

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI**STANISŁAW WĘGRZYN****MARIA STACHOWICZ**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Analiza zmienności i korelacji ważnych cech technologicznych rodów i odmian pszenicy ozimej

Variation and correlation analysis of important technological traits of winter wheat cultivars and strains

W pracy badano zmienność, genetyczne uwarunkowanie i zależność pomiędzy 13 cechami technologicznymi pszenicy ozimej na podstawie analizy laboratoryjnej ziarna 105 obiektów z doświadczeń wstępnych wykonanych przez Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie w 2005 i 2006 roku. Analizy statystyczne wykonano dla każdego roku osobno. Objęły one analizę wariancji, współczynniki zmienności, współczynniki genetycznego uwarunkowania cech oraz współczynniki korelacji fenotypowych i genotypowych. Stwierdzono w każdym roku na podobnym poziomie wartości średnich, współczynników zmienności, genetycznego uwarunkowania cech oraz współczynników korelacji fenotypowych i genotypowych badanych cech. Współczynniki zmienności wahały się od 2,33% dla wydajności mąki do 57,3% dla czasu stałości. Wskaźniki genetycznego uwarunkowania dla badanych cech okazały się zróżnicowane i przyjmowały wartości od 0,40 dla jakości miękiszu do 0,94 dla liczby sedymentacji. Współczynniki korelacji genotypowych okazały się na ogół wyższe od fenotypowych. Stwierdzono istotne dodatnie współczynniki korelacji genotypowe ($r_g > 0,50$) pomiędzy liczbą sedymentacji a zawartością białka, wodochłonnością, energią ciasta, objętością chleba, wydajnością mąki, liczbą jakości, jakością miękiszu i gluten indeksem oraz ujemne liczby sedymentacji (LS) z rozmiękczeniem ciasta.

Słowa kluczowe: analizy technologiczne, korelacje fenotypowe, korelacje genotypowe, pszenica ozima, współczynniki zmienności

Variability, heritability and correlations were investigated for 13 parameters characterizing bread-making quality of winter wheat. The grain material of 105 cultivars and strains from the preliminary state trials of the years 2005 and 2006 was analyzed in the Department of Cereal Crops of the Plant Breeding and Acclimatization Institute, Cracow Division. The statistical analysis, performed separately for each year, included analysis of variance and calculation of means and coefficients of variability, heritability, genotypic correlation and phenotypic correlation. The values of coefficients for both years of study were much alike. The variability coefficients ranged from 2.33% (for flour yield) to 57.3% (for dough stability). The coefficients of heritability were diverse either and varied between 0.40 (for crumb quality) and 0.94 (for sedimentation value). Generally, the coefficients of genotypic correlation

proved to be higher than the corresponding ones for phenotypic correlation. The sedimentation value was significantly and positively correlated with protein content, water absorption, dough energy, bread volume, flour yield, quality number, crumb quality and gluten index. The negative correlation of the sedimentation value with softness of dough was also convenient for the selection process.

Key words: technological analyses, coefficients of the variability, phenotypic correlations, genotypic correlations, the winter wheat

WSTĘP

Jednym z najważniejszych zadań hodowlanych pszenicy ozimej jest wyodrębnienie form łączących plenność z wysoką jakością technologiczną. Dotychczasowe prace hodowlane pozwoliły osiągnąć zadawalający poziom cech technologicznych w uprawianych odmianach pszenicy ozimej (Banaszak i in., 2006; Śmiałowski i Stachowicz, 2007). Jednak silna konkurencja na rynku krajowym zagranicznych odmian pszenicy ozimej przyczyna się do ciągłego poszukiwania nowych lepszych rodów o wysokiej jakości technologicznej (Zych, 2006).

Aby osiągnąć sukces, oprócz wielu innych warunków, niezbędna jest dostępność w programie krzyżowań komponentów charakteryzujących się dużą zmiennością oraz odziedziczalnością cech technologicznych.

