

HENRYK BUJAK <sup>1</sup>  
STANISŁAW JEDYŃSKI <sup>1</sup>  
JAN KACZMAREK <sup>1</sup>  
ANDRZEJ KOTECKI <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

<sup>2</sup> Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

## Ocena stabilności plonowania populacyjnych i mieszańcowych odmian rzepaku ozimego

### Evaluation of yield stability of open-pollinated and hybrid cultivars of winter oilseed rape

Materiałem badawczym były plony odmian rzepaku ozimego z doświadczeń porejestrowych przeprowadzonych na terenie Dolnego Śląska w latach 2005–2007 w Krościnie Małej, Naroczycach, Pawłowicach, Tarnowie Śląskim, Tomaszowie Bolesławieckim i Zybiszowie. Badano cztery odmiany populacyjne: Bazył, Bojan, Cabriolet i Californium oraz pięć odmian mieszańcowych: Baldur, Kronos, Mazur, Pomorzanie, Titan. Do analizy stabilności plonowania wykorzystano parametryczne i nieparametryczne metody. Spośród metod parametrycznych zastosowano: współczynnik regresji i odchylenie od prostej Eberharta i Russella, statystykę stabilności Shukli, ekwalencję Wrickego i złożony miernik stabilności Hansona. Do oceny stabilności rolniczej wykorzystano dwa mierniki stabilności Hühna, metodę Kanga oraz nową metodę opartą na rangach grup jednorodnych i współczynniku zmienności. Nie stwierdzono istotnej różnicy między plonowaniem odmian mieszańcowych i populacyjnych. Na standardowym poziomie agrotechniki parametryczne testy Shukli i Wrickego wykazały najwyższą stabilność plonowania odmiany populacyjnej Californium i mieszańcowej Titan. Podobne wyniki uzyskano na intensywnym poziomie uprawy. Metoda rang grup jednorodnych i współczynników zmienności wykazała najwyższą stabilność rolniczą wysokoplennych odmian mieszańcowych Baldur, Kronos i Titan oraz populacyjnej Cabriolet.

**Słowa kluczowe:** adaptacyjność odmian, miary parametryczne, miary nieparametryczne, plon, rzepak, stabilność plonowania

Post registration yield trials including winter oilseed rape cultivars were carried out in Lower Silesia in the years 2005–2007 at the following locations: Krościna Mała, Naroczyce, Pawłowice, Tarnów Śląski, Tomaszów Bolesławiecki and Zybiszów. Four open-pollinated cultivars: Bazył, Bojan, Cabriolet, and Californium and five hybrids: Baldur, Kronos, Mazur, Pomorzanie and Titan were used. Evaluation of yield stability was based upon parametric and non-parametric methods. The following parametric procedures were applied: linear regression coefficient ( $b_i$ ), variance of the regression deviations ( $S^2_{di}$ ), Shukla's stability variance ( $\sigma^2_i$ ), Wricke's ecovalence ( $W_i^2$ ) and Hanson's statistic ( $D_i$ ). To assess yielding stability two Hühn's measures ( $S_i^1$ ,  $S_i^2$ ), Kang's parameter (RS) and a new measure of stability based on homogeneous group ranks were used. No significant differences were found between the open-pollinated and hybrid cultivars. According to Shukla's and Wricke's measures,

the open-pollinated cultivar Californium and hybrid Titan showed the lowest variation across the environments in the standard level (low input) of cultivation. The new method based on homogeneous groups rank, which defines a dynamic concept of stability, identified the hybrids Baltazar, Kronos, Titan and open-pollinated cultivar Cabriolet as the most stable.

**Key words:** cultivar adaptation, parametric and non-parametric measures, winter oilseed rape, yield stability

## WSTĘP

W 2008 roku zarejestrowano jedenaście odmian rzepaku, w tym sześć populacyjnych i pięć mieszańcowych. W krajowym rejestrze nadal przeważają odmiany populacyjne (44) nad mieszańcowymi (22).

Z powodu ich genetycznego zróżnicowania odmiany mogą niejednakowo reagować na warunki środowiskowe takie jak: niskie temperatury, jakość gleby, opady, występowanie fito i agrofagów, nawożenie azotowe i stosowanie chemicznej ochrony roślin.

W związku z dużym genetycznym zróżnicowaniem odmian, znaczenia nabiera ocena stabilności plonowania i adaptacyjności, czyli zdolności odmian do wysokiego i stabilnego plonowania w różnych środowiskach. Stabilność plonowania można analizować i zinterpretować poprzez metody statystyczne. Metody te mogą być parametryczne, takie jak: regresja, analiza wielozmienna, metoda skupień (Lin i Butler, 1990), multiplikatywne np. addytywne efekty główne (Zobel i in., 1988; Gauch, 1992) lub metody nieparametryczne (Hühn, 1990 a, b; Kang, 1988), które służą do analizy interakcji genotypowo-środowiskowej.

