

OCENA WSPÓŁZALEŻNOŚCI CECH TECHNOLOGICZNYCH PSZENICY OZIMEJ

Andrzej Gregorczyk¹, Janusz Smagacz², Sławomir Stankowski¹,
Anna Fiejtek¹

¹ Akademia Rolnicza w Szczecinie

² Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

Streszczenie. Materiał do badań stanowiły próby ziarna pszenicy ozimej, pochodzące z doświadczeń polowych przeprowadzonych w latach 2003/2004-2005/2006 przez Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej IUNG – PIB Puławy w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Grabowie (51°35' N; 21°67' E). Badano korelacje między dziewięcioma cechami ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. Do opracowania danych zastosowano procedurę aglomeracji Warda w analizie skupień oraz analizę składowych głównych. Wyodrębniono dwa skupienia (po cztery i pięć cech). Największe podobieństwo i jednocześnie najwyższą korelację stwierdzono między rozplywalnością glutenu a rozmiękczeniem ciasta. Najmniej podobne okazały się wartość walorymetryczna i wodochłonność mąki. Stwierdzono, że trzy pierwsze składowe łącznie wyjaśniają około 89% zmienności ogólnej. Największy dodatni udział w pierwszej składowej głównej miały zawartość i rozplywalność glutenu oraz rozmięczenie ciasta, w drugiej – wodochłonność mąki, a w trzeciej – liczba opadania.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, cechy technologiczne, korelacje, analiza wielowymiarowa

WSTĘP

W eksperymentach rolniczych bada się zazwyczaj wpływ różnych czynników doświadczalnych na kształtowanie w obiektach więcej niż jednej cechy. Badane cechy są często ze sobą skorelowane, dlatego interesujące może być wykrycie ogólnych prawidłowości w związkach między tymi zmiennymi. Należy wówczas stosować metody wielowymiarowej analizy danych, na przykład analizę skupień, analizę składowych głównych, analizę czynnikową [Morrison 1990, Timm 2002]. Metody te pozwalają między innymi na grupowanie obiektów według hierarchii ich podobieństwa, redukcję dużej liczby wyjściowych zmiennych do kilku wymiarów (składowych), uzyskiwanie

informacji o ukrytej strukturze badanych cech, co z kolei umożliwia kompleksową ocenę wyników doświadczenia.

Celem badań była ocena współzależności dziewięciu cech użytkowych ziarna i mąki dziesięciu wybranych odmian pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły próby ziarna pszenicy ozimej, pochodzące z doświadczeń polowych przeprowadzonych w latach 2003/2004-2005/2006 przez Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej IUNG-PIB Puławy w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Grabowie (51°35' N; 21°67' E). Łącznie przeanalizowano 360 prób. Badano następujące odmiany pszenicy ozimej: Rywalka, Finezja, Turnia, Kobiera, Nutka, Tonacja, Soraja, Sława, Symfonia, Kaja, rosnące przy zróżnicowanym poziomie nawożenia azotem. W dwóch pierwszych sezonach wegetacyjnych warunki meteorologiczne były zbliżone do średnich wieloletnich. W ostatnim sezonie eksperymentu temperatura zimą była znacznie niższa od średniej, a okres letni charakteryzował się wysoką temperaturą i dużym niedoborem opadów. Dokładny opis agrotechniki doświadczenia i warunków meteorologicznych zawiera praca Stankowskiego i in. [2008].

Oznaczono zawartość białka w ziarnie (%), liczbę opadania (s), zawartość glutenu w mące (%), rozpyłalność glutenu (mm), sedimentację (cm³) oraz wykonano charakterystykę farinograficzną mąki, obejmującą wodochłonność (%), rezystencję ciasta (min), rozmięczenie (j.B) i wartość walorymetryczną (j.u.). Badania ziarna i mąki wykonano metodami standardowymi [Jakubczyk i Haber 1983].

