

TADEUSZ WOJAS**MAGDALENA GUT**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Współzależności pomiędzy odpornością na porastanie a innymi cechami użytkowymi pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

Interrelationships between preharvest sprouting and some agronomic traits in winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

W oparciu o rezultaty doświadczeń z kolekcją roboczą pszenicy ozimej, przeprowadzonych metodą wzorcową w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział w Krakowie w latach 1998/99, 1999/2000 i 2000/01, analizowano zmienność i genetyczne uwarunkowanie odporności na porastanie, a także fenotypowe i genotypowe współzależności tej cechy i 8 innych cech użytkowych pszenicy ozimej, tj. masy 1000 ziaren, liczbę dni do kłoszenia i dojrzewania, wysokości roślin oraz odporności polowej na mączniak, rdzę brunatną, septoriozę liści i septoriozę kłosa. Wykazano wysokie genetyczne uwarunkowanie badanej cechy: współczynnik genetycznego uwarunkowania osiągnął wartość 0,78. Odporność na porastanie dla 31 odmian i rodów charakteryzowała się bardzo dużą zmiennością - współczynnik zmienności w poszczególnych latach przyjmował wartości od 20,6% do 53,9%, przy czym większość badanych form wykazywała niską odporność. Średnie wartości cechy wynosiły w latach odpowiednio 3,48, 3,66 i 6,17 w skali bonitacyjnej od 1 do 9. Stwierdzone korelacje miały niskie i statystycznie nieistotne wartości w zakresie od -0,17 do 0,29. Uzyskano dodatnie wartości korelacji z terminem kłoszenia i dojrzewania oraz z wysokością roślin, natomiast z masą 1000 ziaren, odpornością na rdzę brunatną i septoriozę kłosa odporność na porastanie korelowała ujemnie.

Słowa kluczowe: cechy użytkowe, porastanie przedzniwne, pszenica ozima, współzależności

Variability, heritability and phenotypic/genetic correlations of preharvest sprouting with certain agronomic traits (1000 kernel weight, plant height, heading and maturity date, resistance to four fungal diseases: powdery mildew, leaf rust, leaf and ear septoria) were analysed basing on the results of field trials carried out with 31 genotypes of winter wheat in one locality through three years (1999–2001). Preharvest sprouting showed very high variability, coefficients ranging from 20.6 to 53.9% depending on a year, but the mean resistance was low — 3.48, 3.66 and 6.17 respectively, in the 1–9 scale. The coefficient of heritability was high and scored 0.78. The obtained phenotypic and genetic correlations between preharvest sprouting resistance and the remained traits were low and insignificant, attaining a maximal value of 0.29 in case of date of heading. The resistance to preharvest sprouting tended to be unfavourably connected with the plant height, 1000 kernel weight, resistance to leaf rust and ear septoria.

