

OCENA FENOTYPOWEJ I GENETYCZNEJ ZMIENNOŚCI PŁONU
I JEGO KOMPONENTÓW DLA KILKU ODMIAN PSZENICY JAREJ

Wiesław Mądry

Katedra Statystyki Matematycznej i Doświadczalnictwa
SGGW-AR w Warszawie

Jednym z najważniejszych czynników warunkujących rezultaty każdej metody hodowli roślin jest trafny dobór form rodzicielskich do krzyżowania. Najskuteczniejszym kryterium tego doboru w hodowli mieszańcovej, skierowanej na pewne cechy, jest ogólna /GCA/ i specyficzna /SCA/ wartość kombinacyjna tych cech. Na szczególną uwagę zasługuje selekcja partnerów do hodowli zbóż na plon ziarna. Pożądane staje się wtedy równoczesne uwzględnianie kryteriów wartości kombinacyjnej dla najważniejszych komponentów plonu. Wielu autorów uważa, że w celu otrzymania heterozji mieszańców na pełność, konieczne jest krzyżowanie genotypów o dużym zróżnicowaniu genetycznym pod względem komponentów plonu [15, 16, 18].

Jednozmiennie analizy wariancji zdolności kombinacyjnej nie pozwalają na obiektywną ocenę zróżnicowania genetycznych efektów dla skorelowanych komponentów plonu. Właściwym narzędziem oceny zróżnicowania genetycznego i zakresu zmienności zasobów genowych, kontrolujących kształtowanie się zespołu cech ilościowych, są różne metody wielocechowe [2-8, 10, 15-18] należące do metod taksonomii numerycznej.

Stosunkowo najprostszą metodą wielocechową umożliwiającą ocenę zróżnicowań genetycznych i klasyfikację populacji, ze względu na zespół cech, jest metoda składowych głównych [1, 2, 4-8, 11, 16, 18]. Autorzy stosowali z dobrym skutkiem metodę analizy składowych głównych wykorzystując jako obserwacje wyjściowe zarówno średnie badanych cech pszenicy dla grupowanych genotypów [1, 2, 5, 6, 8] jak i oceny efektów GCA i SCA cech [4, 17, 18].

Celem niniejszej pracy jest dokonanie próby określenia zróżnicowania fenotypowego i genetycznego sześciu odmian pszenicy jarej dla plonu ziarna z rośliny i cech jego struktury. Jako miernik zróżnicowania genetycznego przyjęto efekty GCA odmian. Posłużono się metodą analizy składowych głównych. Przedstawione badania są kontynuacją pracy Tanasch i Mądrego [19].

MATERIAŁ I METODY

Do badań wzięto sześć odmian pszenicy jarej: Mephisto /RFN/, Loosdorfer /Austria/- Algot, Drabant, Sappo i Svenno /Szwecja/. W 1980 r. wykonano krzyżowania dialleliczne według metody 4 Griffinga [12]. U odmian i ich potomstwa obserwowano następujące cechy /przyjęte oznaczenia będą wykorzystane w dalszych częściach pracy/: wysokość rośliny - x_1 , ogólna liczba źdźbeł na roślinie - x_2 , liczba kłosów na roślinie - x_3 , długość kłosa głównego - x_4 , liczba ziarn w kłosie głównym - x_5 , plon ziarna z rośliny - x_6 . Tylko u odmian badano masę tysiąca ziarn /MTZ/ - x_7 . Analizy jednocechowe dla odmian i potomstwa diallelicznego przedstawiono w pracy Tanasch i Mądrego [19]. W analizie diallelicznej posłużono się algorytmem Garretsen i Keulsa [9, 13] oraz Mądrego i Ubysz-Bo-ruckiej [14, 20]. Było to związane z różną liczebnością roślin u badanych mieszańców.

W celu dokonania oceny fenotypowego i genetycznego zróżnicowania wielocechowego badanych odmian przy jednoczesnym zredukowaniu wymiarowości przestrzeni dyskryminacyjnej 6 lub 7 zmiennych wyjściowych poprzez znalezienie głównych źródeł zmienności obserwowanych cech zastosowano metodę analizy składowych głównych na macierzach korelacji [10]. Rozpatrzono macierze korelacji średnich wieloletnich dla odmian efektów GCA [4, 17, 18].