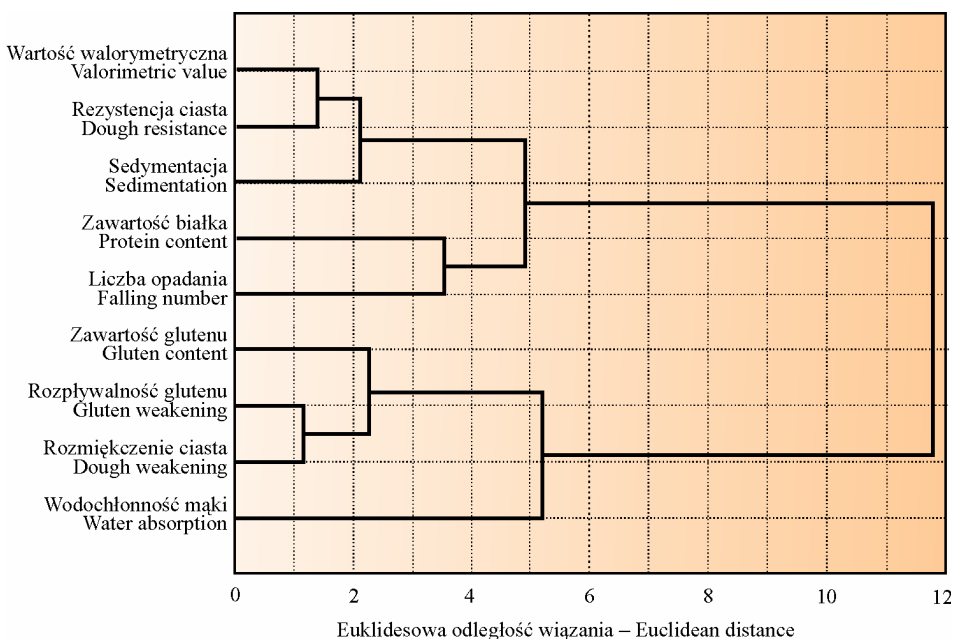
Wszystkie wymienione wyżej cechy były zmiennymi losowymi ciągłymi. Do wyodrębnienia podobnych grup cech technologicznych ziarna z uwzględnieniem wszystkich odmian zastosowano metodę analizy skupień (CA). W celu uniezależnienia wyników grupowania obiektów od jednostek miar, dokonano standaryzacji zmiennych, polegającej na obliczeniu ilorazu różnicy pojedynczego pomiaru i średniej przez odchylenie standardowe w próbie. Jako miarę odległości dwóch obiektów przyjęto dystans euklidesowy [Timm 2002] oraz wykorzystano procedurę aglomeracji Warda. W procedurze tej spośród wszystkich możliwych dołączenia par skupień wybiera się tę, która daje skupienie o minimalnym zróżnicowaniu.

W celu redukcji liczby zmiennych i wykrycia powiązań między badanymi cechami zastosowano analizę składowych głównych (PCA). Obliczenia analizy składowych głównych pozwoliły na zastąpienie zmiennych początkowych nowymi zmiennymi (składowymi), wzajemnie ortogonalnymi, które kolejno wyjaśniają określoną część wariancji cech oryginalnych. Zredukowaną liczbę składowych głównych ustalono według kryterium Kaisera na podstawie wartości własnych macierzy korelacji. Wszystkie obliczenia wykonano, korzystając z pakietu Statistica 8.0.

WYNIKI I DISKUSJA

Metody analizy skupień pozwalają na praktyczne grupowanie badanych obiektów (np. cech, odmian) według hierarchii ich podobieństwa i przedstawienie rezultatów w postaci tzw. dendrogramów. Analizując dendrogram badanych cech pszenicy (rys. 1) można wyodrębnić dwa skupienia ze względu na ich podobieństwo w zmianach warto-

ści dla wszystkich odmian. Pierwsze skupienie zawiera pięć cech: wartość walorymetryczną, rezystancję, sedymentację, zawartość białka i liczbę opadania – euklidesowa odległość wiązania 4,892. Drugie skupienie występuje przy odległości wiązania równej 5,196 i grupuje następujące cztery cechy: zawartość glutenu, rozptywalność glutenu, rozmiękczenie ciasta i wodochłonność mąki. Najbardziej podobne okazały się: rozmiękczenie ciasta i rozptywalność glutenu (odległość wiązania 1,163) oraz wartość walorymetryczna i rezystencja (odległość wiązania 1,372). Cechą wykazującą najmniej podobieństwo względem pozostałych zmiennych jest wodochłonność mąki. Łączenie tej cechy z wartością walorymetryczną zachodzi dopiero przy euklidesowej odległości wiązania równej 11,747, co stanowi jednocześnie zamknięcie dendrogramu.