Wyróżnia się dwa rodzaje interakcji: interakcję ilościową (interakcja zmienia się pod względem wielkości, a nie kierunku zróżnicowania odmian w środowiskach) i interakcję jakościową (interakcja występuje w postaci zmiany uszeregowania odmian w poszczególnych środowiskach).

Do określenia stabilności odmian zaproponowano wiele metod parametrycznych i nieparametrycznych (Becker i Leon, 1988; Hühn, 1990 a, b; Mohammadi i in., 2007; Sabaghania i in., 2006; Scapim i in., 2000). Parametryczne metody oparte są na koncepcji biologicznej stabilności plonowania. Aby uzyskać wiarygodne wyniki na podstawie metod parametrycznych muszą być spełnione założenia, takie jak rozkład normalny błędów i efektów interakcji ze środowiskiem. Takiego wymogu nie ma przy metodach nieparametrycznych.

Metody nieparametryczne zaproponowane przez Hühna (1990 a, b), Kanga (1988) Thennarasu (1995) opierają się na rangach. Podobne uszeregowanie odmian pod względem wysokości plonu, a tym samym rangi, świadczy o dużej zdolności odmiany do adaptacji w różnych środowiskach, czyli o jej adaptabilności według terminologii Tigerstedta (1994).

Celem badań była ocena stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego za pomocą czterech metod parametrycznych: Eberharta i Russella, ekowalencji Wrickego, statystyki stabilności Shukli i miernika stabilności Hansona oraz metod nieparametrycznych: dwóch mierników stabilności Hühna, metody Kanga i nowej metody opartej na rangach grup jednorodnych odmian i współczynnika zmienności.

## MATERIAŁ I METODY

Do oceny plonowania odmian rzepaku i analizy interakcji genotypowo-środowiskowej (stabilności plonowania) wykorzystano wyniki z doświadczeń Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) z dziewięcioma odmianami z lat 2005–2007. Wśród badanych odmian były mieszańce  $F_1$  — Baldur, Titan, Kronos, mieszańce złożone  $F_{1z}$  — Mazur i Pomorzanin oraz odmiany populacyjne: Bojan, Bazyl, Cabriolet, Californium. Badania przeprowadzono w sześciu miejscowościach Dolnego Śląska: Krościna Mała, Naroczyce, Pawłowice, Tarnów Śląski, Tomaszów Bolesławiecki i Zybyszów. Doświadczenia założono metodą pasów prostopadłych na poletkach  $15 \text{ m}^2$  w dwóch powtórzeniach, porównując wariant standardowy ( $a_1$ ) z intensywnym sposobem uprawy roślin ( $a_2$ ). Na poziomie intensywnym ( $a_2$ ) zastosowano wyższe o  $50 \text{ kg/ha}$  nawożenie azotowe niż na standardowym poziomie, pełną ochronę chemiczną przed chorobami grzybowymi, regulator wzrostu oraz dolistne dokarmianie roślin preparatem wieloskładnikowym. Nawożenie fosforowo-potasowe oraz inne zabiegi agrotechniczne były takie same w obydwu wariantach uprawy.

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie metodami parametrycznymi i nieparametrycznymi. Ze względu na coroczną zmianę składu odmian w doświadczeniach, do analizy wybrano tylko dziewięć odmian z 3 lat badań i 6 miejscowości uzyskując układ kompletnej klasyfikacji odmiany  $\times$  miejscowości.

W celu weryfikacji hipotez zerowych dla odmian, lat, miejscowości, środowisk (miejscowości w latach) oraz interakcji odmian z latami badań, miejscowościami i środowiskami wykonano analizę wariancji dla doświadczeń wielokrotnych (Caliński i in., 1987 a, b). Obliczenia wykonano według programu Sergen 4. Po odrzuceniu hipotezy zerowej dla interakcji genotypów ze środowiskami wykonano analizę stabilności plonowania.

**Metody parametryczne****1. Współczynnik regresji  $b_i$  i odchylenie od prostej regresji  $S_{di}^2$  Eberharta i Russella (1966)**

Metoda Eberharta i Russella (1966) służy do oceny reakcji odmiany na zmienne warunki środowiska. Do tego celu wykorzystywany jest liniowy współczynnik regresji  $b_i$  i wariancja odchylen od regresji  $S_{di}^2$ .

$$b_i = 1 + \frac{\sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})}{\sum_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}$$

$$S_{di}^2 = \frac{1}{E - 2} \left[ \sum_i (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..}) - (b_i - 1)^2 \sum (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{..})^2 \right]$$

gdzie:

$x_{ij}$  — plon  $i$ -tej odmiany w  $j$ -tym środowisku,

$x_i$  — średni plon  $i$ -tej odmiany,

$x_{.j}$  — średni plon w  $j$ -tym środowisku,

$x_{..}$  — średnia ogólna,  
 $E$  — liczba środowisk.

