

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI¹**ZYGMUNT NITA**²**EDWARD WITKOWSKI**³¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków² Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o.³ Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o.

Ocena współzależności cech pszenicy ozimej na podstawie analizy ścieżek

Estimation of the interrelationships between different traits of winter wheat using the path analysis

Celem pracy było poznanie zmienności, genetycznego zróżnicowania oraz zależności i współzależności pomiędzy 19 cechami pszenicy ozimej. Przebadano 112 rodów pszenicy ozimej w warunkach laboratoryjnych i polowych, w doświadczeniach wstępnych, w roku 2004, w 7 miejscowościach. Badano następujące cechy: plon, mrozoodporność, termin kłoszenia i dojrzewania, wysokość roślin, wyrównanie, odporność na mączniaka, rdzę brunatną i żółtą, septorię liści i kłosa, wyleganie, fusarium kłosa, odporność na porastanie, masę 1000 ziaren, liczbę sedymentacji, zawartość glutenu mokrego oraz białka. Stwierdzono zróżnicowane współczynniki zmienności (CV) dla badanych cech pszenicy ozimej mieszczące się w zakresach od wysokich (29%) dla liczby sedymentacji do niskich dla rdzy żółtej (1,7% i dojrzewania (2,5%). Stwierdzono wysokie współczynniki (h^2) genetycznego zróżnicowania dla większości badanych cech, z wyjątkiem porażenia kłosów przez septorię. Stwierdzono nieliczne wysoce istotne współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami. Istotne, ale niskiej wartości korelacje odnotowano pomiędzy plonem a stopniem porażenia kłosów przez septorię (0,230*), plonem a zawartością glutenu (-0,239*) plonem a zawartością białka (-0,232*), a także plonem a wysokością (0,232*), plonem a wyleganiem (0,190*). Przeprowadzona analiza ścieżek pomiędzy plonem a mrozoodpornością, terminem kłoszenia i dojrzewania, wysokością roślin, stopniem odporności na septorię liści, masą 1000 ziaren, odpornością na porastanie wykazała wysoce istotny bezpośredni efekt wysokości roślin z plonem (0,393**), wysoki stopień odporności na septorię liści i plonu (0,393**) oraz wysoce istotny, ale ujemny efekt terminu dojrzewania i plonu (-0,371**). Ten ostatni zaskakujący wysoce istotny bezpośredni efekt był zamaskowany stosunkowo silnym pośrednim efektem „septorii liści” (0,244). Stwierdzono niskie wartości współczynników korelacji między plonem a zawartością białka (-0,232*) oraz plonem a zawartością glutenu mokrego (-0,239*). Analiza ścieżkowa ujawniła wysoce istotne bezpośrednie efekty (-0,341**) między plonem a wartością białka oraz plonem a liczbą sedymentacji (0,336**), pomimo słabszej korelacji pomiędzy tym cechami.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, pszenica ozima, cechy rolnicze i technologiczne

The aim of the work was to estimate variability, genetic differentiation and correlation between 19 traits in 112 strains of the winter wheat grown in 2004 in a preliminary trial in 7 localities. The estimation was performed both in the field and under laboratory conditions. The following traits were

evaluated: grain yield, winter hardiness, earliness (days to heading), time to maturity (days), height of plants, canopy uniformity, weight of 1000 grains, sedimentation value, wet gluten and protein contents, as well as resistance to lodging and preharvest sprouting, and that to infection with: powdery mildew, brown rust, yellow rust, stem rust, leaf septoria, ear septoria and head blight (*Fusarium culmorum*). The coefficients of variability (CV) for the investigated traits varied from high for the value of sedimentation (29%) to low for the resistance to stem rust (1.7%) and for the time to maturity (2.5%). The coefficients of genetic differentiation (h^2) were high for all the traits, except for the resistance to ear septoria. In most cases, the coefficients of correlation between the analysed traits were low. Statistically significant correlation between grain yield and the following traits: resistance to ear septoria (0.230*), gluten content (-0.232*), protein content (-0.239*), plants height (0.232*) and lodging (0.190*), was recorded. The path analysis was used to estimate interrelationships between grain yield and the following traits: winter hardiness, time to heading, time to maturity, plants height, weight of 1000 grains, resistance to preharvest sprouting, and resistance to leaf septoria. Statistically significant direct effects of plants height and winter wheat resistance to leaf septoria upon grain yield were found (0.393** in both cases). The effect of the time of maturity on grain yield was highly significant but negative (-0.371**). This surprising effect was masked by a relatively strong (0.244) indirect effect of leaves infestation by septoria. The coefficients of correlation between grain yield and protein and wet gluten contents were low (-0.232* and -0.239*, respectively). Highly significant direct relationships between the grain yield and both the protein content and the sedimentation value, were revealed (-0.341** and 0.336**, respectively), despite the low correlation between these traits.