Rys. 1. Dendrogram cech technologicznych pszenicy ozimej
Fig. 1. Dendrogram of the technological parameters of winter wheat

Tabela 1 zawiera macierz współczynników korelacji wszystkich analizowanych cech pszenicy. Występują tu zarówno wysokie korelacje, jak również względnie niskie współzależności. Może to świadczyć o występowaniu w tej macierzy pewnej wyraźnej struktury.

Na podstawie macierzy korelacji wszystkich cech jakościowych pszenicy obliczono niezerowe wartości własne (tab. 2), które odpowiadają hipotetycznym składowym. Tabela ta zawiera również część wariancji przypadającej na poszczególne składowe, a także skumulowane wartości własne i skumulowaną zmienność. Według kryterium Kaisera (wartości własne większe od jedności), do dalszej analizy wyodrębniono pierwsze trzy składowe (Z_1 , Z_2 , Z_3), których równania mają następującą postać:

$$Z_1 = -0,446 \text{ wartość walorymetryczna} - 0,204 \text{ zawartość białka} - 0,031 \text{ liczba opadania} + 0,305 \text{ zawartość glutenu} + 0,414 \text{ rozptywalność glutenu} - 0,383 \text{ sedymentacja} + 0,055 \text{ wodochłonność mąki} + 0,436 \text{ rozmiękczenie ciasta} - 0,393 \text{ rezystencja}$$

$Z_2 = 0,025$ wartość walorymetryczna – 0,399 zawartość białka – 0,670 liczba opadania – 0,237 zawartość glutenu – 0,201 rozplýwalność glutenu – 0,049 sedymentacja + 0,489 wodochłonność mąki – 0,128 rozmiękczenie ciasta – 0,189 rezystencja

$Z_3 = -0,019$ wartość walorymetryczna – 0,506 zawartość białka + 0,198 liczba opadania – 0,539 zawartość glutenu – 0,145 rozplýwalność glutenu – 0,307 sedymentacja – 0,539 wodochłonność mąki – 0,196 rozmiękczenie ciasta – 0,099 rezystencja

Tabela 1. Macierz współczynników korelacji cech technologicznych pszenicy ozimej
Table 1. Matrix of correlation coefficients of the technological parameters of winter wheat

Cecha – Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Wartość walorymetryczna Valorimetric value	1								
2 Zawartość białka Protein content	0,425	1							
3 Liczba opadania Falling number	0,041	0,302	1						
4 Zawartość glutenu Gluten content	-0,656	0,136	0,067	1					
5 Rozplýwalność glutenu Gluten weakening	-0,906	-0,242	0,114	0,844	1				
6 Sedymentacja Sedimentation	0,831	0,595	-0,030	-0,330	-0,683	1			
7 Wodochłonność mąki Water absorption	-0,076	-0,104	-0,543	0,225	0,017	-0,026	1		
8 Rozmiękczenie ciasta Dough weakening	-0,986	-0,330	0,093	0,706	0,925	-0,789	0,036	1	
9 Rezystancja ciasta Dough resistance	0,895	0,444	0,337	-0,382	-0,682	0,764	-0,110	-0,828	1

Tabela 2. Wartości własne macierzy korelacji i procent wariancji
Table 2. Eigenvalues of correlation matrix and percent of variance