W przypadku, gdy współczynnik regresji  $b_i > 1$  odmiany wykazują lepsze przystosowanie do dobrych warunków środowiska. Natomiast, gdy  $b_i < 1$  odmiany są przystosowane do gorszych warunków środowiska. Wartość  $b_i = 1$  wskazuje na przeciętną adaptabilność do różnych warunków środowiska. Wartość wariancji  $S^2_{di} = 0$  określa odmiany najbardziej stabilne, natomiast wysoka wartość  $S^2_{di}$  oznacza niską stabilność odmian.

### 2. Statystyka stabilności Shukli (1972)

Wariancja stabilności Shukli (1972) określa wkład każdej odmiany w interakcję genotypowo-środowiskową.

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{(s-1)(t-1)(t-2)} \left[ t(t-1) \sum_i (x_{ij} - x_{i.} - x_{.j} + x_{..})^2 - \sum_i \sum_j (x_{ij} - x_{i.} - x_{.j} + x_{..})^2 \right]$$

gdzie:

$s$  — liczba środowisk,  
 $t$  — liczba odmian.

Odmiany o wysokiej stabilności plonowania mają niskie wartości  $\sigma_i^2$ .

### 3. Ekwalencja Wrickego $W_i$ (1962)

Ekwalencja jest miernikiem wkładu każdego genotypu do sumy kwadratów interakcji genotypowo-środowiskowej. Odmiany o wysokiej stabilności plonowania charakteryzują się niskimi wartościami  $W_i$ .

$$W_i = \sum_i^e (x_{ij} - x_{i.} - x_{.j} + x_{..})^2$$

### 4. Miernik stabilności genotypowej Hansona $D_i$ (1970)

Miernik stabilności genotypowej Hansona  $D_i$  (1970) określa udział danego genotypu w wariancji interakcji  $G \times E$ . Reakcja genotypu na zmienne warunki środowiska, oszacowana jest za pomocą współczynnika regresji  $b_i$  Eberharta i Russella. Miernik stabilności odmiany wyraża odchylenie oczekiwanego plonu ( $E_{ij}$ ) od jej stabilnego plonu ( $S_{ij}$ ). Im niższa wartość miernika, tym wyższa stabilność odmiany.

$$D_i = \left[ \sum (\hat{E}_{ij} - \hat{S}_{ij})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

gdzie:

$$\hat{E}_{ij} = (x_{ij} + x_{..} - x_{i.} - x_{.j})$$

$$\hat{S}_{ij} = b_i (x_{.j} - x_{..})$$

## Metody nieparametryczne

### 1. Parametry Hühna (1990)

W pracy zastosowano dwa mierniki stabilności Hühna (1990):

$$S_i^1 = \frac{\sum_{j>j'} |r_{ij} - r_{ij'}|}{\frac{N(N-1)}{2}} = \frac{2 \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{j'=j+1}^N |r_{ij} - r_{ij'}|}{N(N-1)}$$

gdzie:

$r_{ij}$  — ranga i-tego genotypu w  $j$ -tym środowisku,

$r_{ij}'$  — ranga na podstawie poprawionych wartości  $x_{ij}'$ ,

$N$  — liczba środowisk,

$x_{ij}' = x_{ij} - x_i - x_{..}$ .

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{N-1}$$

gdzie:

$$\bar{r}_i = \sum_{j=1}^N r_{ij} / N$$

$\bar{r}_i$  — średnia ranga dla i-tego genotypu.

Najniższe wartości obydwu mierników  $S_i^1$  oraz  $S_i^2$  świadczą o wysokiej stabilności odmian.

## 2. Metoda Kanga (1988)

Metoda Kanga (1988) oparta jest na rangach plonów odmian i wariancjach stabilności Shukli. Najwyżej plonująca odmiana uzyskuje rangę 1. Również wariancji stabilności nadaje się kolejne rangi. Najniższa wariancja stabilności uzyskuje rangę 1. Rangi dla plonu i wariancji są sumowane. Odmiany o najniższej sumie punktów rangowych są stabilne i najbardziej pożądane.

## 3. Metoda Rang Grup Jednorodnych i współczynnika zmienności ( $R_D$ ) i V

Metoda oparta jest na wielokrotnym teście rozstępu Duncana i współczynnika zmienności. Grupom jednorodnym z poszczególnych doświadczeń nadaje się kolejne rangi. W przypadku zachodzenia grup jednorodnych na siebie oblicza się średnią wartość rangi z grup, w których występuje dana odmiana. Suma wszystkich rang dla odmiany z doświadczeń służy do obliczenia średniej rangi ogólnej ( $R_D$ ). Odmiany o najniższej średniej wartości  $R_D$  i najniższym współczynnikiem zmienności zaliczane są do najbardziej stabilnych i plennych.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Analiza wariancji dla syntezy wielolecia (tab. 1) umożliwiła ocenę zmienności lat, punktów doświadczalnych, środowisk i odmian oraz weryfikację następujących hipotez:

- o braku interakcji odmian z punktami doświadczalnymi,
- o braku współdziałania odmian z latami,
- o braku interakcji odmian ze środowiskami.

