | -0,48 | | | | | | 0,95 | 2,09 | -1,27 | 5,34** |
| PN 3747/2i/95 | -2,98** | | | | | | | -2,37 | 0,25 | -1,91 |
| PN 3757/3i/95 | -0,65 | | | | | | | | -2,11 | -4,24* |
| PN 3761/2i/95 | 3,59** | | | | | | | | | -1,38 |
| PN 3149/4i/95 | -1,55* | | | | | | | | | |
| | | Efekty krzyżowań odwrotnych — <i>Reciprocal effects</i> | | | | | | | | |
| PN 2845/3i/95 | | -3,09 | -2,55 | -0,96 | 1,00 | 0,42 | -2,16 | 1,36 | 2,29 | -1,76 |
| PN 3163/6i/95 | | | -0,49 | -0,64 | 0,26 | 1,47 | -1,21 | 0,37 | -0,80 | -0,59 |
| PN 3430/2i/95 | | | | -4,47* | -4,68* | -2,02 | 3,63 | -2,16 | 0,70 | 2,69 |
| PN 3476/5i/95 | | | | | 2,60 | 1,76 | -1,61 | 0,27 | -0,30 | -0,58 |
| PN 3700/4i/95 | | | | | | 1,28 | 3,90 | -2,55 | 2,88 | -0,62 |
| PN 3985/4i/95 | | | | | | | 1,85 | 1,05 | -1,30 | 0,46 |
| PN 3747/2i/95 | | | | | | | | 0,35 | 4,07 | -2,08 |
| PN 3757/3i/95 | | | | | | | | | 1,18 | -2,08 |
| PN 3761/2i/95 | | | | | | | | | | 5,03* |

* — istotnie różne od zera na poziomie $\alpha = 0,05$ — *significantly different at $\alpha = 0.05$* ;

** — istotnie różne od zera na poziomie $\alpha = 0,01$ — *significantly different zero at $\alpha = 0.01$* ;

Wnioski

- Mroźne i długie zimy ujawniły zróżnicowanie linii pod względem zimotrwałości, co umożliwiło przeprowadzenie badań nad genetycznym uwarunkowaniem tej cechy.
- Genetyczne uwarunkowanie cechy zimotrwałości okazało się bardzo złożone i zależne od:
 - addytywnych właściwości rodziców,
 - interakcji genotypów rodzicielskich,
 - efektów matecznych, a więc wpływu cytoplazmy.
- Wpływ interakcji genotypów rodzicielskich na zimotrwałość jest mniejszy, niż w przypadku plonu nasion, ale nie zanika, lecz pozostaje nadal istotny również w pokoleniu F₂ (Krzymański i in. 1993, 1994).
- Najlepsze pod względem zimotrwałości okazały się:
 - linie: PN 4494/15i/95, PN 4513/5i/95, PN 3761/2i/95 i 3700/4i/95;
 - kombinacje: PN 4506/21i/95 x PN 4513/5i/95,
PN 4513/5i/95 x PN 4517/6i/95,
PN 2845/3i/95 x PN 3476/5i/95,
PN 3747/2i/95 x PN 3149/4i/95;
 - dodatkowo efekty cytoplazmy ujawniły się w kombinacjach:
PN 4494/15i/95 x PN 4514/16i/95,
PN 4505/21i/95 x PN 4518/2i/95,
PN 4506/21i/95 x PN 4513/5i/95,
PN 4513/5i/95 x PN 4494/15i/95,
PN 4518/2i/95 x PN 4514/16i/95,
PN 3761/2i/95 x PN 3149/4i/95,
PN 3700/4i x 3430/2i/95,
PN 3476/5i/95 x PN 3430/2i/95.

Literatura

- Dembiński F. 1975. Rośliny Oleiste. PWRiL, Warszawa.
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Sciences 9: 463-492 .
- Krzymański J. 1993. Osiągnięcia i nowe perspektywy prac badawczych nad roślinami oleistymi w Polsce. Postępy Nauk Rolniczych, 5/245: 7-14.
- Krzymański J. 1993. Możliwości pełniejszego wykorzystania wartości rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. Postępy Nauk Rolniczych, 6/246: 161-166.

- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1993. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. I. Pokolenie F_1 . Postępy Nauk Rolniczych, 5/245: 41-52.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1994. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. II. Pokolenie F_1 i F_2 . Rośliny Oleiste, tom XV (1): 21-32.
- Szestowicka B., Krótka K. 1993. Badanie wybranych metod oceny zimotrwałości i selekcja genotypów rzepaku ozimego o zwiększonej zimotrwałości. Postępy Nauk Rolniczych, 5/245: 67-78.
- Szestowicka B., Krótka K. 1994. Selekcja nowych genotypów rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego na podstawie morfologii rozety. Rośliny Oleiste, tom XV (1): 69-72.