Analiza składowych głównych polega na liniowej transformacji przestrzeni p zmiennych wyjściowych /w naszym przypadku standardowych/ na przestrzeń ortonormalną utworzoną przez nowe osie współrzędnych definiowanych jako składowe główne. Transformacja dokonywana jest z zachowaniem kryterium maksymalizacji wariancji kolejnych składowych głównych. Tak więc kolejne składowe główne określają czynniki /podobnie jak w analizie czynnikowej/, kontrolujące główną część ogólnej zmienności p cech wyjściowych. Zatem pierwsze składowe główne mogą być wykorzystane do przybliżonego przedsta-

wienia rozkładu obiektów w pełnej przestrzeni p-wymiarowej. Takie zredukowanie wymiarowości przestrzeni dyskryminacyjnej ma duże znaczenie praktyczne w pracach taksonomicznych dla potrzeb hodowli roślin. Diagramy przestrzenne 2- lub 3-wymiarowe mogą być skutecznym narzędziem w wyborze reprezentatywnej próby zróżnicowanych zasobów genowych tak, aby zachować pulę genową o pełnej zmienności genetycznej gatunku. Cechy wyjściowe najsilniej skorelowane z pierwszymi składowymi głównymi wykazują największą moc dyskryminacyjną obiektów ze względu na zespół p cech.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza składowych głównych na średnich odmianowych z trzech lat

W tabeli 1 przedstawiono trzy pierwsze wartości własne macierzy korelacji R_p oraz ich udział w całkowitej wariancji badanych zmiennych wyjściowych zestandaryzowanych. Zawarto także odpowiadające wektory własne macierzy R_p stanowiące współczynniki składowych głównych i ich kwadratów obrazujące udział poszczególnych składowych głównych w powstawaniu zmienności każdej ze zmiennych wyjściowych.

Pierwsze trzy składowe główne wyjaśniają ponad 86% ogólnej zmienności 7 badanych cech. Cechami najsilniej skorelowanymi z pierwszą składową główną są: liczba źdźbeł na roślinie, liczba kłosów na roślinie i plon ziarna z rośliny. Oznacza to, że spośród siedmiu badanych cech dotyczących plonu ziarna z rośliny i elementów jego struktury najbardziej dyskryminującymi badane odmiany są właśnie te trzy cechy. Wynika to z faktu, że pierwsza składowa główna wyjaśnia największą część ogólnej zmienności w oryginalnej przestrzeni dyskryminacyjnej. Można więc wnioskować dalej, że to właśnie ogólna liczba źdźbeł i silnie z nią skorelowana liczba kłosów na roślinie mogą być skutecznym kryterium selekcji. Druga składowa główna reprezentuje czynnik odpowiedzialny głównie za długość kłosa i liczbę ziarn w kłosie. Cechy te mają relatywnie mniejszą moc dyskryminacyjną. Z trzecią składową główną związana jest MTZ.

Trzy pierwsze składowe główne wyjaśniają co najmniej 90% zmienności każdej ze zmiennej wyjściowej z wyjątkiem wysokości

roślin, która jest tym samym cechą o najmniejszej zdolności różnicowania odmian.

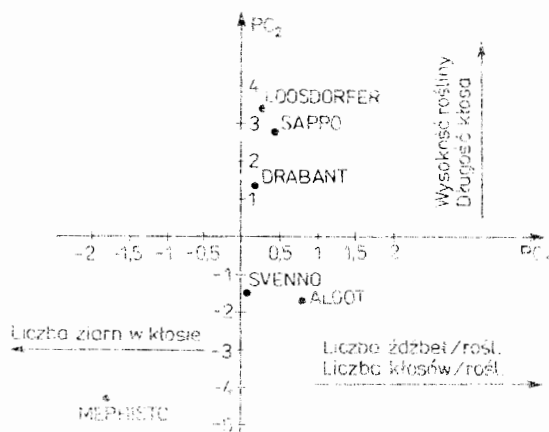
T a b e l a 1

Charakterystyka trzech pierwszych składowych głównych dla macierzy korelacji fenotypowych

Zmienna wyjściowa	I		II		III		Suma % wyjaśnionej zmienności
	wektor własny	% wyjaśnionej zmienności	wektor własny	% wyjaśnionej zmienności	wektor własny	% wyjaśnionej zmienności	
x_1	0,43	18,80	0,23	5,40	0,04	0,17	24,30
x_2	0,93	86,59	0,28	7,85	0,11	1,18	95,60
x_3	0,87	75,01	0,39	15,10	0,05	0,29	90,49
x_4	-0,36	12,97	0,93	85,93	0,01	0,01	98,91
x_5	-0,63	39,80	0,74	54,37	0,19	3,44	97,61
x_6	0,85	72,37	0,18	3,28	-0,49	24,36	99,90
x_7	-0,41	17,22	0,13	1,68	-0,90	80,93	99,83
Wartości własne	3,23		1,74		1,10		
Kumulatywny udział w wariancji całkowitej	46,10%		70,92%		86,67%		