Key words: agronomy traits, correlations, preharvest sprouting, winter wheat

WSTĘP

W niektórych regionach uprawy pszenicy na świecie osiągnięcie zadowalającego poziomu odporności na porastanie jest jednym z głównych celów twórczej hodowli tego gatunku (Derera i in., 1977). W warunkach klimatycznych Polski również występuje problem przedźniwnego porastania ziarna zbóż, w tym także pszenicy. Niska odporność odmian na niekorzystny układ warunków pogodowych w okresie żniw, kiedy deszcze opóźniają termin zbioru, powoduje nasilone wystąpienie tego zjawiska, a w efekcie straty ekonomiczne, będące skutkiem obniżenia jakości mąki z ziarna, w którym nastąpił częściowy rozkład skrobi, spowodowany uaktywnieniem enzymów amylolitycznych. Szacuje się, że straty z tego tytułu mogą sięgać do 10% wyprodukowanego ziarna (Węgrzyn i in., 1991). Już pobieżna analiza odporności odmian i rodów, stanowiących materiał wyjściowy do krzyżowań hodowlanych, testowanych w kolekcji roboczej pszenicy ozimej, prowadzonej w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin wykazuje, że tylko niewielki procent tych form jest odpornych na porastanie w zadowalającym stopniu. Odbija się to niekorzystnie na jakości rodów wyhodowanych na bazie materiału kolekcyjnego. Z danych Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych wynika, że wśród 35 rodów hodowlanych pszenicy ozimej, ocenianych w latach 1997–1999 w ramach doświadczeń przed-rejestrowych, brak było rodów odpornych na porastanie. Pięć z nich można było zaliczyć do średnio odpornych, a pozostałe trzydzieści należało uznać za porastające lub silnie porastające (Kaczyński, 2000). Poprawa odporności na porastanie stanowi zatem istotny element prac hodowlanych. W tym celu potrzeba z jednej strony znajomości sposobu dziedziczenia, genetycznego uwarunkowania (odziedziczalności) i ewentualnych współzależności z innymi cechami rolniczymi, z czego wynikają odpowiednie metody selekcji, z drugiej — dysponowania materiałem o wysokiej odporności (Gut i in., 1997). Głównym celem prowadzonych badań było określenie fenotypowych i genotypowych współzależności odporności na porastanie z ważnymi cechami rolniczymi, to jest: wczesnością mierzoną liczbą dni od 1 maja do kłoszenia i dojrzewania, wysokością roślin, odpornością na choroby oraz masą tysiąca ziaren. Badano także zmienność i genetyczne uwarunkowania odporności na porastanie.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 31 odmian i rodów pszenicy ozimej wchodzących w skład kolekcji roboczej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w latach 1999–2001. Doświadczenia przeprowadzono metodą wzorcową na poletkach o powierzchni 1 m², przy standardowym poziomie nawożenia. Obserwacje wczesności mierzonej liczbą dni od 1 maja do kłoszenia i dojrzewania, wysokości roślin i odporności na choroby wykonano w polu w okresie wegetacji, a masę tysiąca ziaren wyliczono w laboratorium, po zbiorze ziarna. Odporność na porastanie określano w warunkach prowokacyjnych metodą Schmidta (Gut i in., 1997) w skali bonitacyjnej od 1 do 9 (1 — całkowity brak odporności, 9 — pełna odporność). W roku 2001 na skutek długotrwałych opadów w okresie

przedziniwnym, wszystkie badane formy porastały na poletkach, co spowodowało, że odporność na porastanie oznaczano obliczając procent ziaren porośniętych w kłosie, przeliczając następnie te wartości na skalę bonitacyjną. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do obliczenia zmienności, genetycznego uwarunkowania, a także korelacji fenotypowych i genotypowych odporności na porastanie i pozostałych cech. Współczynnik genetycznego uwarunkowania (H), będący odpowiednikiem współczynnika odziedziczalności (h^2), oszacowano ze średnich kwadratów dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej z analizy wariancji, według wzoru podanego przez Kearsaya i Poonie'go (1996):

$$H = \frac{S_1^2 - S_2^2}{S_1^2},$$

gdzie S_1^2 i S_2^2 są średnimi kwadratami odpowiednio dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej.

Błąd standardowy współczynnika H obliczono według Hallauera i Mirandy (1995), a korelacje fenotypowe i genotypowe według Upadhyay i Paulsen (1988).

WYNIKI I DYSKUSJA

W latach 1999 i 2000 średnia odporność na porastanie była niska i wyniosła odpowiednio 3,48 i 3,66 w dziewięciostopniowej skali bonitacyjnej. Jedynie w roku 2001 obserwowano wyższe wartości, przy średniej 6,17 (tab. 1).

