

STANISŁAW WĘGRZYN

TADEUSZ WOJAS

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Uwarunkowania genetyczne oraz współzależności plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

Heritability and interrelationships of yield and certain agronomic traits in winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Na podstawie analizy doświadczeń hodowlanych z rodami pszenicy ozimej omówiono genetyczne uwarunkowanie i współzależności takich cech, jak: plon z poletka, masa 1000 ziaren, liczba dni od 1 maja do kłoszenia, wysokość roślin oraz odporność na choroby grzybowe: mączniak, rdzę brunatną, plamistości liści i septoriozę kłosa. Wszystkie cechy, z wyjątkiem plonu, odporności na plamistości liści i septoriozę kłosa, odznaczały się wysokim współczynnikiem genetycznego uwarunkowania, w granicach 0,78–0,94. Dla trzech ostatnich cech współczynnik ten był średni: od 0,43 do 0,56, przy czym najniższa wartość odnosi się do plonu. Obliczone korelacje miały w większości niskie i średnie wartości; korelacje genotypowe były z reguły nieznacznie wyższe, co oznacza że korelacje fenotypowe były uwarunkowane głównie genotypem roślin. Dla kilku par cech wartości korelacji były statystycznie istotne. Najsilniej skorelowane dodatnio były: odporność na plamistości liści z liczbą dni do kłoszenia, odporność na plamistości liści z odpornością na septoriozę kłosa, plon z masą 1000 ziaren oraz odporność na septoriozę kłosa z wysokością (ta ostatnia zależność jest niekorzystna z punktu widzenia hodowli). Wykazano także ujemną, niezbyt wysoką, lecz statystycznie istotną korelację pomiędzy plonem a liczbą dni do kłoszenia, co oznaczało wyższy plon form wcześniejszych.

Słowa kluczowe: cechy użytkowe, genetyczne uwarunkowanie, pszenica ozima, współzależności cech

Basing on the results of breeding trials with winter wheat strains the heritability and interrelationships of such traits as: grain yield, 1000 kernel weight, number of days from 1st May to heading, plant height and resistance to fungal diseases (powdery mildew, leaf rust, leaf and ear septoriosis). All the traits under study, except grain yield and resistance to leaf and ear septoriosis, showed high heritability coefficient, ranging from 0.78 to 0.94. For the last three mentioned traits this coefficient amounted from 0.43 to 0.56 (the lowest value refers to grain yield). Correlation coefficients, both phenotypic and genotypic, attained medium to low values, although in several cases they were statistically significant. Genotypic correlation values exceeded, as a rule, those of phenotypic correlation; that indicated at the dependence of phenotypic correlation on plant genotype. The highest

positive correlations were shown for the following pairs of traits: resistance to leaf septoria and number of days to heading, resistance to leaf septoria and resistance to ear septoria, grain yield and 1000 kernel weight, resistance to ear septoria and plant height (the latter was disadvantageous to breeding). On the other hand, correlation between yield and number of days to heading was negative, i.e. earlier forms had higher grain yield.