**Średnie kwadraty zmienności z analizy wariancji dla plonu rzepaku ozimego**  
**Mean squares from ANOVA for yields of 9 winter oilseed rape cultivars**

| Źródło zmienności<br>Source of variation                                      | Liczba stopni<br>swobody<br>Degrees of freedom | Plon — Yield                                  |                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                                                               |                                                | standardowy poziom uprawy<br>standard variant | intensywny poziom uprawy<br>intensive variant |
| Lata (L)<br>Years                                                             | 2                                              | 1168,10*                                      | 1982,72*                                      |
| Miejscowości (M)<br>Locations                                                 | 5                                              | 469,86**                                      | 272,08                                        |
| Środowiska (E)<br>Environments                                                | 9                                              | 302,17**                                      | 373,36**                                      |
| Regresja względem interakcji<br>Regression on interactions                    | 8                                              | 339,29**                                      | 312,58                                        |
| Odchylenie od regresji<br>Deviation from regression                           | 1                                              | 5,20                                          | 859,56                                        |
| Genotypy (G)<br>Genotypes                                                     | 8                                              | 33,65**                                       | 70,76**                                       |
| Interakcja genotypy × lata (GL)<br>Genotypes × years interaction              | 16                                             | 20,41**                                       | 16,73**                                       |
| Interakcja genotypy × miejscowości (GM)<br>Genotypes × locations interaction  | 40                                             | 21,87**                                       | 16,88**                                       |
| Interakcja genotypy × środowiska (GE)<br>Genotypes × environments interaction | 72                                             | 13,10**                                       | 17,46**                                       |
| Regresja względem środowiska<br>Regression on environments                    | 8                                              | 9,22**                                        | 10,01                                         |
| Odchylenie od regresji<br>Deviation from regression                           | 64                                             | 13,59**                                       | 18,39**                                       |
| Błąd doświadczalny<br>Experimental error                                      | 153                                            | 4,43                                          | 4,96                                          |

Stwierdzono istotny wpływ warunków glebowo klimatycznych na plonowanie odmian w latach 2005–2007. Istotne współdziałanie lat i miejscowości wskazuje na zróżnicowane plonowanie w miejscowościach i latach badań. Na poziomie standardowym występuje regresyjna zależność plonowania odmian względem interakcji i środowiska, natomiast w warunkach intensywnej uprawy zmiany plonowania nie można wyjaśnić regresją liniową. Istotne odchylenie od regresji wskazuje na to, że występują odmiany istotnie odbiegające od liniowej zależności regresyjnej i nie można tego opisać prostą zależnością liniową.

Na podstawie doświadczeń PDO wybierane są najwłaściwsze odmiany do rekomendacji dla określonego obszaru terytorialnego. Istotnymi kryteriami zalecania do uprawy są wysokość i stabilność plonowania odmiany. W tabelach 2 i 3 przedstawiono średnie plony dziewięciu odmian rzepaku w latach 2005–2006 z sześciu, a w 2007 z pięciu miejscowości. Stwierdzono istotne zróżnicowanie w plonowaniu odmian uprawianych na różnych poziomach intensywności i w różnych latach i miejscowościach. Istotna interakcja genotypy × środowiska wskazuje na potrzebę scharakteryzowania stabilności plonowania odmian. Wyniki analiz stabilności czterema metodami parametrycznymi dla poziomu standardowego ( $a_1$ ) przedstawiono w tabeli 2, a dla poziomu intensywnego ( $a_2$ ) w tabeli 3. Według metody Eberharta i Russella odmiany mieszańcowe Baldur i populacyjne Bazyl i Californium są bardziej dostosowane do lepszych warunków środowiska.

Tabela 2  
**Parametryczne mierniki oceny stabilności plonowania odmian rzepaku na poziomie standardowym (a<sub>1</sub>)**  
**Mean yields and estimates of parametric stability measures in standard variant**

| Odmiana<br>Cultivar        | Plon (dt/ha)<br>Yield | Eberhart i Russell |                              | Hanson D <sub>i</sub> | Wricke W <sub>i</sub> | Shukla σ <sub>i</sub> <sup>2</sup> |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
|                            |                       | b <sub>i</sub>     | S <sup>2</sup> <sub>di</sub> |                       |                       |                                    |
| Baldur F <sub>1</sub>      | 47,81                 | 1,19               | -40,14                       | 308,73                | 176,20                | 10,43                              |
| Titan F <sub>1</sub>       | 47,25                 | 1,11               | -17,37                       | 368,57                | 144,60                | 4,49                               |
| Kronos F <sub>1</sub>      | 47,09                 | 1,27               | -0,62                        | 442,41                | 410,56                | 12,05                              |
| Cabriolet                  | 46,93                 | 0,95               | 61,74                        | 389,35                | 357,37                | 23,95                              |
| Bojan                      | 45,57                 | 1,01               | 13,64                        | 523,52                | 476,47                | 24,19                              |
| Californium                | 45,46                 | 1,24               | -54,92                       | 390,13                | 126,68                | 3,51                               |
| Pomorzanin F <sub>1Z</sub> | 44,63                 | 1,10               | 124,93                       | 323,13                | 469,13                | 15,09                              |
| Mazur F <sub>1Z</sub>      | 44,40                 | 1,03               | 39,23                        | 637,61                | 199,23                | 11,52                              |
| Bazyl                      | 43,59                 | 1,21               | 19,93                        | 340,69                | 294,75                | 13,77                              |