Tabela 1

Średnie i współczynniki zmienności odporności na porastanie w kolejnych latach badań
Mean values and coefficients of variability for resistance to preharvest sprouting in subsequent years of study

	1999 Rok — Year	2000 Rok — Year	2001 Rok — Year
Średnia wartość Mean value	3,48	3,66	6,17
Współczynnik zmienności (%) Coefficient of variability (%)	53,9	43,1	20,6

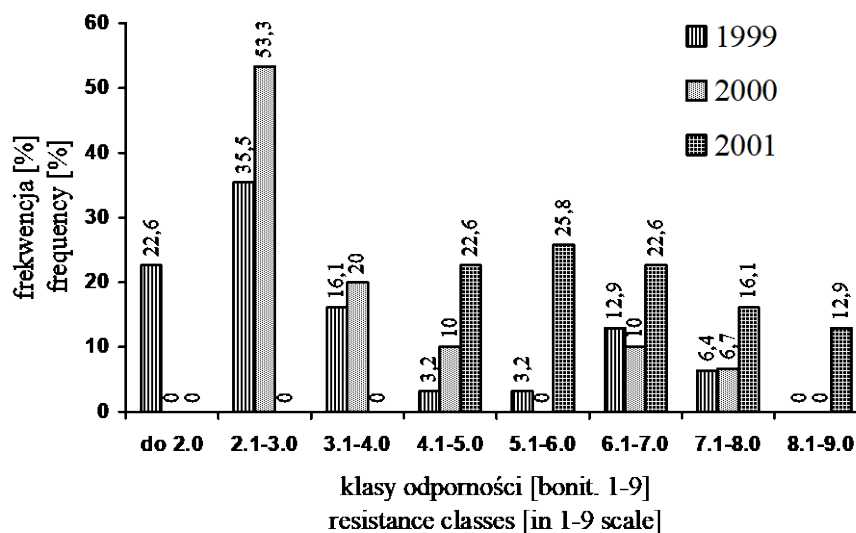
Różnice ocen w latach były spowodowane warunkami pogodowymi, gdyż czynniki środowiskowe bardzo silnie modyfikują zarówno stan spoczynku ziarna, jak i aktywność α -amylazy dwóch podstawowych elementów odpowiedzialnych za odporność na porastanie (Stoy, 1982; Gut i in., 1993, 1997). Współczynnik zmienności tej cechy w latach 1999 i 2000 wyniósł odpowiednio 53,9 i 43,1%, a w roku 2001 był on niższy, ale również wysoki i przekraczał 20% (tab. 1). Tak wysokie wartości świadczą nie tylko o genetycznym zróżnicowaniu badanego materiału, ale i o wpływie środowiska lub interakcji genotypowo-środowiskowej na ekspresję cechy, podobnie jak to było w przypadku doświadczeń przeprowadzonych przez Wu i Carvera (1999). Potwierdziła to analiza wariancji (tab. 2), która wykazała, że zarówno zróżnicowanie obiektów, jak i różnice pomiędzy latami badań były wysoce istotne. Podział badanych form na klasy odporności wykazał, że tylko nieliczne z nich wykazały dobrą odporność na porastanie; większość stanowiły odmiany i

rody łatwo ulegające porośnięciu, co ilustruje wykres (rys. 1). Z wykresu wynika również, że udział badanych form w poszczególnych klasach był w każdym roku nieco inny, co potwierdza obserwowane we wcześniejszych badaniach zjawisko, że poszczególne genotypy różnie reagowały na zmienne warunki pogodowe (Gut i in., 1997), co wykazały także prace innych autorów (Derera i in., 1977; Wu, Carver, 1999).

Tabela 2

Analiza wariancji odporności na porastanie w latach 1999–2001
Analysis of variance for resistance to preharvest sprouting in 1999–2001

Źródło zmienności Source of variance	Liczba st. swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	Test F F test
Genotypy (G) Genotypes	30	5,366	4,132**
Lata (Y) Years	2	73,295	56,437**
Błąd (G x Y) Error (G x Y)	60	1,299	



Rys. 1. Frekwencja form pszenicy ozimej (w %) z kolekcji roboczej w klasach odporności na porastanie

Fig. 1. Distribution (in %) of the studied winter wheat genotypes in classes of resistance to preharvest sprouting

Ponieważ niewiele było form odpornych, warto w tym miejscu je wymienić. Najbardziej odpornymi (zakres 6,1–7,5) spośród badanych odmian okazały się: Renan, Estica, Zodiac, Bussard, Euris i STH 9055, w większości pochodzące z hodowli zachodnio-

europejskich. Interesujące wydają się również formy spoza badanej grupy — Winni, NAD 491/95, Atlantis, Tinos i PBIS 98/125 wykazujące w roku 2001 odporność w granicach 8,1–8,7, które zostaną włączone do badań w latach następnych.