Wyhodowane rody i odmiany pszenicy ozimej pod względem badanych cech w całej puli form genetycznych powinny charakteryzować się również odpowiednio ukierunkowaną korzystną korelacją fenotypową i genotypową o sile nie zagrażającej pogorszeniem jednej cechy w przypadku ulepszenia innej.

Nieliczne badania prowadzone dotychczas przyczyniły się do poznania zależności pomiędzy cechami struktury plonu a cechami technologicznymi (Śmiałowski i in., 2006), a także znalezienia powiązań pomiędzy wybranymi cechami technologicznymi (Bichoński i in., 1998). Ograniczały się one jednak wyłącznie do podstawowych 3 cech technologicznych (Ceglińska i in., 2003; Cygankiewicz, 1997). Praktycznie nie prowadzono takich badań dla pełnej oceny wartości technologicznej pszenicy ozimej. Niniejsza praca ma uzupełnić tę lukę w polskich badaniach.

Również w badaniach autorów zagranicznych opisane są zwykle wybrane zależności pomiędzy cechami jakości technologicznej. Wysoce istotną korelację pomiędzy frakcjami białka a zawartością glutenu stwierdzili Stehno i wsp. (2006), natomiast w innych badaniach (Park i in., 2005) ujawnili silną korelację pomiędzy zawartością białka w mące a wodochłonnością. Natomiast analiza wielocechowa przeprowadzona w oparciu o zmienne kanoniczne (CDA) dla 16 cech (cech ilościowe ziarna i jakości technologicznej) u 10 odmian pszenicy ozimej (Pecina i in., 2000) wykazała, że silnie determinującymi całkowitą zmienność cechami były liczba sedymentacji i masa hektolitra.

Na podstawie literatury i przeprowadzonej analizy dotychczasowych wyników ustalono cel badań, tj. poznanie wskaźników zmienności (CV), genetycznego uwarunkowania (H) oraz korelacji zależności fenotypowych i genotypowych (r_P , r_g) cech technologicznych w zbiorze rodów pszenicy ozimej ocenianych w 2 latach (2005–2006). Na podstawie obliczonych wskaźników statystyczno-genetycznych określono zmiany w badanym

materiale pod względem badanych cech w procesie hodowli na skutek presji selekcyjnej, które sprzyjają postępowi w hodowli nowych odmian pszenic jakościowych.

MATERIAŁ I METODA

Materiałem badawczym były ziarna 105 rodów (w każdym roku odmienny zestaw) i 6 odmian wzorcowych pszenic ozimych badanych w latach 2005–2006 w zespołowych doświadczeniach wstępnych w 3 miejscowościach.

Materiał ten na tym etapie hodowli jest ustabilizowany i może stanowić również cenne źródło genetyczne cech np. do polepszania innych rodów na wcześniejszych etapach hodowli. Oceniano 13 cech w tym 8 cech klasyfikowanych jako wskaźniki jakości: liczba sedymentacji (L.S z SDS-siarczan dodecylosodowy) wykonana metodą Axforda (Axford i wsp., 1997) modyfikacja mikro Cygankiewicza (1997), liczba opadania (L.O.) — Falling Number 1800 Norma ICC Standard No. 117 (ICCH), zawartość białka w suchej masie ziarna — metodą NIR w aparacie Infratec 1255 Norma ICC Standard No. 159 (ICCH), wodochłonność mąki — Farinograph Norma ICC Standard No. 115/1 (ICCH), rozmięczenie ciasta — Farinograph Norma ICC Standard No. 115/1 (ICCH), energia ciasta — Ekstensograph Norma ICC Standard No. 114 (ICCH), wydajność mąki ogółem — Quadrumat Senior f-y Brabender, objętość chleba — standardowy wypiek laboratoryjny w przeliczeniu na 100 g mąki po zarobieniu ciasta w miesiarce intensywnego miesienia Diosna f-y Geth, oraz dodatkowo czas stałości i liczbę jakości (analiza farinograficzna), gluten mokry i indeks gluten (Glutomatic 2200) (ICCH) oraz liczbę wartości chleba (L.W.CH.) jako wskaźnik jakości mięksiszu.