Tabela 3  
**Parametryczne mierniki oceny stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego na poziomie intensywnym (a<sub>2</sub>)**  
**Mean yields and estimates of parametric stability measures in intensive variant**

| Odmiana<br>Cultivar        | Plon (dt/ha)<br>Yield | Eberhart i Russell |                              | Hanson D <sub>i</sub> | Wricke W <sub>i</sub> | Shukla σ <sub>i</sub> <sup>2</sup> |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
|                            |                       | b <sub>i</sub>     | S <sup>2</sup> <sub>di</sub> |                       |                       |                                    |
| Baldur F <sub>1</sub>      | 53,18                 | 1,38               | -127,50                      | 291,55                | 407,45                | 11,15                              |
| Titan F <sub>1</sub>       | 52,61                 | 1,39               | -109,40                      | 633,39                | 310,51                | 8,44                               |
| Kronos F <sub>1</sub>      | 52,26                 | 1,25               | -99,30                       | 477,35                | 516,57                | 6,87                               |
| Cabriolet                  | 50,93                 | 1,15               | -12,38                       | 457,15                | 470,53                | 23,42                              |
| Californium                | 49,88                 | 1,12               | -77,14                       | 447,49                | 403,10                | 7,31                               |
| Bojan                      | 49,54                 | 1,06               | -68,22                       | 652,37                | 563,47                | 22,27                              |
| Mazur F <sub>1Z</sub>      | 49,32                 | 1,28               | -18,11                       | 572,80                | 217,97                | 8,19                               |
| Bazyl                      | 47,33                 | 1,16               | -50,81                       | 504,28                | 465,31                | 7,94                               |
| Pomorzanin F <sub>1Z</sub> | 47,11                 | 1,34               | 81,08                        | 575,57                | 506,66                | 12,26                              |

Odmiana mieszańcowa Kronos i populacyjna Bazyl mają niskie wariancje S<sup>2</sup><sub>di</sub>, co wskazuje na ich wysoką stabilność, natomiast mieszańc Baldur i odmiana populacyjna Californium wykazują niższą stabilność plonowania.

Według metody Hansona najwyższą stabilnością i plonowaniem wyróżniła się odmiana mieszańcowa Baldur, natomiast mniej stabilny, ale wysokoplenny był mieszańc Titan. Odmiana populacyjna Bazyl charakteryzowała się niską stabilnością i plonowaniem. W warunkach intensywnej uprawy odmiana mieszańcowa Baldur również była stabilna i wysokoplenna, natomiast mieszańc Titan okazał się mniej stabilny. Na uwagę zasługuje odmiana mieszańcowa Kronos odznaczająca się wysoką plennością i wyższą stabilnością od mieszańca Titan. Obliczone wartości ekowalencji Wrickego wykazały, że odmiany Titan, Baldur i Californium charakteryzowały się najwyższą stabilnością w standardowych warunkach uprawy, natomiast na intensywnym poziomie uprawy stabilne były również mieszańce Titan i Baldur.

Statystyka stabilności Shukli σ<sub>i</sub><sup>2</sup> wskazuje również, że mieszańc Titan i odmiana populacyjna Californium są najbardziej stabilne. Stosując różne metody parametryczne uzyskuje się wyniki, które nie są w pełni zgodne ze sobą i dlatego trudne do jednoznacznej oceny stabilności poszczególnych odmian. Porównując poszczególne metody uzyskano

niskie korelacje pomiędzy nimi, jedynie wyższą wartość współczynnika korelacji uzyskano między metodą Eberharta i Russella, a metodą Shukli ( $r = 0,67$ ).

Wyniki badań uzyskane za pomocą metod nieparametrycznych przedstawiono w tabelach 4 i 5. Oba wskaźniki Hühna są wysoko skorelowane i można je stosować wymiennie. Według tych parametrów w warunkach standardowej uprawy na wyróżnienie zasługują odmiana mieszańcowa Baldur i mieszaniec złożony Pomorzanin, który był jednak niżej plonujący. W warunkach intensywnej uprawy (tab. 5) najbardziej stabilna była odmiana populacyjna Californium. Wskaźniki Hühna nie są bezpośrednio powiązane z plonem i oceniają głównie stabilność odmian.