Współczynnik genetycznego uwarunkowania H , obliczony w oparciu o analizę wariancji, wyniósł 0,76. Oznacza to, że w badanym materiale odporność na porastanie była silnie uwarunkowana genetycznie. Mała zmienność efektów interakcji genotypów z latami badań potwierdza wysoką odziedziczalność i sugeruje, że chociaż środowisko silnie modyfikuje addytywnie ekspresję tej cechy, to jednak na jej genetyczną ekspresję wpływa w niewielkim stopniu. Wysoki stopień genetycznego uwarunkowania ułatwia selekcję pod względem odporności na porastanie i sprawia, że może być ona prowadzona w późniejszych pokoleniach. Doniesienia innych autorów wskazują na średnią lub wysoką odziedziczalność odporności na porastanie. Upadhyay i Paulsen (1988) w badaniach nad potomstwem odmiany odpornej Clarks Cream wykazali odziedziczalność odporności na porastanie w kłosie w zakresie 0,40–0,56, ale dla cech pokrewnych wartości wyższe: dla aktywności α -amylazy — 0,67–0,88, a dla kiełkowania zarodków - 0,49–0,74. W badaniach DePauw i McCaiga (1991) odziedziczalność odporności na porastanie w kłosie była znacznie wyższa i wyniosła 0,77–0,85, co odpowiada wartości uzyskanej w niniejszej pracy.

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy odpornością na porastanie a wybranymi cechami użytkowymi przedstawiono w tabeli 3. Wartości obu współczynników okazały się podobne, były one jednak nieistotne i niskie. Najwyższą korelację tak fenotypową jak i genotypową (odpowiednio 0,28 i 0,29) osiągnięto dla terminu kłoszenia. Może to sugerować silniejszą skłonność do porastania odmian wcześniejszych, co nie jest zjawiskiem korzystnym z punktu widzenia hodowli. Podobną, lecz silniejszą zależność między tymi cechami wykazali Upadhyay i Paulsen (1988) oraz DePauw i McCaig (1991). Upadhyay i Paulsen (1988) stwierdzili także ujemną korelację pomiędzy porastaniem a masą 1000 ziaren, tzn. że ziarna o niskiej masie silniej porastały. Zależności takiej nie obserwowano ani w niniejszej pracy ani we wcześniejszych badaniach (Gut i in., 1997). Wykazywane przez tych autorów zależności mogą mieć związek z rozmieszczeniem loci genów odpowiedzialnych za porastanie głównie na chromosomach 2A, 5A, 6A i 7B (Zanetti i in., 2000), na których ulokowane są również geny odpowiedzialne m. in. za kłoszenie i kwitnienie, masę ziarniaków, długość źdźbła i odporność na niektóre choroby (mączniak, rdza brunatna i żółta) (Tarkowski, 1974; Morris, 1978). Fakt, że inni autorzy badali najczęściej współzależności z cechami morfologicznymi i fizjologicznymi ziarna, rzadziej natomiast z cechami rolniczymi, uniemożliwia dokładniejsze przedyskutowanie uzyskanych wyników. Generalnie niskie i statystycznie nieistotne wartości korelacji wskazują na brak sprzężeń genów warunkujących odporność na porastanie z genami warunkującymi pozostałe badane cechy, co wynika również z poligenicznego dziedziczenia się tej cechy. Oznacza to, że odporność na porastanie dziedziczy się w dużym stopniu niezależnie, zatem selekcja na tę cechę może być prowadzona niezależnie i w późniejszych pokoleniach.