Key words: agronomic traits, heritability, interrelationships, winter wheat

WSTĘP

Znajomość poziomu genetycznego uwarunkowania cech użytkowych oraz korelacji (zwłaszcza genotypowych) pomiędzy nimi ma ogromne znaczenie w hodowli roślin. Ułatwia ona dobór komponentów do krzyżowań z punktu widzenia szans uzyskania korzystnych rekombinantów, a także wybór odpowiedniej metody selekcji i wielkości selekcyjnej populacji (Węgrzyn, 1983). Jeśli poprawiana cecha ma wysoki wskaźnik genetycznego uwarunkowania, można z powodzeniem prowadzić na nią bezpośrednią selekcję, w przeciwnym przypadku należy szukać innej cechy, o lepszej odziedziczalności, silnie skorelowanej z cechą poprawianą, dla prowadzenia selekcji pośredniej. Plon ziarna z poletka, co podkreśla wielu autorów (Fonseca, Patterson, 1968; Ketata i in., 1976; Sidwell i in., 1976; Lonc i in., 1983a; Budak, Yildirim, 1999), charakteryzuje się niską odziedziczalnością, dlatego często prowadzi się selekcję na parametry plonu lub inne cechy o wysokiej odziedziczalności silnie skorelowane z plonem, zwłaszcza wtedy, gdy współczynniki korelacji genotypowej mają wysoką i statystycznie istotną wartość oraz badana cecha wywiera na plon bezpośredni wpływ, określony analizą ścieżkową (Węgrzyn, 1983). Znajomość korelacji pozwala także przewidzieć, które cechy w trakcie selekcji na daną cechę mogą się równocześnie poprawiać lub pogarszać. Jak wykazał Falconer (1960), można przewidzieć zmiany cechy nieselekcyjowanej, jeśli znamy wielkość korelacji pomiędzy cechą selekcyjowaną a nieselekcyjowaną i współczynniki odziedziczalności obu cech. Ponadto jeśli stwierdzamy istnienie silnych korelacji, niekorzystnych z hodowlanego punktu widzenia, poszukujemy genotypów, u których te zależności będą przełamane. Postęp w hodowli jest właśnie w dużej mierze uzależniony od możliwości przełamywania niekorzystnych korelacji, czyli sprzężeń pomiędzy genami. Dotychczas większość autorów badała współzależności pomiędzy plonem a jego różnymi parametrami, takimi jak: masa ziaren z kłosa, liczba ziaren z kłosa, masa 1000 ziaren, liczba kłosów z rośliny, całkowita biomasa roślin, indeks późniwny, długość kłosa, liczba kłosków w kłosie, wysokość roślin, także pomiędzy plonem a niektórymi cechami jakości wypiekowej, natomiast rzadziej pomiędzy plonem a innymi cechami, jak np. odpornością na choroby, odpornością na wyleganie czy zimotrwałością.

Celem niniejszej pracy było określenie genetycznego uwarunkowania (odpowiednik wskaźnika odziedziczalności w klasycznym znaczeniu) oraz współzależności plonu i kilku cech, związanych z plonem i odpornością na choroby grzybowe.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło pięć zestawów doświadczeń hodowlanych (międzyzakładowe, przedwstępne i wstępne) z rodami pszenicy ozimej, przeprowadzonych w latach 1993–1999. Każdy zestaw, obejmujący 15–19 genotypów (rody i wzorce), był badany w wymienionych doświadczeniach przez trzy kolejne lata w trzech miejscowościach. Kombinacje lat z miejscowościami zostały potraktowane łącznie jako środowiska. W ten sposób otrzymaliśmy po dziewięć środowisk dla każdego zestawu. Badaniami objęto osiem cech, tj. plon ziarna, masa 1000 ziaren, liczba dni od 1 maja do kłoszenia, wysokość roślin oraz odporność na mączniak, rdzę brunatną, plamistość liści i choroby kłosa.

Dla każdego zestawu i każdej cechy przeprowadzono analizę wariancji według dwukierunkowej klasyfikacji, rozdzielając zmienność całkowitą na składnik związany ze środowiskami, składnik wynikający z różnic genetycznych między genotypami i pozostały składnik, będący interakcją genotypu ze środowiskiem. Ten ostatni składnik posłużył jako mianownik dla testu F przy weryfikacji hipotez o składnikach głównych. Ze średnich kwadratów dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej oszacowano współczynniki genetycznego uwarunkowania cech (H), jako odpowiedniki współczynników odziedziczalności (h^2), według wzoru podanego przez Bakera i wsp. (1968), czyli

$$H = (m_1 - m_2)/m_1,$$

gdzie H jest współczynnikiem genetycznego uwarunkowania cechy,

m_1 i m_2 są średnimi kwadratami odpowiednio dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej. Błąd standardowy współczynnika H obliczono według Hallauera i Mirandy (1995). Następnie dla każdej cechy obliczono ważony współczynnik genetycznego uwarunkowania i błąd standardowy ze wszystkich zestawów doświadczeń.