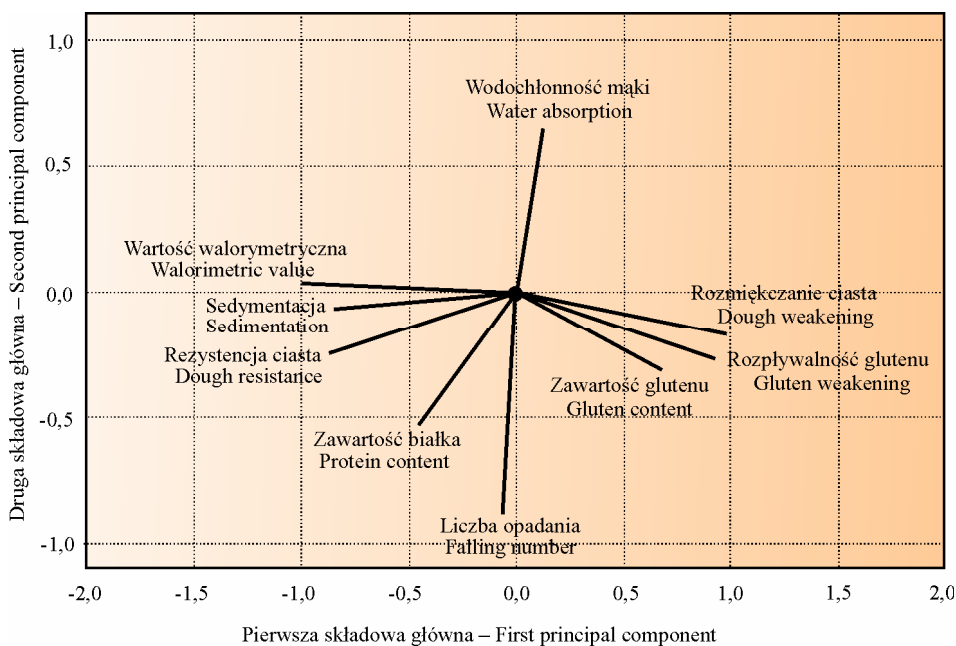
Numer składowej Component number	Wartość własna Eigen value	Procent wariancji Percent of variance	Skumulowana wartość własna Cumulative eigenvalue	Skumulowany procent wariancji Cumulative percentage
1	4,97	55,19	4,97	55,19
2	1,74	19,37	6,71	74,56
3	1,30	14,42	8,01	88,99
4	0,52	5,73	8,52	94,71
5	0,32	3,53	8,84	98,24
6	0,12	1,38	8,97	99,62
7	0,03	0,33	8,99	99,94
8	0,01	0,06	9,00	100,00

Metoda składowych głównych pozwala w analizowanym przypadku na redukcję dziewięciu wyjściowych cech do trzech nowych hipotetycznych zmiennych, przy równoczesnym zachowaniu dużej części wariancji pierwotnych danych.

Obliczone powyżej składowe główne są najbardziej skorelowane z cechami technologicznymi pszenicy i mogą służyć jako zmienne syntetyczne. W układzie dwóch pierwszych składowych, można ponadto dokonać na płaszczyźnie interpretacji geometrycznej powiązania pierwotnych zmiennych.

Pierwsza składowa wyjaśnia około 55% ogólnej zmienności danych wyjściowych, druga wykorzystuje ponad 19% wariancji wspólnej, a trzecia – blisko 15%. Te trzy składowe główne, będące kombinacją liniową wyjściowych cech pszenicy, objaśniają prawie 89% zmienności całkowitej, czyli utrata informacji spowodowana redukcją wymiaru jest stosunkowo niewielka (około 11%).

W układzie dwóch pierwszych składowych (rys. 2) przedstawiono wektory badanych cech pszenicy. Im dłuższy jest wektor reprezentujący daną cechę, tym większy udział tej zmiennej w wartościach dwóch pierwszych składowych. Mały kąt między wektorami świadczy o dużej dodatniej korelacji między cechami. Cechy „zawartość glutenu”, „rozplywalność glutenu” i „rozmięczenie ciasta” w istotny (dodatni) sposób wpływają na wartość pierwszej składowej. Na wartość drugiej składowej dodatni wpływ wywiera praktycznie tylko wodochłonność mąki, zaś ujemny – przede wszystkim liczba opadania. Na podstawie równania składowej Z_3 można natomiast stwierdzić, że liczba opadania ma największy dodatni udział w trzeciej składowej głównej.