Tabela 3

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy odpornością na porastanie a wybranymi cechami użytkowymi pszenicy ozimej
Phenotypic and genetic correlations between resistance to preharvest sprouting and selected agronomic traits in winter wheat

Cecha Trait	Masa 1000 ziaren 1000 kernel weight	Wysokość Height	Liczba dni od 1.05 do Days from 1.05 to		Odporność na choroby Resistance to diseases			
			kłoszenia heading	dojrzałości maturity	mączniak powdery mildew	rdza brun. leaf rust	septoria liści leaf septoria	septoria kłosa ear septoria
Korelacja fenotypowa Phenotypic correlation	-0,12	0,15	0,28	0,18	0,03	-0,17	-0,04	-0,08
Korelacja genotypowa Genotypic correlation	-0,12	0,16	0,29	0,28	0,08	-0,12	0,13	-0,07

WNIOSKI

1. Wysoki stopień genetycznego uwarunkowania odporności na porastanie oraz brak korelacji z innymi cechami rolniczymi wskazuje na niezależne dziedziczenie się tej cechy.
2. Podniesienie potencjalnej odporności na porastanie w materiale hodowlanym jest zatem celem stosunkowo łatwo osiągalnym, a selekcję pod względem tej cechy można prowadzić w późniejszych pokoleniach.

LITERATURA

- DePauw R. M., McCaig T. N. 1991. Components of variation, heritabilities and correlations for indices of sprouting tolerance and seed dormancy in *Triticum* spp. *Euphytica*, 52: 221 — 229.
- Derera N.F., Bhatt G.M., McMaster C.J. 1977. On the problem of preharvest sprouting of wheat. *Euphytica*, 26: 299 — 308.
- Gut M., Cygankiewicz A., Ptak B. 1993. Odporność na porastanie rodów i odmian pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Część II. Pszenica jara. *Biul. IHAR* 185: 55 — 62.
- Gut M., Struś M., Mazurkiewicz B. 1997. Odporność na porastanie a cechy struktury plonu form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) zgromadzonych w kolekcji roboczej. *Biul. IHAR*, 204: 67 — 73.
- Hallauer A. R., Miranda J. B. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ., Ames.
- Kaczyński L. 2000. Pszenica ozima. W: COBORU, Syntezy wyników doświadczeń odmianowych 1999. Zboża ozime, Z. 1163: 9 — 34.
- Kearsey M. J., Pooni H. S. 1996. The genetical analysis of quantitative traits. Chapman and Hall.
- McCrack A. J., Nielsen M. T., Paulsen G. M., Heyne E. G. 1982. Relationship between sprouting in wheat and embryo response to endogenous inhibition. *Euphytica*, 31: 193 — 200.
- Morris R. 1978. Chromosomal locations of genes for wheat characters. *Ann. Wheat Newsl.*, 24: 4 — 17.
- Stoy V. 1982. Progress and prospect in sprouting research. In: Third international symposium on pre-harvest sprouting in cereals. J. E. Kruger, D. E. La Berge (eds.) Westview Press, Boulder, pp. 3 — 7.
- Tarkowski C. 1974. Genetyka, hodowla roślin, nasiennictwo. PWN, Warszawa.
- Upadhyay M. P., Paulsen G. M. 1988. Heritabilities and genetic variation for preharvest sprouting in progenies of Clark's Cream white winter wheat. *Euphytica*, 38: 93 — 100.
- Węgrzyn S., Gut M., Cygankiewicz A., Ptak B. 1991. Odporność rodów i odmian pszenicy (*Triticum aestivum* L.) na porastanie. Część I. Pszenica ozima. *Biul. IHAR*, 180: 121 — 129.

- Wu Jiming, Carver B F. 1999. Sprout damage and preharvest sprout resistance in hard white winter wheat. *Crop Sci.*, 39: 441 — 447.
- Zanetti S., Winzeler M., Keller M., Keller B., Messmer M. 2000. Genetic analysis of pre-harvest sprouting resistance in a wheat x spelt cross. *Crop Sci.* 40: 1406 — 1417.