Te same składniki analizy wariancji posłużyły do obliczenia korelacji fenotypowych i genotypowych między badanymi cechami. Do obliczeń współczynników korelacji posłużono się wzorami Bakera i wsp. (1968). Kolejność obliczeń była taka sama, jak przy oszacowywaniu współczynnika genetycznego uwarunkowania cech. Aby ocenić, jak duża jest interakcja genotypowo-środowiskowa, wyrażono ją w procentach średniej arytmetycznej w postaci współczynnika zmienności (CV). Wartość CV do 5% wskazuje, że średni kwadrat dla interakcji genotypowo-środowiskowej jest uwarunkowany wyłącznie przyczynami losowymi, natomiast wyższe wartości CV są powodowane obecnością tej interakcji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji przeprowadzona dla plonu i badanych cech (tab. 1) wykazała wysoce istotne zróżnicowanie środowisk pod względem wszystkich badanych cech, w większości przypadków także istotne zróżnicowanie genotypów. Jedynie dla plonu stwierdzono brak różnic między genotypami w pierwszych trzech zestawach doświadczeń, przy stosunkowo

dużym błędzie, który obejmował zarówno interakcję pomiędzy obiektami a środowiskiem, jak i błąd losowy doświadczenia.

Tabela 1

Analiza wariancji dla plonu i badanych cech 5 zestawów doświadczeń z rodami pszenicy ozimej
Analysis of variance for yield and the investigated traits in 5 sets of trials with winter wheat strains

Cecha Trait	Źródło zmienności Source of variation	Zestaw 1 Set 1		Zestaw 2 Set 2		Zestaw 3 Set 3		Zestaw 4 Set 4		Zestaw 5 Set 5	
		st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square
Plon Yield	Środowiska (E) Environments	8	5496,9**	8	4534,5**	8	1866,1**	8	998,2**	8	1800,9**
	Genotypy (G) Genotypes	18	68,70	17	58,00	14	32,92	14	70,40**	17	81,42**
	G × E	144	55,61	136	35,54	112	59,99	112	25,04	136	37,97
	CV (%)	11,08		7,56		10,68		6,10		7,41	
MTZ	Środowiska (E) Environments	7	183,70**	8	326,87**	8	375,63**	8	106,62**	8	128,29**
	Genotypy (G) Genotypes	18	72,48**	17	40,09**	14	50,12**	14	53,74**	17	48,62**
	G × E	126	12,16	136	9,80	112	8,81	112	6,78	136	6,69
	CV (%)	8,47		7,04		6,55		5,68		5,51	
LDK	Środowiska (E) Environments	8	753,92**	8	653,99**	8	308,22**	8	66,41**	8	267,42**
	Genotypy (G) Genotypes	18	16,05**	17	19,50**	14	31,07**	14	29,09**	17	27,29**
	G × E	144	1,17	136	1,19	112	2,13	112	1,67	136	1,52
	CV (%)	3,00		2,86		3,67		3,64		3,66	
WYS	Środowiska (E) Environments	8	2036,5**	8	1623,6**	8	2121,2**	8	1697,6**	8	918,01**
	Genotypy (G) Genotypes	18	275,29**	17	387,20**	14	178,38**	14	86,76**	17	256,81**
	G × E	144	25,19	136	32,52	112	21,79	112	16,68	136	19,43
	CV (%)	5,05		5,85		4,51		4,13		4,34	
MAC	Środowiska (E) Environments	8	1336,2**	8	439,57**	8	1987,2**	8	1330,0**	8	1364,9**
	Genotypy (G) Genotypes	18	129,07**	17	131,25**	14	146,57**	14	228,72**	17	146,07**
	G × E	144	32,44	136	28,42	112	24,51	112	50,88	136	33,96
	CV (%)	9,64		8,83		8,08		11,31		8,72	
RBR	Środowiska (E) Environments	8	2950,0**	8	2260,3**	8	3459,9**	8	3213,7**	8	1765,9**
	Genotypy (G) Genotypes	18	143,78**	17	220,89**	14	435,26**	14	191,35**	17	368,82**
	G × E	144	56,67	136	45,95	112	63,69	112	33,80	136	31,63
	CV (%)	11,26		11,00		13,82		11,23		10,57	
PLL	Środowiska (E) Environments	8	498,62**	8	609,35**	8	826,11**	8	965,93**	8	660,68**
	Genotypy (G) Genotypes	18	79,86**	17	43,93**	14	35,79**	14	38,47	17	25,45
	G × E	144	24,24	136	11,40	112	12,66	112	22,22	136	21,99
	CV (%)	8,34		6,12		6,33		8,46		8,25	
CHK	Środowiska (E) Environments	8	1160,5**	8	630,26**	8	233,80**	8	307,95**	8	1634,4**
	Genotypy (G) Genotypes	18	67,81*	17	56,99**	14	132,44**	14	39,05*	17	38,77**
	G × E	144	39,68	136	23,78	112	27,81	112	20,37	136	15,85
	CV (%)	10,24		7,94		8,78		7,26		6,02	