Analiza statystyczna obejmowała obliczenie średnich wartości dla badanych cech, współczynników zmienności, wskaźników genetycznego uwarunkowania cech oraz korelacji fenotypowych i genotypowych pomiędzy badanymi cechami. Do analizy statystycznej tych danych przyjęto mieszany model, w którym elementem stałym były miejscowości, a losowym obiekty. Po wykonaniu obliczeń analizy wariancji z jej składników obliczono współczynniki zmienności CV_g , wskaźniki genetycznego uwarunkowania cech H (Węgrzyn i in., 2001, 2002). Współczynniki korelacji fenotypowej r_p , wyznaczono jako współczynniki korelacji prostej średnich cech z miejscowości dla rozpatrywanych genotypów. Współczynniki korelacji genotypowej r_g określono jako miary korelacji prostej pomiędzy nieobserwowalnymi efektami genotypowymi (Searle, 1961; Falconer i in., 1996; Węgrzyn i in., 2002). Istotność współczynników korelacji fenotypowej i genotypowej zbadano na podstawie błędów standardowych (Becker, 1984; Holland, 2006). Ocenę wartości błędów wykonano wykorzystując wzory podobne do podanych w pracy Hollanda (2006). Obliczenia wykonano za pomocą programu Fegekor 3 (TP) opracowanego w IHAR Kraków (Węgrzyn, 2002).

WYNIKI BADAŃ

Stwierdzono niewielkie różnice wskaźników statystyczno-genetycznych pomiędzy obu latami badań. Średnie wartości badanych cech w latach okazały się zbliżone pomimo

odmiennego materiału badawczego (tab. 1). Tylko nieznacznie wyższe wartości rozmiękczenia ciasta i gluten indeksu odnotowano w 2005 roku, natomiast w 2006 roku podobnie wyższą wartością charakteryzowały się liczba sedymentacji, liczba opadania, zawartość białka w ziarnie, liczba jakości i zawartość glutenu mokrego (tab. 1). Zatem nie obserwujemy wyraźnego wpływu zarówno lat i obiektów na poziom cech technologicznych. Niewielkie różnice odnotowano pod względem zmienności badanych cech. W 2006 roku współczynniki zmienności badanych cech charakteryzowały się wyższymi wartościami z wyjątkiem liczby sedymentacji i objętości ciasta. Najwyższą zmiennością charakteryzowały się czas stałości, liczba jakości (>40%) oraz rozmiękczenie i energia ciasta (>26%), najniższą wydajność mąki, zawartość białka w ziarnie i wodochłonność (<5%).

Tabela 1

Wybrane parametry statystyczno-genetyczne pszenicy ozimej w latach 2005 i 2006
Some statistical parameters for winter wheat breadmaking quality, 2005 and 2006

Nazwa cech Name of traits	Średnie wartości Mean values		CV % Coefficient of variability		H Herability		S.E. (H) Standard errors	
	lata badań — years of study							
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
L.S. z SDS Sedimentation values	51,26	68,7	23,65	19,33	0,94	0,89	0,17	0,15
L.O. Falling number	374,45	415,37	13,49	13,25	0,76	0,87	0,13	0,15
Zawartość białka Protein content	11,53	12,98	3,00	3,96	0,71	0,59	0,12	0,11
Wodochłonność Water absorption	57,81	59,28	4,14	3,69	0,82	0,85	0,16	0,17
Rozmiękczenie ciasta Dough softness	81,97	73,9	26,24	31,84	0,87	0,79	0,17	0,16
Energia ciasta Dough energy	70,73	75,38	33,10	34,35	0,83	0,87	0,16	0,17
Objętość chleba Bread volume	613,03	627,43	3,70	3,31	0,16	0,54	0,13	0,14
Wydajność mąki Flour yield	72,62	73,21	2,36	2,33	0,73	0,84	0,15	0,16
Czas stałości ciasta Dough stability	5,23	7,14	43,67	57,28	0,81	0,69	0,16	0,15
Liczba jakości Quality number	58,29	86,9	39,11	49,18	0,77	0,65	0,16	0,15
Jakość miękiszu (LWCH) Crumb quality	153,4	164,65	9,69	9,64	0,40	0,66	0,14	0,15
Ilość glutenu (mokry) Gluten content (wet)	26,74	33,76	5,38	5,88	0,76	0,69	0,16	0,15
Indeks gluten Gluten index	86,25	79,15	15,36	17,07	0,92	0,85	0,17	0,17