Strata informacji co do zmienności między średnimi odmianowymi przy przejściu z 7-wymiarowej przestrzeni zmiennych oryginalnych do przestrzeni trzech pierwszych składowych głównych wynosi około 13%. Wobec tego co najmniej trzy pierwsze składowe główne powinny być wykorzystane do dobrego przybliżenia prawdziwego rozkładu /relacji/ obiektów w przestrzeni obserwowanych cech. Relacje między odmianami wyrażone w kategoriach trzech pierwszych składowych głównych przedstawia rysunek 1. Każda oś na diagramie ma określoną interpretację związaną z dyskryminacją odmian przez poszczególne cechy. Można więc prześledzić kierunek zróżnicowania odmian pod względem grup cech, a także określić podobieństwo tych odmian. W naszym przypadku możemy wyróżnić 3 grupy odmian spokrew-

nionych: grupa 1 - Mephisto, grupa 2 - Drabant i Loosdorfer, grupa 3 - Algot, Sappo i Svenno.



Rys. 1. Średnie odmienowe 6 odmian pszenicy jarej w układzie dwóch pierwszych składowych głównych

Analiza składowych głównych na ocenach efektów GCA

W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę składowych głównych dla macierzy korelacji efektów GCA. Tylko dwie pierwsze składowe główne określają ponad 87% ogólnej zmienności GCA sześciu obserwowanych cech w potomstwie diallelicznym. Zatem wystarczą one do skutecznej reprezentacji zróżnicowania efektów GCA w przestrzeni cech oryginalnych.

Pierwsza składowa główna wyjaśnia w największym stopniu zmienność liczby źdźbeł i liczby kłosów na roślinie oraz liczby ziarn w kłosie głównym. W mniejszym stopniu jest związana z plo-nem ziarna na roślinie. Druga składowa główna wyjaśnia przede wszystkim zmienność wysokości rośliny i długości kłosa.

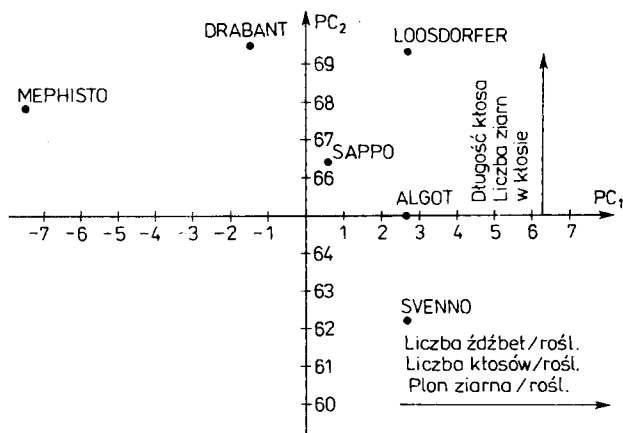
Obie składowe główne można rozumieć jako addytywne efekty genów wpływających niezależnie na dwie grupy cech. Cechy z tych grup ujawniają się w różnych okresach rozwojowych, stąd działania plejotropowe odpowiednich genów na każdą cechę z jednej grupy [7, 17, 18].

Interpretując znaczenie dyskryminujące obu składowych głównych należy zwrócić uwagę na znak współczynników. W pierwszej składowej głównej przy liczbie kłosów i źdźbeł na roślinie są dodatnie, zaś przy liczbie ziarn z kłosa współczynnik jest ujemny.

T a b e l a 2

Charakterystyka trzech pierwszych składowych głównych
dla macierzy korelacji efektów GCA

Zmienna wyjściowa	I		II		III		Suma % wyjaśnionej zmienności
	wektor własny	% wyjaśnionej zmienności	wektor własny	% wyjaśnionej zmienności	wektor własny	% wyjaśnionej zmienności	
x_1	0,14	2,21	0,80	64,22	0,57	33,29	99,72
x_2	0,99	98,22	0,04	0,15	-0,04	0,20	98,57
x_3	0,98	96,37	0,06	0,38	-0,12	1,44	98,19
x_4	-0,61	37,38	0,72	52,03	-0,26	8,67	96,06
x_5	-0,90	81,65	0,22	4,91	-0,19	3,73	90,30
x_6	0,70	48,29	0,61	37,04	-0,37	13,57	98,90
Wartości własne	3,64		1,59		0,59		
Kumulatywny udział w wariancji całkowitej	60,68%		87,14%		96,96%		