* Istotne na poziomie p = 0,05

* Significant at p = 0.05

** Istotne na poziomie p = 0,01

** Significant at p = 0.01

MTZ — Masa 1000 ziaren — 1000 grain weight

LDK — Liczba dni od 1 maja do kłoszenia — No. of days from May 1st to heading

WYS — Wysokość roślin — Plant height

MAC — Odporność na mączniaka — Resistance to powdery mildew

RBR — Odporność na rdzę brunatną — Resistance to leaf rust

PLL — Odporność na plamistości liści — Resistance to leaf septoria

CHK — Odporność na choroby kłosa — Resistance to ear septoria

Stosunkowo wysoki współczynnik zmienności plonu wskazywał właśnie na obecność tej interakcji, co może wyjaśniać brak istotnego zróżnicowania genotypów. Nieistotną zmienność badanych genotypów wykazała również cecha odporności na plamistość liści w zestawach czwartym i piątym, na co również mogła mieć wpływ interakcja genotypowo-środowiskowa. Dla pozostałych cech we wszystkich zestawach stwierdzono zróżnicowanie genotypów (rodów) istotne na poziomie $p = 0,01$, a tylko dla chorób kłosa w dwóch zestawach na poziomie $p = 0,05$.

Dla badanych cech współczynnik genetycznego uwarunkowania (H) był zróżnicowany (tab. 2). Najwyższą wartość wykazywał dla wczesności kłoszenia, wahał się od 0,927 do 0,944, przyjmując wartość średnią 0,937. Uzyskane wartości zbliżone są do wykazywanych przez innych autorów, analizujących zarówno pszenicę ozimą, jak i jarą (Fonseca, Patterson, 1968; Bhatt, 1972; Ketata i in., 1976; Sidwell i in., 1978; Ehdaie, Waines, 1989; Pochaba, Węgrzyn, 2000). Również wysoki współczynnik H miała wysokość roślin — 0,890 (0,808–0,924). W badaniach innych autorów cecha ta wykazywała średnio wysoką lub wysoką odziedziczalność — od 0,49 u Węgrzyna i Pochaby (1981), do 0,88 u Pochaby i Węgrzyna (2000). Masa 1000 ziaren i odporność na rdzę brunatną także należały do cech o wysokim współczynniku H , odpowiednio 0,828 (0,756–0,874) oraz 0,793 (0,606–0,914), przy czym wahania współczynnika genetycznego uwarunkowania dla odporności na rdzę brunatną wynikały częściowo z niejednakowego nasilenia tej choroby w różnych latach obserwacji i przy małym nasileniu współczynnik ten przyjmował niższe wartości. Wysokie wartości H dla masy 1000 ziaren otrzymali Baker i wsp. (1968), Bhatt (1972), Ehdaie i Waines (1989) oraz Pochaba i Węgrzyn (2000) — w granicach 0,77–0,93. Średnio wysoką odziedziczalność MTZ stwierdzili natomiast Ketata i wsp. (1976), Jedyński i Lonc (1983), Lonc i wsp. (1983b) — w granicach 0,26–0,78, Sidwell i wsp. (1976, 1978) — od 0,50 do 0,65 oraz Węgrzyn i Pochaba (1981) — od 0,47 do 0,79. Stosunkowo niską odziedziczalność tej cechy stwierdzili Fonseca i Patterson (1968), zwłaszcza w pokoleniu F_1 . Białowas i Lonc (1983) wykazali szeroki zakres wahań odziedziczalności tej cechy w pokoleniu F_2 — od 0,02 do 0,61. U pszenicy jarej Sayed (1978) stwierdził dość znaczną odziedziczalność MTZ w szerszym sensie, lecz niską — w wąskim sensie, co wskazuje na duże znaczenie genów nieaddytywnych w dziedziczeniu tej cechy. Nieliczne dane dotyczące odziedziczalności odporności na rdzę brunatną, również oparte na obserwacjach rodów w doświadczeniach hodowlanych, wskazują na niezbyt wysokie wartości współczynnika H (Węgrzyn i in., 1994; Pochaba, Węgrzyn, 2000), w granicach 0,46–0,69, a więc wyraźnie niższe niż uzyskane przez autorów. Podobnie niewiele jest doniesień o odziedziczalności odporności na inne choroby. W przypadku mączniaka stwierdzono przeważnie wysokie wartości współczynnika H : Lonc i wsp. (1989) uzyskali $H = 0,81$, Węgrzyn i wsp. (1994) od 0,53 do 0,80, a Pochaba i Węgrzyn (2000) nawet 0,98, co zasadniczo odpowiada wartościom uzyskanym w naszych badaniach. W przypadku pozostałych chorób (kłosa i liści) odziedziczalność była wyraźnie niższa i zróżnicowana w latach: dla chorób kłosa (głównie septorioza) współczynnik H wyniósł 0,565 (przy wahaniami od 0,415 do 0,790), a dla plamistości liści 0,530 (0,136–0,740). Niską odziedziczalność odporności na septoriozę kłosa wykazali Lonc i wsp. (1989) — 0,29 oraz Pochaba i Węgrzyn (2000) — 0,27. Ostatni autorzy stwierdzili także