Obliczone średnie arytmetyczne i wartości współczynników zmienności nie odbiegają od wielkości odnotowywanych w latach ubiegłych (Bichoński, 1995, Cygankiewicz, 1997). Zjawisko to można wytłumaczyć wymaganiami klasyfikacyjnymi ustalającymi dolne i górne granice wartości przyjęte dla cech technologicznych przez COBORU organ rejestrujący nowe odmiany pszenicy ozimej. Hodowcy w procesie selekcji dostosowują

wartości cech technologicznych badanych rodów odrzucając obiekty nie spełniające tych kryteriów.

Wskaźniki genetycznego uwarunkowania cech (H) były wysokie i dla większości badanych cech w obu latach odnotowano wartości $>0,60$, z wyjątkiem objętości chleba (w 2005 roku = 0,16 oraz w 2006 = 0,54) oraz LWCH (w 2005 roku = 0,40). Wartości te wskazują, że z wyjątkiem objętości chleba pozostałe cechy były stabilne nie reagowały na czynniki środowiska, zatem są silnie genetycznie uwarunkowane, a jest to zjawisko pozytywne.

Współczynniki korelacji fenotypowo-genotypowe ujawniły 3 grupy zależności; nielicznych istotnie dodatnich i istotnie ujemnych oraz liczną grupę nieistotnych korelacji (tab. 2, 3). Stwierdzono wysoce istotne dodatnie korelacje ($r_p > 0,50$ i $r_g > 0,60$) pomiędzy liczbą sedymentacji a białkiem, energią ciasta, objętością chleba, czasem stałości, liczbą jakości, ujemne ($r_p > -0,60$ i $r_g > -0,65$) pomiędzy liczbą sedymentacji a rozmiękczeniem (tab. 2, 3). Interesującą cechą okazał się czas stałości, który wykazał wysoce istotne korelacje fenotypowe i genotypowe z liczną grupą cech technologicznych z wyjątkiem; LO, wydajność mąki ogółem (tab. 2, 3).

Tabela 2

Korelacje fenotypowo-genotypowe pomiędzy cechami technologicznymi pszenicy ozimej w 2005 roku
Coefficients of correlations between technological traits of winter wheat in 2005

Cechy Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0,29*	0,56**	0,47**	-0,72**	0,76**	0,56**	0,49**	0,63**	0,58**	0,60**	0,14	0,65**
2	0,25		-0,17	-0,1	-0,45**	0,33**	0,13	0,02	0,18	0,08	0,15	-0,36**	0,50**
3	0,48**	-0,18		-0,35**	0,31*	0,31*	0,30*	0,43**	0,48**	0,39**	0,54**	0,1	-0,47**
4	0,54**	-0,11	0,46**		-0,47**	0,17	0,23	0,18	0,38**	0,48**	0,23	0,39**	0,2
5	-0,79**	-0,56**	-0,45**	-0,46**		-0,75**	-0,57**	-0,13	-0,82**	-0,77**	-0,55**	-0,05	-0,73**
6	0,79**	0,34**	0,39**	0,2	-0,66**		0,70**	0,2	0,61**	0,49**	0,70**	-0,15	0,80**
7	0,51**	0,02	0,27*	0,21	-0,63**	0,63**		0,08	0,54**	0,47**	0,94**	-0,02	0,49**
8	0,52**	-0,04	0,27*	0,1	-0,13	0,19	0,01		0,21	0,19	0,15	0,18	0,16
9	0,71**	0,27*	0,52**	0,35**	-0,70**	0,53**	0,63**	0,19		0,98**	0,53**	0,32*	0,48**
10	0,68**	0,18	0,56**	0,41**	-0,65**	0,43**	0,60**	0,15	0,79**		0,47**	0,44**	0,35**
11	0,55**	0,05	0,35**	0,25	-0,60**	0,63**	0,28*	0,09	0,61**	0,59**		0,01	0,50**
12	0,2	-0,34**	0,62**	0,29*	-0,06	-0,19	0,11	0,11	0,22	0,31*	0,12		-0,48**
13	0,64**	0,46**	0,08	0,23	-0,70**	0,78**	0,45**	0,16	0,46**	0,36**	0,47**	-0,43**	