Rys. 2. Efekty GCA 6 odmian pszenicy jarej w układzie dwóch pierwszych składowych głównych

Oznacza to, że w kierunku rosnącym osi pierwszej układać się będą odmiany o efektach GCA większych dla dwóch pierwszych cech, zaś jednocześnie o efektach GCA mniejszych dla liczby ziarn w kłosie /rys. 2/. Jest to zrozumiałe ze względu na silne ujemne korelacje pomiędzy tymi cechami. Metoda analizy składowych głównych pomogła tylko lepiej zinterpretować konsekwencje tych korelacji i dalej uprościć obraz mechanizmów genetycznych kontrolujących plejotropowo badane cechy.

Wyniki analizy składowych głównych, dokonanej na ocenach efektów GCA, wykazują dużą zgodność z uzyskanymi dla średnich odmianowych /rys. 1 i 2/. Podobnie jak na rysunku 1, odmiana Mephisto wykazuje największą odległość genetyczną w stosunku do pozostałych odmian zarówno pod względem pierwszej, jak i drugiej składowej głównej. Pozostałe odmiany można podzielić na dwie grupy: 1 - Algot i Svenno oraz 2 - Drabant, Sappo i Loosdorfer. Zgodność podziałów odmian według ich wartości fenotypowych i efektów GCA dowodzi, że średnie odmianowe /zwłaszcza wieloletnie/ rozpatrywanych cech u badanych odmian pszenicy jarej są dobrym miernikiem ich wartości efektów GCA [17].

PODSUMOWANIE

Metoda analizy składowych głównych okazała się w pełni skuteczna zarówno w zakresie identyfikacji cech dyskryminujących odmianę, jak również w zakresie podziału taksonomicznego badanych obiektów.

LITERATURA

1. Akoroda M.O.: Principal components analysis and metroglyph of variation among nigerian yellow yams. *Euphytica*, 32, 565-573, 1983.
2. Balash S., Nuez F., Palamares G., Cuartero J.: Multivariate analysis applied to tomato hybrid production. *TAG*, 69, 39-45, 1984.
3. Camussi A., Ottaviano E., Caliński T., Kaczmarek Z.: Genetic distances based on quantitative traits. *Genetics*, 111, 945-963, 1985.
4. Cervantes T.S., Goodman M.M., Casas E., Rawlings J.O.: Use of genetic effects and genotypic by environmental interaction for

- the classification of Mexican races of maize. *Genetics*, 90, 339-348, 1978.
5. Cox T.S., House L.R., Frey K.J.: Trait associations in introgressed populations of sorghum. *Zeitschr. Pflzücht.*, 94, 265-277, 1985.
 6. Dani R.G., Murty B.R.: Genetic divergence and biology of adaptation in *Cicer arietinum* L. *TAC*, 69, 383-392, 1985.
 7. De Pace C., Bianco A., Qualset C.O., Scarascia Mugnozza G.T., Geng S.: Biometrical analysis and inferences for genetic improvement in durum wheat. *Zeitschr. Pflzücht.*, 95, 230-244, 1985.
 8. De Pace C., Spignoletti Zeuli P.L., Porceddu E., Scarascia Mugnozza G.T.: Variation in durum wheat populations from different geographical origins. V. Linkage studies, Proc. 6th Int. Wheat Gen. Symp. Kyoto, Japan, 253-264, 1983.
 9. Garretsen F., Keuls M.: A general method for the analysis of genetic variation in complete and incomplete diallels and North Carolina II Designs. Part II. Procedures and general formulae for the fixed model. *Euphytica*, 27, 39-68, 1978.
 10. Gnanadesikan R.: Methods for statistical data analysis of multivariate observations. New York, 1977.
 11. Górczyński J., Madry W.: The investigation of genetic divergence in plant breeding by multivariate statistical methods. *Materiáky „1st European Biometric Conference“*, Budapest, 1985.
 12. Griffing B.: Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol.Sci.* 9, 463-493, 1956.
 13. Keuls M., Garretsen F.: A general method for the analysis of genetic variation in complete and incomplete diallels and North Carolina II Designs. Part I. Procedures and general formulae for the random model. *Euphytica*, 26, 537-551, 1977.
 14. Madry W., Ubysz-Borucka L.: Biometryczna analiza zdolności kombinacyjnej w niekompletnym układzie diallel cross. Cz. I. Model stały dla cech ilościowych. *Roczn. Nauk Roln., Ser. A*, 105, 10-27, 1982.
 15. Shamsudin A.K.M.: Genetic diversity in heterosis and combining ability in spring wheat. *TAC*, 70, 306-308, 1985.
 16. Sneath P.H.A.: Some applications of numerical taxonomy to plant breeding. *Zeitschr. Pflzücht.*, 76, 19-46, 1976.