Key words: agricultural and technological traits, path analysis, winter wheat

WSTĘP

Plonowanie odmian i rodów pszenicy w silnym stopniu uzależnione jest od wielu cech użytkowych zarówno botanicznych, jak i agrotechnicznych, pozostających ze sobą często w ścisłych bezpośrednich i pośrednich związkach. Poznanie tych zależności może przyczynić się do ich wykorzystania w postępie hodowlanym pszenicy. W tym celu wielu autorów Akanda i wsp. (1996), Deczew (1990), Donaldson (2001), Drzazga, (2000), Garcia i wsp. (2003), Kadłubiec i wsp. (1989), Ługowska i wsp. (2003), Paroda (1974), Pochaba i wsp. (2000), Sidwell (1976), Singh i wsp. (1977) i Węgrzyn i wsp. (2002) proponują wykorzystanie analizy ścieżek do poznania współzależności pomiędzy plonem ziarna lub słomy a wybranymi cechami anatomicznymi liści, morfologicznymi kłosa, struktury plonu lub innymi ważnymi cechami agrotechnicznymi jak odporność na wyleganie lub choroby. Silną korelacją charakteryzują się również cechy decydujące o jakości technologicznej pszenicy ozimej. Bichoński, (1995) i Cygankiewicz, (1995, 1997), opisali zależności pomiędzy 9 cechami jakości wypiekowej dla rodów hodowlanych pszenicy. Z tych badań wynika, że przełamanie niekorzystnych korelacji pomiędzy plonem a jakością stanowi jeden z ważniejszych procesów hodowlanych. Cytowani autorzy nie uwzględnili jednak związków przyczynowo-skutkowych zarówno pomiędzy cechami jakości wypiekowej jak plonem.

Zatem kierując się opisanymi w literaturze wynikami badań w oparciu o przeprowadzone doświadczenia podjęto się poznania zmienności oraz zależności obserwowanych pomiędzy cechami pszenicy ozimej, następnie wyjaśnienie za pomocą analizy ścieżek współzależności między wybranymi cechami na tle zmienności i genetycznego zróżnicowania.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 112 rodów, które podzielono na 2 grupy po 56 obiektów, zasianych w 7 miejscowościach w 2 doświadczeniach w bezpośredniej bliskości. Wspólnymi obiektami w każdym doświadczeniu były wzorce: Tonacja, Kobra i Korweta. Do założenia doświadczenia zastosowano metodę niekompletnych bloków. Wielkość poletek wynosiła 10 m². Doświadczenia wsiewano w trzech powtórzeniach w Dębinie, Kobierzycach, NAGRADOWICACH, Polanowicach, Smolicach, Strzelcach i Szelejewie. W trakcie wegetacji stosowano ochronę przed chorobami i chwastami odpowiednią dla każdej miejscowości. Badano 19 cech: wczesność kłoszenia i dojrzewania, wysokość roślin, wyrównanie, wyleganie, stopień porażenia mączniakiem, rdzą brunatną, rdzą żółtą, rdzą żółtą, rdzą żółtą, septyorię liści i kłosa, fuzarium kłosa.