*,** istotne dla poziomu $P = 0,05$ lub $P = 0,01$, significant at level $P = 0,05$ and $P = 0,01$, respectively

1 — L.S. z SDS; Sedimentation values

2 — L.O. ;Falling number

3 — Zawartość białka; Protein content

4 — Wodochłonność; Water absorption

5 — Rozmiękczenie ciasta; Dough softness

6 — Energia ciasta ; Dough energy

7 — Objętość chleba; Bread volume

8 — Wydajność mąki ; Flour yield

9 — Czas stałości ciasta; Dough stability

10 — Liczba jakości; Quality number

11 — Jakość miękiszu (LWCH); Crumb quality

12 — Ilość glutenu (mokry); Gluten content (wet)

13 — Indeks glutenu; Gluten index

Wykonane obliczenia wskazały grupę stabilnych nie podlegających wpływom środowisk korzystnych genotypowych zależności. Należą do nich wysoce istotne dodatnie zależności pomiędzy; liczbą sedymentacji a energią ciasta ($r_{g,2005,2006} = 0,79$ i $0,71$), liczbą sedymentacji a czasem stałości ($r_{g,2005,2006} = 0,71$, $0,62$), liczbą sedymentacji a liczbą jakości $r_{g,2005,2006} = 0,68$, $0,61$), liczbą sedymentacji a indeksem glutenu $r_{g,2005,2006} = 0,64$, $0,54$),

energiją ciasta a gluten indeksem ($r_{g,2005,2006} = 0,78, 0,84$), energiją ciasta a objętością chleba ($r_{g,2005,2006} = 0,63, 0,44$). Zatem prowadząc selekcję na jedną cechę z pary możemy liczyć na poprawę tej drugiej silnie z nią skorelowanej. Do grupy tej należy zaliczyć również ujemną zależność pomiędzy liczbą sedymentacji a rozmiękczeniem ($r_{g,2005,2006} = -0,79, -0,68$), (tab. 2, 3). Ponieważ cecha rozmiękczenia ciasta charakteryzuje się odwróconą skalą, zatem jej zmniejszona wartość oznacza ciasto lepszej jakości a większa wartość rozmiękczenia to ciasto o gorszej jakości. Rozmiękczenie okazało się skorelowane ujemnie również z innymi cechami w obu latach badań.

Tabela 3

Korelacje fenotypowo-genotypowe pomiędzy cechami technologicznymi pszenicy ozimej w 2006 roku
Coefficients of correlations between technological traits of winter wheat in 2006