Tabela 4

**Nieparametryczne mierniki oceny stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego na poziomie standardowym ( $a_1$ )**  
**Mean yields and estimates of nonparametric stability measures in standard variant**

| Odmiana<br>Cultivar        | Plon (dt/ha)<br>Yield | Hühn    |         | Kang | $R_D$ |
|----------------------------|-----------------------|---------|---------|------|-------|
|                            |                       | $S_i^1$ | $S_i^2$ |      |       |
| Baldur F <sub>1</sub>      | 47,81                 | 0,83    | 6,02    | 4    | 2,2   |
| Titan F <sub>1</sub>       | 47,25                 | 1,14    | 6,44    | 4    | 2,4   |
| Kronos F <sub>1</sub>      | 47,09                 | 1,19    | 7,24    | 8    | 2,6   |
| Cabriole                   | 46,93                 | 1,49    | 10,03   | 12   | 2,7   |
| Bojan                      | 45,57                 | 1,42    | 8,36    | 14   | 3,2   |
| Californium                | 45,46                 | 0,90    | 4,99    | 7    | 3,1   |
| Pomorzanin F <sub>1Z</sub> | 44,63                 | 0,88    | 5,90    | 14   | 3,3   |
| Mazur F <sub>1Z</sub>      | 44,40                 | 0,94    | 5,26    | 12   | 3,2   |
| Bazył                      | 43,59                 | 1,15    | 7,75    | 15   | 3,7   |

Tabela 5

**Nieparametryczne mierniki oceny stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego na poziomie intensywnym ( $a_2$ )**  
**Mean yields and estimates of nonparametric stability measures in intensive variant**

| Odmiana<br>Cultivar        | Plon (dt/ha)<br>Yield | Hühn    |         | Kang | $R_D$ |
|----------------------------|-----------------------|---------|---------|------|-------|
|                            |                       | $S_i^1$ | $S_i^2$ |      |       |
| Baldur F <sub>1</sub>      | 53,18                 | 1,18    | 7,94    | 7    | 2,2   |
| Titan F <sub>1</sub>       | 52,61                 | 0,99    | 6,12    | 7    | 2,5   |
| Kronos F <sub>1</sub>      | 52,26                 | 1,00    | 6,24    | 4    | 2,5   |
| Cabriole                   | 50,93                 | 1,46    | 9,94    | 13   | 3,0   |
| Californium                | 49,88                 | 0,75    | 4,10    | 7    | 3,2   |
| Bojan                      | 49,54                 | 1,57    | 8,99    | 14   | 3,4   |
| Mazur F <sub>1Z</sub>      | 49,32                 | 1,10    | 6,01    | 11   | 3,3   |
| Bazył                      | 47,33                 | 0,93    | 7,01    | 11   | 4,2   |
| Pomorzanin F <sub>1Z</sub> | 47,11                 | 0,86    | 5,82    | 16   | 4,0   |

Miara Kanga wykazywała wysoką współzależność z plonem (na poziomie  $a_1$   $r = 0,77$ , a na  $a_2$   $r = 0,72$ ). Zarówno na poziomie standardowym, jak i intensywnym najbardziej pożądanymi były odmiany mieszańcowe Baldur i Titan.

W tabeli 6 zestawiono procent środowisk, w których odmiany wystąpiły w kolejnych rangach  $R_D$ . Odmiany, które w stosunku do wszystkich środowisk w najwyższym procen-

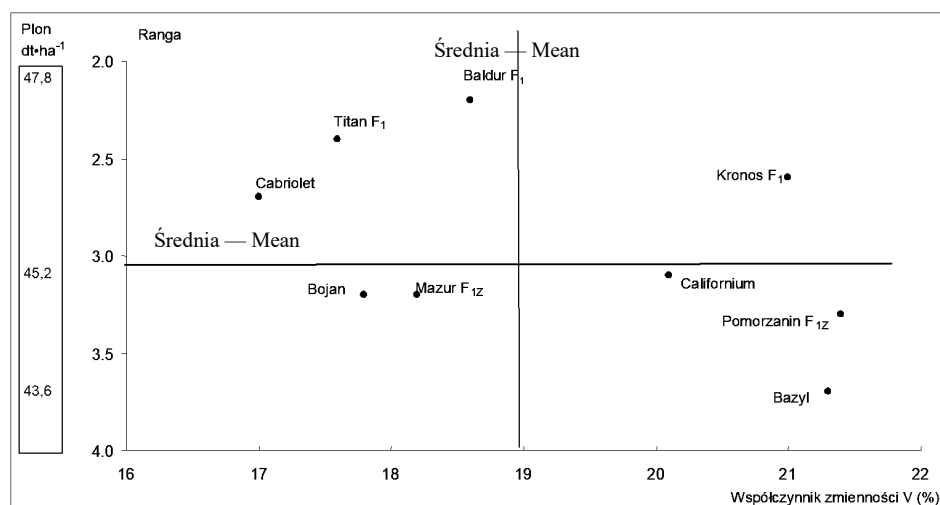


cie zaliczono do 1, 2 i 3 rangi charakteryzowały się najwyższą rolniczą stabilnością. W związku z tym najbardziej pożądanymi odmianami były Baldur, Titan i Kronos.