dość niską odziedziczalność septoriozy liści — 0,35. Znaczne zróżnicowanie odziedziczalności odporności na plamistości liści było prawdopodobnie rezultatem doboru materiału badawczego, pewne znaczenie mógł mieć też stopień porażenia tymi chorobami (wpływ środowiska).

Tabela 2

Średnie wartości i współczynniki genetycznego uwarunkowania (H) badanych cech pszenicy ozimej
Mean values and heritability coefficients (H) of the investigated traits

Cecha Trait	Wartość średnia cechy Mean value	Średnie współczynniki genetycznego uwarunkowania (H) Mean values of heritability coefficients
Plon Yield	76,78 (67,28–83,11)*	0,427 ± 0,038 (0,190–0,644)*
MTZ	44,73 (41,17–46,94)	0,828 ± 0,038 (0,756–0,874)
LDK	36,6 (33,7–39,7)	0,937 ± 0,037 (0,927–0,944)
WYS	100,1 (97,5–103,5)	0,890 ± 0,037 (0,808–0,924)
MAC	7,02 (6,62–7,61)	0,780 ± 0,037 (0,749–0,833)
RBR	6,47 (5,55–7,61)	0,793 ± 0,038 (0,606–0,914)
PLL	6,27 (6,06–6,61)	0,530 ± 0,038 (0,136–0,740)
CHK	7,04 (6,76–7,52)	0,565 ± 0,037 (0,415–0,790)

* W nawiasach podano uzyskane zakresy wartości

* Obtained ranges of values are given in parentheses

Oznaczenia cech jak w tabeli 1

Trait symbols as in table 1

Większość badaczy, którzy analizowali współzależności pomiędzy różnymi cechami pszenicy zwyczajnej, koncentrowała się na związkach plonu i jego parametrów, a także parametrów plonu i cech wartości wypiekowej, rzadziej natomiast badano wpływ chorób na parametry plonu i wartości wypiekowej. Spośród analizowanych zależności pomiędzy plonem i pozostałymi badanymi cechami, istotną dodatnią korelację, zarówno fenotypową jak i genotypową, wykazano dla plonu i masy 1000 ziaren (tab. 3). Korelacja fenotypowa miała średnią, a genotypowa niską wartość, przy czym pierwsza z nich była prawie dwukrotnie wyższa, co wskazuje na podobne oddziaływanie genotypów i środowiska na badaną zależność. Inni autorzy dla tej zależności podają prawie zawsze dodatnie wartości, przeważnie statystycznie istotne (Baker i in., 1968; Fonseca, Patterson, 1968; Knott, Talukdar, 1971; Sidwell i in., 1976; Virk i in., 1977; Kadłubiec i in., 1989), czasami również nieistotne (Ehdaie, Waines, 1989; Singh i in., 1998; Budak, Yildirim, 1999; Pochaba, Węgrzyn, 2000). Jednak istotność stwierdzano wyłącznie na poziomie fenotypowym, a nie genotypowym, co oznaczało duży wpływ środowiska na tę zależność. Zdaniem wielu autorów korelacja pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren wynika przede wszystkim z bezpośredniego wpływu tej cechy na plon, co stwierdzano na drodze analizy ścieżkowej. Warto zaznaczyć, że spośród badanych w licznych pracach zależności

pomiędzy plonem a jego parametrami, tylko liczba kłosów z rośliny (bądź poletka) wykazywała z reguły silniejszy wpływ na plon niż masa 1000 ziaren (Fonseca, Patterson, 1968; Sidwell i in., 1976; Virk i in., 1977; Ehdaie, Waines, 1989; Singh i in., 1998).