Cechy Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0,29*	0,58**	0,19	-0,66**	0,67**	0,37**	0,32*	0,59**	0,56**	0,35**	0,18	0,56**
2	0,21		0,46**	0,08	-0,2	0,07	0,12	0,02	0,14	0,17	0,11	0,29*	0,001
3	0,36**	0,28*		0,06	-0,24	0,16	0,08	0,01	0,18	0,21	0,05	0,28*	0,02
4	0,2	0,06	0,05		-0,06	-0,18	0,25	0,05	-0,18	-0,11	0,26*	0,40**	-0,24
5	-0,68**	-0,19	-0,25	-0,09		-0,84**	-0,43**	-0,04	-0,89**	-0,89**	-0,37**	0,01	-0,74**
6	0,71**	0,09	0,2	-0,16	-0,75**		0,37**	0,14	0,83**	0,78**	0,34**	-0,16	0,86**
7	0,33**	0,15	0,13	0,27*	-0,50**	0,44**		0,02	0,28*	0,33**	0,94**	0,23	0,23
8	0,33**	-0,04	0,01	0,01	-0,07	0,16	0,03		0,11	0,05	-0,05	-0,04	0,26*
9	0,62**	0,15	0,22	-0,19	-0,68**	0,73**	0,38**	0,13		0,97**	0,21	-0,13	0,77**
10	0,61**	0,19	0,25	-0,12	-0,68**	0,68**	0,46**	0,05	0,27*		0,25	0,10	0,66**
11	0,35**	0,13	0,14	0,26*	-0,40**	0,38**	0,60**	-0,05	-0,22	0,33*		0,14	0,23
12	0,23	0,29*	0,27*	0,31*	0,05	-0,21	0,37**	-0,06	0,74**	-0,11	0,23		-0,47**
13	0,54**	0,001	0,05	-0,2	-0,71**	0,84**	0,17	0,26*	0,33*	0,63**	0,17	-0,34**	

*,** Istotne dla poziomu $P = 0,05$ lub $P = 0,01$; Significant at level $P = 0,05$ and $P = 0,01$, respectively

1 — L.S. z SDS; Sedimentation values

2 — L.O.; Falling number

3 — Zawartość białka; Protein content

4 — Wodochłonność; Water absorption

5 — Rozmiękczenie ciasta; Dough softness

6 — Energia ciasta; Dough energy

7 — Objętość chleba; Bread volume

8 — Wydajność mąki; Flour yield

9 — Czas stałości ciasta; Dough stability

10 — Liczba jakości; Quality number

11 — Jakość miękiszu (LWCH); Crumb quality

12 — Ilość glutenu (mokry); Gluten content (wet)

13 — Indeks glutenu; Gluten index

W przypadku drugiej grupy istotnie ujemnie skorelowaną parą cech okazała się zależność pomiędzy zawartością glutenu a indeksem glutenem ($r_{g,2005,2006} = -0,43, -0,34$). Liczba sedymentacji stanowi obok zawartości białka i liczby opadania ważny parametr skróconej oceny analizy jakościowej pszenicy. Zatem może ona ze względu na silną korelację z większością cech technologicznych stanowić ważny wskaźnik skróconej oceny jakości technologicznej. Na uwagę zasługuje słaba korelacja liczby opadania z większością badanych cech. Na niski poziom tej cechy oznaczający skłonność do porastania zwraca się również uwagę w procesie hodowli pszenic jakościowych.

Analizując prezentowane w tabeli 2 i 3 współczynniki korelacji należy zwrócić uwagę na grupę cech, które nie wykazują silnych zależności. Są one również ważne z punktu widzenia hodowcy, gdyż wskazują na brak sprzężeń, które tak utrudniają postęp hodowlany. Dodatkowym wytłumaczeniem silnych zależności pomiędzy niektórymi cechami może być sekwencyjny charakter tych cech. Niewielu autorów analizuje korelacje

między cechami technologicznymi, zwykle koncentrują się na 3 podstawowych tj. liczbie sedymentacji, liczbie opadania i zawartości białka. Wynika to z niezwykle pracochłonnych, czasochłonnych i w konsekwencji drogich pozostałych analiz technologicznych.