Tabela 6

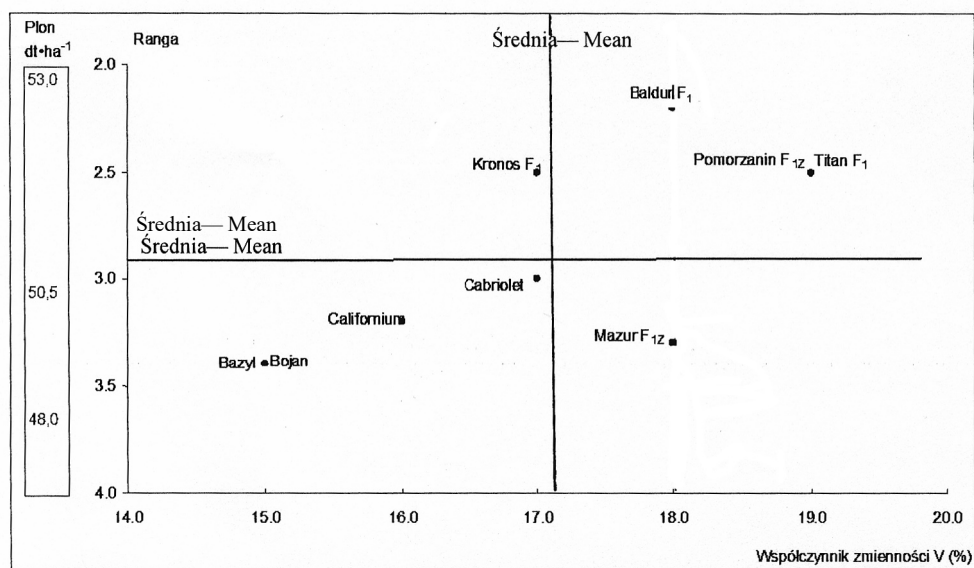
**Współczynniki zmienności, wartości rang  $R_D$  oraz % środowisk, w których odmiany wystąpiły w poszczególnych rangach (grupach jednorodnych)**  
**Yield of winter oilseed rape cultivars and proportions of particular ranks**

| Odmiana<br>Cultivar | Poziom<br>agrotechniki<br>Variant | Plon<br>Yield<br>(dt/ha) | Współ. zm.<br>Coefficient<br>of variability<br>(V%) | Ranga<br>Rank | % udział odmiany w środowiskach<br>Proportion of cultivar in environments |            |            |                                    |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------------------------------|
|                     |                                   |                          |                                                     |               | ranga<br>1                                                                | ranga<br>2 | ranga<br>3 | pozostałe rangi<br>remaining ranks |
| Baldur $F_1$        | a <sub>1</sub>                    | 47,8                     | 18,6                                                | 2,2           | 35                                                                        | 30         | 35         |                                    |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 53,2                     | 18,0                                                | 2,2           | 53                                                                        | 29         | 12         | 6                                  |
| Titan $F_1$         | a <sub>1</sub>                    | 47,3                     | 17,6                                                | 2,4           | 29                                                                        | 47         | 12         | 12                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 52,6                     | 19,0                                                | 2,5           | 41                                                                        | 18         | 24         | 7                                  |
| Kronos $F_1$        | a <sub>1</sub>                    | 47,1                     | 21,0                                                | 2,6           | 35                                                                        | 24         | 24         | 17                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 52,3                     | 17,0                                                | 2,5           | 29                                                                        | 24         | 41         | 6                                  |
| Cabriolet           | a <sub>1</sub>                    | 46,9                     | 17,0                                                | 2,7           | 53                                                                        | 6          | 12         | 29                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 50,9                     | 17,0                                                | 3,0           | 47                                                                        | 6          | 12         | 35                                 |
| Californium         | a <sub>1</sub>                    | 45,5                     | 20,1                                                | 3,1           | 29                                                                        | 18         | 18         | 35                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 49,9                     | 16,0                                                | 3,2           | 12                                                                        | 24         | 29         | 35                                 |
| Bojan               | a <sub>1</sub>                    | 45,6                     | 17,8                                                | 3,2           | 35                                                                        | 12         | 12         | 41                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 49,5                     | 15,0                                                | 3,4           | 29                                                                        | 12         | 18         | 41                                 |
| Pomorzanin $F_{1Z}$ | a <sub>1</sub>                    | 44,6                     | 21,4                                                | 3,3           | 24                                                                        | 18         | 24         | 35                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 52,6                     | 19,0                                                | 2,5           | 41                                                                        | 18         | 23         | 18                                 |
| Mazur $F_{1Z}$      | a <sub>1</sub>                    | 44,4                     | 18,2                                                | 3,2           | 6                                                                         | 41         | 18         | 35                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 49,3                     | 18,0                                                | 3,3           | 12                                                                        | 23         | 23         | 42                                 |
| Bazyl               | a <sub>1</sub>                    | 43,6                     | 21,3                                                | 3,7           | 24                                                                        | 12         | 6          | 58                                 |
|                     | a <sub>2</sub>                    | 49,5                     | 15,0                                                | 3,4           | 29                                                                        | 12         | 18         | 41                                 |