W Smolicach oceniono w komorach chłodniowych mrozoodporność siewek a po zbiorach w prowokacyjnych warunkach porastanie kłosów. W Strzelcach wykonano ocenę zawartości białka w ziarnie pszenicy, następnie określono zawartość glutenu mokrego oraz liczbę sedymentacji. W 3 stacjach hodowlanych zbadano masę 1000 ziaren. Ocenę chorób i wylegania wykonano w skali dziewięciostopniowej, w której 1 — oznacza najsłabszą, a 9 — najlepszą wartość. Obliczenia statystyczne wykonano w zakładzie Oceny Jakości i Metod Hodowli Zboż IHAR w Krakowie. W oparciu o wykonaną syntezę wyników doświadczeń polowych i laboratoryjnych wyliczono średnie arytmetyczne badanych cech, współczynniki zmienności i stopień genetycznego zróżnicowania cech „ h^2 ” oraz współczynniki korelacji, które następnie wykorzystano do analizy ścieżek. Oceniano współzależność między plonem a mrozoodpornością, terminem kłoszenia i dojrzewania, wysokością roślin, stopniem porażenia septyorią liści, masą 1000 ziaren, odpornością na porastanie a także plonem a liczbą sedymentacji, zawartością glutenu mokrego oraz białka w ziarnie. Analizę współczynników ścieżek wykonano wg metody opisanej przez Deweya (1956).

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji cech bonitacyjnych oraz pomiarów laboratoryjnych stwierdzono zróżnicowaną zmienność cech badanych rodów pszenicy ozimej. Najwyższe współczynniki zmienności stwierdzono dla liczby sedymentacji (CV = 29,9%) najniższe dla rdzy żółtawej (CV = 1,7%) i terminu dojrzewania (CV = 2,5%) (tab. 1).

Współczynniki genetycznego zróżnicowania cech (h^2) dla większości badanych cech okazały się wysokie (przekraczały wartość współczynnika 0,7) z wyjątkiem porażenia kłosów septyorią ($h^2 = 0,029$) (tab. 1). Podobne wyniki publikują Pochaba i Węgrzyn w 2000 roku oraz Węgrzyn i wsp. W 2002 roku. Wymienieni Autorzy również uzyskali niskiej wartości współczynniki genetycznego zróżnicowania cech dla odporności na niektóre choroby pszenicy ozimej.

Tabela 1

Parametry statystyczno-genetyczne badanych cech pszenicy ozimej
Statistical-genetic parameters of the investigated traits in winter wheat

Cechy Traits	Liczba miejscowości Number of lo- calities	Średnia wartość Mean value	Współczynniki zmienności (%) Coefficients of variability (%)	Współczynniki genetycznego zróżnicowania cech „ h^2 ” Coefficients of heritability	Błąd stand. „ h^2 ” Standard error S.E.
Plon ziarna Grain yield (dt/ha)	7	100,8	5,5	0,769	0,019
Mrozoodporność Winter hardiness (%)	1	98,0	7,2	—	—
Termin kłoszenia (liczba dni od 1 V do kłoszenia) Heading time	7	34	6,8	0,957	0,020
Termin dojrzwania (liczba dni od 1 maja do dojrzwania) Maturity time (days from May 1 st to maturity)	3	86	2,5	0,618	0,050
Wysokość roślin Plants height (cm)	7	110	6,2	0,971	0,019
Wyrównanie Uniformity score (1–9)	1	7,6	4,5	—	—
Wyleganie Lodging score (1–9)	4	7,4	13,9	0,787	0,034
Mączniak Powdery mildew (score 1–9)	7	7,4	11,5	0,756	0,019
Rdza brunatna Brown rust (score 1–9)	5	8,2	6,9	0,777	0,027
Rdza żółta Yellow rust (score 1–9)	1	8,1	8,4	—	—
Rdza żółta Stem rust (score 1–9)	1	9,0	1,7	—	—
Septorioza liści Leaf septoria (score 1–9)	6	6,9	8,1	0,774	0,023
Septorioza kłosa Ear septoria (score 1–9)	2	7,3	5,6	0,029	0,094
Fusarium kłosa Head blight score (1–9)	1	8,9	3,2	—	—
Masa 1000 ziaren 1000 grains weight (g)	3	50,5	6,6	0,839	0,045
Porastanie kłosów Preharvest sprouting (score 1–9)	1	6,1	22,2	—	—
Liczba sedymentacji Sedimentation value (cm ³)	1	26,7	29,9	—	—
Zawartość białka Proteins content (%)	1	12,8	5,7	—	—
Zawartość glutenu mokrego Wet gluten content (g)	1	27,3	9,6	—	—

W celu poznania zależności pomiędzy plonem a pozostałymi cechami wykonano obliczenia współczynników korelacji (tab. 2). Stwierdzono nieliczne istotne, ale niskiej wartości współczynniki korelacji pomiędzy plonem a badanymi cechami: wysokością roślin (0,232), wyleganiem (0,190), stopniem porażenia kłosów septorią (0,230), zawartością

glutenu (-0,239), zawartością białka (-0,232) (tab. 2). Przedstawione w niniejszej pracy współczynniki korelacji różniły się od podanych w pracy Węgrzyna i wsp. (2002), szczególnie dotyczących zależności plonu od wysokości roślin, masy 1000 ziaren i wczesności kłoszenia.