WNIOSKI

1. Przeprowadzona analiza porównawcza parametrów statystyczno-genetycznych 13 cech technologicznych ujawniła dużą stabilność tych cech w materiale pobranym z 3 miejscowości w okresie 2 lat badań. Dowodem na to były zbliżone średnie wartości i wysokie wartości wskaźników genetycznego uwarunkowania większości badanych cech.
2. Wysoce istotne współczynniki korelacji fenotypowej i genotypowej dla wielu par cech technologicznych okazały się korzystne i wskazują na istniejące silne sprzężenia. W przypadku silnie sprzężonych par cech, gdy ich wartość jest wysoka jest to zjawisko korzystne, natomiast w przypadku słabszej wartości jednej z nich może się okazać trudne do przełamania.
3. Liczba sedymentacji jako jedna z 3 cech skróconej analizy technologicznej stanowi najlepszy wskaźnik jakości mąki ze względu na korzystne dodatnie korelacje z najważniejszymi cechami technologicznymi, tj. zawartością białka, energią ciasta, czasem stałości, liczbą jakości i indeksem glutenem.
4. Czas stałości okazał się silnie skorelowany z licznymi cechami technologicznymi. Ze względu na silne korelacje genotypowe zmiana jego wartości może skutkować również adekwatnymi zmianami cech współzależnych, a szczególnie liczbą sedymentacji, energią ciasta, rozmiękczeniem ciasta, objętością chleba i liczbą jakości.

LITERATURA

- Axford D. W. E., Mc Dermott E. E., Retman D. G. 1979. Dodecylo-sulfate test of breadmaking quality: Comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chem.* 56 (6): 582.
- Banaszak Z. Majchrzycki D. 2006. Pszenica jakościowa — od hodowcy do młynarza. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*: 17 — 19.
- Becker W. A. 1984. *Quantitative genetics*. Washington State University Press, Seattle, Wash.
- Bichoński A., Stachowicz M. 1998. Powiązanie białek gliadynowych i gluteninowych z wybranymi cechami technologicznymi rodów i odmian pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 208: 43 — 47.
- Bichoński A. 1995. Ocena wybranych cech technologicznych z kolekcji pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 194: 131 — 138.
- Ceglińska A., Cacak Pietrzak. G., Haber T. 2003. Współzależność pomiędzy cechami jakościowymi rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 230: 65 — 70.
- Cygankiewicz A. 1997. Wartość technologiczna ziarna materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na tle badań własnych i światowych. *Biul. IHAR* 204: 219 — 238.
- Falconer D. S., McKay T. F. C. 1996. *Introduction to quantitative genetics*. 4th. ed. Longman, Essex, England.
- Holland J. B. 2006. Estimating genotyping correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc. MIXED. *Crop Sci.* 46: 642 — 654.
- International Cereal Chemists – Amylograph ICC Standard 126.
- International Cereal Chemists – Falling Number 1800 Standard Nr. 107., AACC Standard 58–81 B.
- International Cereal Chemists – Farinograph Resistograph ICC Standard Nr. 115., AACC Standard 20–54.

- International Cereal Chemists – Glutomatic system 2200 ICC Standard 137.
- Park S. H., Bean S.R., Chung O. K., Seib P. A. 2006. Levels of protein and protein composition in hard winter flours and relationships to breadmaking. *Cereal Chemistry* vol. 83: 418 — 423.
- Pecina M., Gunjaca J. 2000. Multivariate distance and classification of winter wheat breeding program. 22 Int. Conf. Information Technology Interfaces ITI 2000. Pula, Croatia: 232 — 328
- Searle S. R. 1961. Phenotypic, genotypic and environmental correlations. *Biometrics* 17: 474 — 480.
- Stehno Z., Dvoracek V., Dotlacil L. 2006. Wheat protein fractions to grain quality characters of cultivars in the Czech Republic 2004–2006. CRI. Gene Bank Department. Report: 1 — 3.
- Śmiałowski T., Nita Z., Witkowski E. 2006. Ocena współzależności cech pszenicy ozimej na podstawie analizy ścieżek. *Biul. IHAR* 240/241: 161 — 166.
- Śmiałowski T., Stachowicz M. 2007. Ocena wartości technologicznej nowych rodów pszenicy badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2005-2006. *Biul. IHAR* 245: 57 — 66.
- Węgrzyn. S., Bichoński A. 2001. Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 220. 153 — 160.
- Węgrzyn S., Wojas T., Śmiałowski T. 2002. Uwarunkowania genetyczne oraz współzależność plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) *Biul. IHAR* 223/224: 77 — 88.
- Zych. J. 2006. Wartość technologiczna odmian pszenicy. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*: 7 — 12.