**Rys. 1. Położenie odmian rzepaku w układzie współrzędnych, rangi  $R_D$  i współczynnika zmienności na standardowym poziomie agrotechniki**

**Fig. 1. Yield stability of winter oilseed rape cultivars based on ranks and coefficient of variability in standard variant of cultivation**



Rys. 2. Położenie odmian w układzie współrzędnych: rangi ( $R_D$ ) i współczynnika zmienności ( $V$ ) na intensywnym poziomie agrotechniki

Fig. 2. Yield stability of rye cultivars based on ranks and coefficient of variability in intensive variant of cultivation

Metoda Rang Grup Jednorodnych i współczynnika zmienności bierze pod uwagę dwa mierniki: rangę odmiany ze względu na plon ( $R_D$ ) oraz współczynnik zmienności ( $V$ ) i w związku z tym pozwala na ocenę rolniczej stabilności odmiany. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono położenia odmian w układzie współrzędnych dla rangi i współczynnika zmienności. W warunkach standardowej uprawy ( $a_1$ ) do najbardziej stabilnych zaliczono mieszańce Titan i Baldur oraz odmianę populacyjną Cabriolet. W uprawie intensywnej ( $a_2$ ) najwyższą stabilnością cechowała się odmiana Kronos, natomiast mieszańce Baldur był mniej stabilny, ale wyżej plonował.

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Stwierdzono istotny wpływ warunków glebowo-klimatycznych na plonowanie badanych odmian rzepaku ozimego w latach 2005–2007.

1. Metody parametryczne dały różne oceny odmian pod względem ich stabilności. Mierniki uzyskiwane za pomocą tych metod nie są na ogół istotnie skorelowane z plonem. Wskazują na biologiczną stabilność i można je zalecać do stosowania w przypadku większego zainteresowania stabilnością niż plonem.
2. Według metody Eberharta i Russella odmiany mieszańcowe Baldur i Kronos oraz populacyjne Bazyl i Californium są bardziej dostosowane do lepszych warunków

- środowiska. Na podstawie wariancji  $S_{di}^2$ , stwierdzono również, że odmiana mieszańcowa Kronos i populacyjna Bazyl odznaczają się wysoką stabilnością.
3. Metody Kanga oraz Rang Grup Jednorodnych wykazują wysoką współzależność z plonem i dlatego można je polecać do oceny rolniczej stabilności plonowania odmian.
  4. Wyniki analizy za pomocą metody Rang Grup Jednorodnych wskazują na odmiany mieszańcowe Baldur i Titan, które charakteryzowały się niższymi współczynnikami zmienności, świadczącymi o ich wysokiej stabilności. W warunkach intensywnej uprawy można również wyróżnić odmianę Kronos.

## LITERATURA

- Becker H. C., Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 — 23.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987 a. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years I. Theory. *Biul. Oc. Odm.* 10: 35 — 71.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987 b. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years. II. Example. *Biul. Oc. Odm.* 10: 35 — 71.
- Eberhart S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36 — 40.
- Gauch H. G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, London.
- Hanson W. D. 1970. Genotypic stability. *Theor. Appl. Gen.* 40: 226 — 231.
- Hühn M. 1990 a. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1. Theory. *Euphytica* 47: 189 — 194.
- Hühn M. 1990 b. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 2. Application. *Euphytica* 47: 195 — 201.
- Hühn M. 1996. Nonparametric analysis of genotype × environment interaction by ranks. In: Kang M. S., Gauch H. G. (eds.). *Genotype by environment interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 213 — 228.
- Kang M. S. 1988. A rank sum method for selecting high yielding and stable crop genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 113 — 115.
- Lin C. S., Butler G. 1990. Cluster analysis for analyzing two way classification data. *Agronomy J.* 82: 344 — 348.
- Mohammadi R., Abdulahi A., Haghparast R., Armian M. 2007. Interpreting genotype × environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica* 157: 239 — 251.
- Sabaghania N., Deghni H., Sabaghpour. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype x environment interaction of lentil genotypes. *Crop Sci.* 46:1100 — 1106.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Scapim C. A., Oliveira V. R., Braccini A. L., Cruz C. D., Andrade C. A. B., Vidigal M. C. G. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Hühn models. *Genet. Mol. Biol.* 23: 387 — 393.
- Thennarasu K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. Ph.D. thesis. P. J. School, IARI, New Delhi, India.
- Wricke G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubereite in Feldversuchen. *Z. Pflanzenzüchtung* 47: 92 — 96.
- Zobel R. W., Wright M. J., Gauch H. G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy J.* 80: 388 — 393.