Tabela 2

Współczynniki korelacji pomiędzy plonem a badanymi cechami pszenicy ozimej
Coefficients of correlation among the crop and investigated traits of the winter wheat

Cechy skorelowane z plonem ziarna Traits correlated with grain yield	Współczynniki korelacji Coefficients of correlation
Mrozoodporność — Winter hardiness	-0,060
Termin kłoszenia — Heading time	0,050
Termin dojrzwania — Maturity time	0,040
Wysokość roślin — Plants height	0,232*
Wyrównanie — Uniformity	0,120
Wyleganie — Lodging	0,190*
Mączniak — Powdery mildew	0,120
Rdza brunatna — Brown rust	0,060
Rdza żółta — Yellow rust	0,080
Rdza żdźbłowa — Stem rust	0,130
Septoria liści — Leaf septoria	0,138
Septoria kłosa — Ear septoria	0,230*
Fusarium kłosa — Head blight	0,080
Masa 1000 ziaren — 1000 grains weight	0,071
Porastanie kłosów — Preharvest sprouting	0,023
Liczba sedymencji — Sedimentation vaule	0,057
Zawartość białka — Proteins content	-0,232*
Zawartość glutenu mokrego — Wet gluten content	-0,239**

Wyniki uzyskane w 2004 roku wskazują, że udało się przełamać niekorzystne współzależności w procesie hodowlanym. Na trudności z połączeniem korzystnych cech w potomstwie zwraca uwagę Węgrzyn (1989) uzasadniając je poglądem, że prawdopodobieństwo wyboru z populacji osobnika łączącego odpowiednie cechy rodziców jest odwrotnie proporcjonalne do wielkości współczynnika korelacji.

Na podstawie współczynników korelacji przeprowadzono 2 analizy ścieżek. Pierwsza wyjaśniała współzależności między plonem a 7 cechami pszenicy ozimej: mrozoodpornością, terminem kłoszenia i dojrzwania, wysokością roślin, porażenie septorią liści, masą 1000 ziaren, odpornością na porastanie. Wykazała ona, że wysoce istotny dodatni bezpośredni wpływ na plon wywiera wysokość roślin (0,393), stopień porażenia liści septoriozą (0,393) oraz wysoce istotny, ale ujemny wpływ wywiera dojrzwania (-0,371) (tab. 3). Ten ostatni zaskakujący bezpośredni efekt był zamaskowany stosunkowo silnym dodatnim, pośrednim efektem porażenia liści septoriozą (0,244), chorobą, która powodując zasychanie liści niekorzystnie skraca okres wegetacji (tab. 3). Uzyskane wyniki są zgodne wykonanymi wcześniej badaniami Pochaby i wsp. (2000), w których analiza ścieżkowa przeprowadzona została w oparciu o 3-letnie doświadczenia z rodami pszenicy ozimej i wykazała również istotny silny bezpośredni wpływ na plon ziarna wysokości roślin i porażenia przez choroby (liści i kłosa). Podobne rezultaty dotyczące silnego bezpośredniego wpływu chorób na wydajność plonu pszenicy ozimej opisali Akanda i wsp.

(1996). W niniejszej pracy nie stwierdzono zależności plonu od mrozoodporności, masy 1000 ziaren i porastania a więc cech, których kosztowną ocenę przeprowadza się w laboratoriach stacji hodowli roślin. Inna analiza ścieżkowa dla pszenicy jarej wykonana przez Drzazgę (2000), również nie wykazała istotnych współczynników korelacji oraz efektów bezpośrednich pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren.