Tabela 3

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy cechami użytkowymi pszenicy ozimej
Phenotypic and genetic correlations between agronomy traits of winter wheat

Cecha Trait	Plon Yield	MTZ	LDK	WYS	MAC	RBR	PLL	CHK
Plon Yield		0,40**	-0,23*	-0,13	-0,01	0,03	-0,12	0,01
MTZ	0,22*		0,02	0,21	-0,01	0,04	0,11	0,00
LDK	-0,30**	0,04		0,01	-0,13	0,13	0,49**	0,06
WYS	0,02	0,25*	0,01		-0,07	0,05	0,17	0,29**
MAC	-0,16	-0,01	-0,15	-0,07		0,04	0,13	0,16
RBR	0,38**	0,28*	0,14	0,07	0,03		0,20	0,14
PLL	0,02	0,00	0,73**	0,26*	0,03	0,34**		0,32**
CHK	0,04	-0,01	0,10	0,41**	0,23*	0,13	0,44**	

Korelacje fenotypowe — powyżej przekątnej

Phenotypic correlations — above the diagonal

Korelacje genotypowe — poniżej przekątnej

Genetic correlations — below the diagonal

Oznaczenia cech jak w tabeli 1

Trait symbols as in table 1

Inną, statystycznie istotną, lecz ujemną korelację stwierdzono pomiędzy plonem a wczesnością wyrażoną liczbą dni od 1 maja do kłoszenia zarówno na poziomie fenotypowym, jak i genotypowym. Zależność ta była korzystna z hodowlanego punktu widzenia: formy wcześniejsze plonowały przeciętnie lepiej niż późniejsze. Uzyskany rezultat jest częściowo zgodny z wynikami uzyskanymi przez niektórych badaczy (Fonseca, Patterson, 1968), gdzie plon był istotnie ujemnie skorelowany z wczesnością kłoszenia, która wywierała na plon zasadniczo pośredni wpływ poprzez takie parametry jak: masa 1000 ziaren, liczba kłosów na poletku oraz liczba ziaren z kłosa. Singh i wsp. (1998) uzyskali odwrotny rezultat — plon był tu istotnie dodatnio skorelowany z terminem kłoszenia. Jednak w większości przypadków dane z literatury wskazują na brak istotnej zależności tych cech (Kassem, 1978; Ehdaie, Waines, 1989; Pochaba, Węgrzyn, 2000), choć częściej spotyka się wartości dodatnie, wskazujące na generalnie wyższy plon form późniejszych. Stąd można wnioskować, że te zróżnicowane wyniki badań nad omawianą zależnością wskazują na duży wpływ użytego materiału badawczego.

Korelacje pomiędzy plonem a wysokością fenotypowe, jak i genotypowe, okazały się nieistotne. W literaturze spotyka się skrajne zróżnicowanie tej zależności: ujemne wartości uzyskali Ehdaie i Waines (1989) oraz Singh i wsp. (1998), natomiast dodatnie Virk i wsp. (1977), Kadłubiec i wsp. (1989), a także Budak i Yildirim (1999). Kassem (1978) również stwierdził wysoce istotną dodatnią korelację fenotypową pomiędzy tymi cechami, przy jednoczesnej ujemnej korelacji genotypowej, co wskazywało na obecność silnej interakcji genotypowo-środowiskowej. Z przytoczonych wyników badań wynika, że znak rozpatrywanej korelacji nie miał związku z formą ozimą lub jaram, natomiast często uwidaczniał się tu silny wpływ bądź analizowanego materiału badawczego, bądź też środowiska.