17. Spagnoletti Zeuli P.L., De Pace C., Porceddu E.: Variation in durum wheat populations from different geographical origins. III. Assessment of genetic diversity for breeding purposes. *Zeitschr. Pflzücht.*, 94, 177-191, 1985.
18. Spagnoletti Zeuli P.L., De Pace C., Porceddu E., Scarascia G. T., Vople N.: Variability in durum wheat populations from different geographical origins. IV. Genetics analysis of correlated sequential characters. *Proc. 6th Int. Wheat Gen. Symp.* Kyoto, Japan, 97-107, 1983.
19. Tanasch L., Mądry W.: Allgemeine und spezifische Kombinations-eignung des Kornertrages und der Ertragskomponenten beim Weizen in einem Diallelkreuzungssystem. I. In- und ausländische Sommerweizensorten /*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L./. *Bodenkultur*, 37, 165-175, 1986.
20. Ubysz-Borucka L., Mądry W.: Estymacja ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej oraz efektów matczyńskich w hodowli pszenicy ozimej na podstawie niekompletnego układu diallel cross. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 290, 43-59, 1983.
21. Węgrzyn S., Nalepa S., Pochaba L.: Ogólna i swoista wartość kombinacyjna dla plonu i jego komponentów u pszenicy ozimej. *Hod. Rośl. Aklim.*, 23, 61-72, 1979.

W. Mądry

ANALYSIS OF PHENOTYPIC AND GENETIC VARIABILITY OF THE YIELD
AND ITS COMPONENTS FOR SEVERAL SPRING WHEAT VARIETIES

S u m m a r y

Application of the method of analysis of main components aiming at recognition of phenotypic and genotypic divergence of several spring wheat varieties is presented in the paper.

The analysis of main components was performed on three-year means for varieties and their GCA effects. Six traits / GCA effects/ or seven traits /phenotypic means/ concerning the grain yield per plant and components of the former were taken into consideration. Three first main components obtained for phenotypic means explain 86% of general variance of traits. In case of GCA effects two first main components explain over 87% of the general

variance. The first main components for varietal means and GCA effects of the varieties tested discriminate them mainly in accordance with the two interrelated traits: number of stalks and number of ears per plant. The second main components determine discrimination in relation to the ear length.

The Mephisto variety /FRG/ shows the greatest phenotypic and genotypic distance in relation to the remaining varieties.

On the whole, a conformability between the results for varietal means and GCA effects has been found. In the light of the investigations as presented above the method of main components can be regarded as useful for investigations of divergence between genotypes.

В. Мандр

ОЦЕНКА ФЕНОТИПНОЙ И ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОЖАЯ И ЕГО КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ НЕСКОЛЬКИХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Р е з ю м е

В статье рассматривается метод анализа основных компонентов для исследования фенотипных и генотипных различий нескольких сортов яровой пшеницы. Анализ основных компонентов охватывал средние трех лет для сортов и их эффектов общей комбинационной способности. Учитывали шесть /эффекты общей комбинационной способности/ или семь признаков /средние фенотипные/ касающихся урожая зерна с растений и его компонентов. Три первых основных компонента полученные на средних сортах разъясняют 86% общей изменчивости признаков. В случае эффектов общей комбинационной способности два первых компонента разъясняют свыше 87% общей изменчивости. Первые основные составные для средних сортов и эффектов общей комбинационной способности испытуемых сортов дискриминируют их в первую очередь по двум взаимосвязанным признакам: числу стеблей и числу колосьев на растении. Вторые основные компоненты определяют дискриминацию по отношению к длине колоса. Сорт Меписто /ФРГ/ показывает наивысшее фено- и генотипное расстояние по отношению к остальным сортам.

В общем установлено согласие результатов полученных для средних сортов и эффектов общей комбинационной способности. В свете указанных исследований метод общих компонентов может быть пригодным для исследования различий между генотипами.