Tabela 3

Efekty bezpośredniego i pośredniego współdziałania pomiędzy wybranymi cechami pszenicy ozimej a plonem

Direct and indirect effects among some traits and winter wheat yielding

Cechy Traits	Efekty bezpośred- nie Directs effects	Efekty pośrednie — Indirect effects							Współczyn- niki korelacji ¹ Coefficients correlation ¹
		mrozood- porność winter hardiness	wysokość plant height	termin kłoszenia heading time	termin dojrzewa- nia maturity time	septoria liści leaf septoria	MTZ TKW	porastanie preharvest sprouting	
Mrozoodporność Winter hardiness	-0,012	—	-0,035	0,005	0,019	-0,051	0,018	-0,004	-0,060
Wysokość Plants height	0,393**	0,001	—	-0,023	-0,163	0,055	-0,022	-0,009	0,232*
Termin kłoszenia Heading time	-0,066	0,001	0,138	—	-0,289	0,224	0,043	-0,001	0,050
Termin dojrzewa- nia Maturity time	-0,371**	0,001	0,173	-0,051	—	0,244	0,052	-0,007	0,040
Septoria liści Leaf septoria	0,393**	0,003	0,056	-0,038	-0,230	—	-0,039	-0,007	0,138
MTZ TKW	-0,180	0,001	0,047	0,016	0,108	0,083	—	-0,004	0,071
Porastanie Preharvest sprouting	0,065	0,001	-0,055	0,001	0,041	-0,039	0,009	—	0,023

¹ Współczynniki korelacji pomiędzy plonem a wybranymi cechami pszenicy ozimej

¹ Coefficients of correlation between grain yield and some traits in winter wheat

** Istotne odpowiednio dla P = 0,05 lub 0,01; Significant at P = 0.05 and 0.01, respectively

Druga analiza ścieżkowa uwzględniała plon i 3 cechy technologiczne. Ujawniła ona między plonem a zawartością białka ujemną współzależność (-0,341**) (tab. 4) i okazała się wyższa od współczynnika korelacji (-0,232*). Ujemna korelacja pomiędzy plonem a zawartością białka tylko nieznacznie maskowana była przez dodatni pośredni wpływ jakości białka wyrażony liczbą sedymentacji (0,213) (tab. 4). Pomiedzy plonem a liczbą sedymentacji stwierdzono bezpośredni związek (0,336**) silniejszy od słabej korelacji ($r = 0,057$), ale jak się okazało pomniejszanej ujemnym pośrednim wpływem zawartości białka (-0,216) (tab. 4). Przeprowadzona analiza nie ujawniła silnego bezpośredniego związku pomiędzy plonem a zawartością glutenu mokrego (-0,106) (tab. 4), związku charakteryzującego się również ujemnym współczynnikiem korelacji (-0,239**).

Tabela 4

Efekty bezpośredniego i pośredniego współdziałania pomiędzy plonem ziarna a cechami jakości wypiekowej pszenicy ozimej**Direct and indirect effects among grain yield and baking traits in winter wheat**

Cechy wyjaśniane Traits explained	Efekty bezpośrednie Direct effects	Efekty pośrednie Indirect effects			Współczynniki korelacji pomiędzy plonem a cechami jakości wypiekowej Coefficients of correlation Between grain yield and baking traits
		liczba sedymentacji sedimentation value	zawartość glutenu mokrego wet gluten content	zawartość białka protein content	
Liczba sedymentacji Sedimentation value	0,336**	—	-0,063	-0,216	0,057
Zawartość glutenu mokrego Wet gluten content	-0,106	0,200	—	-0,333	-0,239**
Zawartość białka Protein content	-0,341**	0,213	-0,104	—	-0,232*

*, ** Istotne odpowiednio dla poziomu $P = 0,05$ lub $0,01$; Significant at $P = 0.05$ and 0.01 , respectively

W tym przypadku wartość współczynnika korelacji (-0,239**) maskował dodatni pośredni efekt liczby sedymentacji (0,200), (tab. 4). Zjawiska te wyjaśniają jak duże znaczenie dla jakości technologicznej pszenicy ozimej ma zawartość białka, cechy podlegające silnym wahaniom spowodowanych wpływem środowiska, na co wskazują badania Bichońskiego (1995) i Cygankiewicza (1995, 1997) i Garcii (2003).