Wpływ odporności na choroby na poziom plonowania okazał się w zasadzie nieistotny, zwłaszcza w przypadku korelacji fenotypowych. Jedynie wyraźnie uwidocznił się związek plonu z odpornością na rdzę brunatną na poziomie genotypowym (tab. 3). Oznaczało to potencjalnie wyższą plenność rodów posiadających niektóre geny odporności na tę chorobę. Pochaba i Węgrzyn (2000) wykazali istotny, głównie bezpośredni, korzystny wpływ odporności na septoriozy kłosa i liści na wielkość plonu, natomiast nie stwierdzili istotnego związku plonu z odpornością na mączniak i rdzę brunatną. O ile nasze badania wykazują jednak pewne znaczenie odporności na rdzę brunatną, to potwierdza się brak zależności pomiędzy plonem a odpornością na mączniaka.

Zwraca uwagę dodatnia, choć niska, korelacja masy 1000 ziaren z wysokością roślin, istotna tylko w sensie genotypowym. Jest to częściowo zgodne z wynikami badań Fonseki i Pattersona (1968), którzy stwierdzili istotną zależność pomiędzy tymi cechami, ale tylko w pokoleniu F₂. Odmienne rezultaty uzyskali Ehdaie i Waines (1989), którzy także stwierdzili istotną korelację, ale o znaku ujemnym. Inni autorzy (Singh i in., 1998; Budak, Yildirim, 1999) nie stwierdzili istotnej zależności pomiędzy tymi cechami. Nie wykazano istotnej zależności pomiędzy masą 1000 ziaren a liczbą dni do kłoszenia, podczas gdy w badaniach niektórych autorów (Fonseca, Patterson, 1968; Singh i in., 1998) korelacja ta była wysoce istotna i ujemna, co oznaczało, że formy kłoszące się wcześniej miały wyższą masę 1000 ziaren. Stwierdzono istotną i dodatnią, chociaż także niską, genotypową korelację masy 1000 ziaren z odpornością na rdzę brunatną, przy braku korelacji na poziomie fenotypowym, co przy wysokim współczynniku genetycznego uwarunkowania obu cech, wskazywało na maskujący wpływ środowiska na tę zależność.

Stwierdzono dodatnią korelację odporności na plamistości liści z liczbą dni do kłoszenia, średnio wysoką o charakterze fenotypowym, a wysoką o charakterze genotypowym, co oznaczało większą odporność form późno kłoszących się, uwarunkowaną przede wszystkim genetycznie. Wykazano również dodatnią zależność pomiędzy odpornością na choroby kłosa i liści (wywołane głównie przez patogeny z rodzaju *Septoria* spp.) a wysokością roślin, wyraźniejszą na poziomie genotypowym. Zależności te są niekorzystne dla hodowli i przy selekcji w kierunku wczesności i skróceniu żdźbła należy zwracać baczną uwagę na porażanie materiału hodowlanego przez te patogeny.

Pomiędzy cechami odporności na choroby występowały na ogół dodatnie korelacje o stosunkowo niskich wartościach, w kilku przypadkach statystycznie istotne (zwłaszcza genotypowe), dla takich par cech jak: odporność na mączniaka i choroby kłosa, rdzę brunatną i plamistości liści oraz plamistości liści i choroby kłosa. Spośród wymienionych par cech, najsilniejszy związek występował pomiędzy plamistościami liści a chorobami kłosa, co można tłumaczyć powodowaniem tych chorób przez te same lub pokrewne patogeny, a w związku z tym podobnym genetycznym podłożem mechanizmów odpornościowych.

WNIOSKI

1. Najwyższą odziedziczalnością charakteryzowały się liczba dni do kłoszenia oraz wysokość roślin. Wysoką odziedziczalność (0,606–0,914) wykazywały ponadto masa