Rys. 2. Rozmieszczenie cech technologicznych pszenicy ozimej w układzie dwóch pierwszych głównych składowych

Fig. 2. Distribution of the technological parameters of winter wheat for first two principal components

Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych były przedmiotem licznych badań [Cacak-Pietrzak i in. 1999, Wróbel i Szempliński 1999, Podolska i Stankowski 2001]. W okresie prowadzenia omawianego

doświadczenia polowego panowały zróżnicowane warunki meteorologiczne, które miały duży wpływ na wartości cech technologicznych pszenicy ozimej w poszczególnych latach [Stankowski i in. 2008]. Celowe wydaje się jednak syntetyczne potraktowanie wyników pierwotnych, aby dokonać kompleksowej oceny współzależności cech technologicznych ziarna pszenicy, wykonanej za pomocą rzadko spotykanych metod wielowymiarowych.

Knapowski i Ralcewicz [2004] do opisu zależności między cechami technologicznymi ziarna i mąki pszenicy ozimej odmiany Mikon użyli metod korelacji i regresji liniowej. Schnug i in. [1993] zastosowali procedurę składowych głównych do zbadania wzajemnych zależności między zawartością składników mineralnych w ziarnie a parametrami jakościowymi mąki pszenicy. Metodę analizy skupień w badaniach wpływu czynnika doświadczalnego na różne cechy roślin wykorzystano z dobrym skutkiem Jendrzejczak [1998].

Analiza skupień i analiza składowych głównych są cennymi, choć dość trudnymi do jednoznacznej interpretacji metodami wielowymiarowej analizy danych [Morisson 1990, Timm 2002, Gregorczyk i in. 2004] i mogą być przydatne także w opisie wzajemnych relacji między cechami jakościowymi ziarna zbóż.

WNIOSKI

1. Badane cechy pszenicy ozimej ze względu na podobieństwa można podzielić na dwa skupienia zawierające odpowiednio cztery i pięć zmiennych.
2. Największe podobieństwo stwierdzono między rozpywalnością glutenu a rozmiękczeniem ciasta.
3. Redukcja analizowanych dziewięciu cech pszenicy do trzech składowych głównych pozwala na wyjaśnienie około 89% całkowitej zmienności.

PIŚMIENNICTWO

- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Chaber T., 1999. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.* 118, 45-55.
- Gregorczyk A., Chełpiński P., Ostrowska K., Gawska A., 2004. Application of multivariate data analysis for describing the growth of new apple tree cultivars. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 96, 75-80.
- Jakubczyk T., Haber T., 1983. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW Warszawa
- Knapowski T., Ralcewicz M., 2004. Evaluation of quantitative features of Mikon cultivar winter wheat grain and flour depending on selected agronomic factors. *EJPAU* 7(1) #01, www.ejpau.media.pl/volume7/issue1/agronomy/art-01.html
- Morrison D.F., 1990. *Wielowymiarowa analiza statystyczna*. PWN Warszawa.
- Podolska G., Stankowski S., 2001. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 218/219, 127-136.
- Schnug E., Evans E., Haneklaus S., 1993. Multivariate analysis of relations between mineral element concentrations in grain and baking quality of wheat. *J. Agron. Crop. Sci.* 170, 1-11.
- Stankowski S., Smagacz J., Hury G., Ułasik S., 2008. Wpływ intensywności nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(3), 105-114.
- Timm N.H., 2002. *Applied multivariate analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wróbel E., Szempliński W., 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.* 118, 463-469.

Jendrzejczak E., 1998. Zastosowanie metody analizy skupień w porównawczych badaniach wpływu czynników na różne cechy roślin. *Post. Nauk. Rol.* 4, 67-75.

EVALUATION OF RELATIONSHIPS BETWEEN THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WINTER WHEAT

Abstract. Material for the research was winter wheat grain samples coming from field experiments carried out over 2003/2004-2005/2006 by the Department of Systems and Economics of Crop Production of IUNG-PIB Puławy at the Agricultural Experiment Station in Grabów (51°21' N; 21°40' E). The correlations among nine traits of grain and flour of winter wheat cultivars were investigated. The Ward agglomeration procedure in cluster analysis and the analysis of principal components were used for description of data. Two clusters were separated (with four and five traits). The biggest similarity and the highest correlation were observed between gluten weakening and dough weakening. The valometric value and water absorption proved to be the least similar. It was noticed that three first components explain about 89% of total variability. The content and weakening of gluten and dough weakening had the biggest positive share in the first component, water absorption in the second, and falling number in the third.

Key words: winter wheat, technological parameters, correlations, multivariate analysis

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.09.2008