WNIOSKI

1. Analizy statystyczne wykonane w oparciu o wyniki wstępnych doświadczeń polowych i laboratoryjnych 112 rodów pszenicy ozimej umożliwiły ocenę zmienności, genetycznego zróżnicowania i zależności i współzależności 19 ważnych cech rolniczych i technologicznych.
2. Stwierdzono na ogół niską zmienność badanych cech. Wyższe współczynniki zmienności odnotowano dla liczby sedymentacji i porostania kłosów, najniższe dla rdzy żółtobłowej i dojrzewania roślin.
3. Wysokimi współczynnikami genetycznego zróżnicowania h^2 charakteryzowała się większość badanych cech pszenicy ozimej z wyjątkiem porażenia kłosów przez septoriozę. Na tej podstawie można przypuszczać, że badane cechy pszenicy odznaczały się stabilnością i nie podlegały większym wpływom zróżnicowanych warunków właściwych miejscowościom, w których lokalizowano doświadczenia wstępne.
4. Przeprowadzona analiza ścieżkowa wykazała, że pomiędzy badanymi cechami istnieją bezpośrednie i pośrednie wpływy. Bezpośredni wpływ na plon pszenicy wywierały wysokość roślin, dojrzewanie roślin i stopień porażenia liści przez septoriozę.
5. Analiza ścieżkowa dla cech technologicznych wykazała, że pomiędzy plonem a cechami technologicznymi obserwuje się bezpośrednie i pośrednie wpływy. Stwierdzono istotny dodatni bezpośredni związek między plonem a liczbą sedymentacji oraz istotny ujemny z zawartością białka. Efekty pośrednie zawartości białka i liczby sedymentacji wpływały na efekty bezpośrednie pomiędzy plonem a tymi cechami.

LITERATURA

- Akanda S. I., Mundt. C. C. 1996. Path coefficient analysis of the effects of stripe rust and cultivar mixtures on yield and yield components of winter wheat. *Theor. Appl. Gen.* 92/8: 666 — 672.
- Bichoński. A. 1995. Cechy technologiczne wybranych krajowych i zachodnioeuropejskich form pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 193: 19 — 28.
- Cygankiewicz A. 1995. Ocena niektórych cech jakościowych nowych rodów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej. *Biul. IHAR* 194: 139 — 147.
- Cygankiewicz A. 1997. Skuteczność wstępnej oceny ziarna rodów i odmian wzorcowych pszenicy w oparciu o wartość liczby sedimentacji i procentowej zawartości białka w porównaniu do wartości współczynników pełnej oceny. *Biul. IHAR* 204: 237 — 243.
- Deczev. D. 1990. Path analysis of yield components in durum wheat. *Genetica i Selekcija* 23: 213 — 216.
- Dewey D. R., Lu K. H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of creased wheatgrass seed production. *Agron. J.*: 515 — 517.
- Donaldson E., Schillinger, Dofing S. M. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. *Yield Sci.* 41: 100 — 106.
- Drzazga T. 2000. Zastosowanie analizy współczynników ścieżek dla ocen wpływu komponentów plonu pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 216 /2/: 329 — 323.
- Garcia M., Rharrabti D., Villegas C. R., Royo C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions. *Agron. J.* 95: 266 — 274.
- Kadłubiec W., Jedyński S., Lonc W., Strugała J. 1989. Analiza ścieżek Wrighta komponentów plonu linii i mieszańców F₁ pszenicy ozimej. *PNR* 382: 127 — 132
- Ługowska B., Banaszak Z., Wójcik. W., Grzmil W. 2004. Zależność plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźble od jego składowych. *Biul. IHAR* 231: 5 — 10.
- Paroda R. S., Joshi. A. B., Slanki K. R. 1974. Path, coefficient analysis for ear characters in Wheat. *Cereal Research Comm.* 2: 77 — 84.
- Pochaba L., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i współzależność kilku cech pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 216/2/: 261 — 272.
- Sidwell. R. J., Smith E. L., McNew R. W. 1976. Inheritance and interrelationships of grain yield and selected yield-related traits in a Hard Red Winter Wheat cross. *Yield Sci.* 16: 650 — 654.
- Singh D., Singh M., Sharma K. C. 1977. Correlations and path coefficient analysis among flag area yield and yield attributes in wheat. *Cereal Research Comm.* 7: 145 — 152.
- Węgrzyn S. 1989. Możliwości wykorzystania genetyki ilościowej w hodowli roślin. *Biul. IHAR* 171/172: 135 — 142.
- Węgrzyn S., Wojas T., Śmiałowski T. 2002. Zróżnicowania genetyczne oraz współzależność plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 223/224: 77 — 86.