- 1000 ziaren, odporność na mączniak i rdzę brunatną. Pozostałe badane cechy (plon, odporność na plamistość liści i choroby kłosa) odznaczały się przeważnie niską i zmienną odziedziczalnością (0,136–0,790), przy czym plon — przeciętnie najniższą.
2. W kilkunastu przypadkach wykazano istnienie istotnych współzależności pomiędzy badanymi cechami. Najściślej skorelowane dodatnio były odporność na plamistość liści z liczbą dni do kłoszenia, co oznacza że formy późniejsze okazały się bardziej odporne na te patogeny. Istotne dodatnie zależności stwierdzono ponadto pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren, masą 1000 ziaren a wysokością, odpornością na choroby kłosa a wysokością, odpornością na choroby kłosa a odpornością na mączniaka, odpornością na rdzę brunatną a odpornością na plamistość liści oraz pomiędzy odpornością na choroby kłosa a odpornością na plamistość liści. Natomiast pomiędzy plonem a wczesnością wykazano istotną ujemną korelację (formy wcześniejsze były z reguły plenniejsze).
 3. Dla istotnych korelacji wartość genotypowa była przeważnie wyższa od fenotypowej, lecz tego samego znaku, co wskazywało na niewielki wpływ środowiska bądź nie-addytywnych form działania genów na badane zależności. Jedynie w przypadku plonu i odporności na rdzę brunatną wpływ tych czynników był wyraźny.

LITERATURA

- Baker R. J., Bendelow V. M., Kaufmann M. L. 1968. Inheritance and interrelationships among yield and several quality traits in common wheat. *Crop Sci.* 8: 725 — 728.
- Bhatt G. M. 1972. Inheritance of heading date, plant height, and kernel weight in two spring wheat crosses. *Crop Sci.* 12: 95 — 98.
- Budak N., Yildirim M. B. 1999. Correlations among the yield and yield components at segregating populations derived from selection based on harvest index in bread wheat. *Cereal Res. Commun.* 27: 267 — 272.
- Ehdaie B., Waines J. G. 1989. Genetic variation, heritability and path-analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. *Euphytica* 41: 183 — 190.
- Falconer D., S. 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver and Boyd, London.
- Fonseca S., Patterson F. L. 1968. Yield component heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Sci.* 8: 614 — 617.
- Hallauer A. R., Miranda J. B. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ., Ames.
- Jedyński S., Lonc W. 1983. Odziedziczalność i efekty genowe cech użytkowych mieszańców pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 290: 193 — 200.
- Kassem A. A. 1978. Genetic analysis and inter-relationships of quantitative characters in spring wheat. *Alex. J. Agric. Res.* 26: 333 — 342.
- Ketata H., Edwards L. H., Smith E. L. 1976. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. *Crop Sci.* 16: 19 — 22.
- Knott D. R., Talukdar B. 1971. Increasing seed weight in wheat and its effect on yield, yield components, and quality. *Crop Sci.*, 11: 280 — 283.
- Lonc W., Białowas S., Choma K., Krupa F. 1989. Zastosowanie taksonomii wrocławskiej do oceny wartości hodowlanej kilku odmian pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, Z. 382: 119 — 125.
- Lonc W., Malawko-Murawska Z., Strugała J. 1983 a. Odziedziczalność i postęp genetyczny cech ilościowych mieszańców F₂ pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* Z. 290: 159 — 167.
- Lonc W., Malawko-Murawska Z., Strugała J. 1983 b. Zmienność i odziedziczalność masy 1000 ziarn i liczby opadania mieszańców pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 290: 229 — 243.

- Pochaba L., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i współzależność kilku cech pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 216: 261 — 266.
- Sayed H. I. 1978. Inheritance of five quantitative characters of bread wheat. *Theor. Appl. Genet.* 52: 73 — 76.
- 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. *Crop Sci.* 16: 650 — 654.
- Sidwell R. J., Smith E. L., McNew R. W. 1978. Heritability and genetic advance of selected agronomic traits in a winter wheat cross. *Cereal Res. Commun.* 6: 103 — 111.
- Singh R. P., Rajaram S., Miranda A., Huerta-Espino J., Autrique E. 1998. Comparison of two crossing and four selection schemes for yield, yield traits, and slow rusting resistance to leaf rust in wheat. *Euphytica* 100: 35 — 43.
- Virk D. S., Aulakh H. S., Pooni H. S. 1977. A path coefficient analysis of grain yield in three bread wheat crosses. *Cereal Res. Commun.* 5: 31 — 39.
- Węgrzyn S. 1983. Znaczenie korelacji w hodowli roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 290: 15 — 21.
- Węgrzyn S., Strzembicka A., Gajda Z. 1994. Variability of the winter wheat breeding materials with respect to their reaction to leaf rust and powdery mildew. *Genet. Pol.* 35 B: 241 — 245.