

BOGUSŁAWA ŁUGOWSKA**ZOFIA BANASZAK****WIOLETTA WÓJCIK****WIOLETTA GRZMIL**

Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o. Choryń

Zależność plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźble od jego składowych

The effect of yield components on seed yield of semi-dwarf winter wheat

W sezonie wegetacyjnym 2001–2002, przeprowadzono badanie plonu dla 25 genotypów pszenicy ozimej o skróconym źdźble. Stwierdzono istotną dodatnią korelację prostą plonu ziarna z masą 1000 ziaren, z liczbą ziaren w kłosie, z liczbą kłosów na 1 m² oraz z liczbą kłosów w kłosie. Większa liczba kłosów w kłosie i większa liczba kłosów na 1 m² może być podstawą do pierwszej selekcji genotypów o relatywnie wysokim potencjale plonotwórczym pojedynczej rośliny w młodszych materiałach hodowlanych. Stosując analizę współczynników ścieżek wykazano, że głównymi składowymi determinującymi zmienność plonu ziarna z jednostki powierzchni dla testowanych pszenic ozimych o skróconym źdźble była masa 1000 ziaren oraz liczba kłosów na 1 m², a w mniejszym stopniu liczba kłosów w kłosie.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, formy pszenicy o skróconym źdźble, plon ziarna, pszenica ozima, składowe plonu, współczynniki korelacji

Path coefficient analysis based on the results for 25 lines of semi-dwarf winter wheat showed high direct effects of 1000 grain weight, ear density, number of spikelets and number of grains per spikelet on plot grain yield. Significant simple correlation between yield and a number of spikelets per ear and a number of grains per ear was found. An analysis of ear variables can be used as an indicator in a selection program. Increases in grain number were associated with increases in 1000 kernels weight that varied according to severity of dwarfism and varietals background.

Key words: correlation coefficients, yield components, yield of grain, path analysis, semi-dwarf wheat lines, winter wheat

WSTĘP

W uprawie pszenicy ozimej w Europie nastąpił wyraźny wzrost areалу uprawy odmian o skróconym źdźble. Zmniejszenie wysokości roślin pszenicy osiągnięto dzięki wprowadzeniu genów karłowatości i półkarłowatości (Flintham i in., 1997). Wyższe plonowanie pszenic z genami półkarłowatości wynika nie tylko ze zwiększonej odporności na wyleganie, ale także z obserwowanego przez wielu autorów pleiotropowego efektu

zwiększenia liczby ziaren w kłosie (Jamali i in., 2000). Odmiany z genami karłowatości *Rht* odznaczają się wyższą płodnością kłoska, zawierają więcej ziarniaków w kłosie, ale mają niższą masę 1000 ziaren (Kowalczyk i in., 1999).

Analiza kłosa pozwala na zidentyfikowanie cech plonotwórczych, których wpływ na plon jest decydujący. Ma to szczególne znaczenie dla hodowców przy selekcji materiałów hodowlanych (Cerana i in., 2002). Ocena uwarunkowania plonu, spowodowanego przez dużą liczbę różnorodnych cech plonotwórczych, może dostarczyć wiedzy o ich ilościowej roli w kształtowaniu plonu. Bardzo pomocną metodą w tym zakresie jest analiza regresji i korelacji, oraz analiza ścieżek. Określają one siłę związku dwu lub wielu cech, a także pozwalają na prześledzenie wzajemnych związków przyczynowo-skutkowych, które zachodzą między plonem a skorelowanymi cechami plonotwórczymi (Rozbicki i in., 1998, 1999; Drzazga, 2000; Mądry, 2002).

Celem pracy było określenie, które składowe plonu są najważniejsze dla kształtowania oraz przewidywania wielkości plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźbłę. Szczególną uwagę zwrócono na te składowe plonu, które mogą być przydatne przy selekcji materiałów hodowlanych we wczesnych pokoleniach.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w Choryni w sezonie 2001–2002 dla 25 odmian i rodów pszenicy ozimej o skróconym źdźbłę oraz 5 wzorcowych odmian wysokich w układzie bloków kompletnych, w 3 powtórzeniach. Powierzchnia każdego poletka wynosiła 10 m², obsada — 450 ziaren/m². Przy doborze obiektów do doświadczenia sugerowano się zarówno wysokością roślin, jak i pochodzeniem. Za genotypy o skróconym źdźbłę uznano rośliny o wysokości 50–90 cm, przypuszczalnie posiadające geny karłowatości na podstawie komponentów rodzicielskich. Wysokość roślin 5 odmian wzorcowych (bez genów karłowatości) wynosiła średnio 110 cm.

Na poletkach doświadczalnych wyznaczono powierzchnię 1m², z której ścięto kłosa i wykonano na nich pomiary biometryczne. Oceniano 7 cech: liczbę kłosów na 1 m², liczbę kłosków w kłosie, liczbę ziaren w kłosku, masę ziaren w kłosku, liczbę ziaren w kłosie, masę ziaren w kłosie i masę 1000 ziaren. Pomiary wykonano dla każdej cechy na 30 kłosach z każdego poletka.

W oparciu o średnie arytmetyczne (z poletek) wartości cech dla 25 genotypów o skróconym źdźbłę obliczono korelacje między badanymi składowymi plonu i plonem ziarna z poletka. Na podstawie uzyskanych danych doświadczalnych wykonano analizę regresji wielokrotnej krokowej. Stosowano eliminację wsteczną składowych plonu z równania regresji wielokrotnej polegającą na każdorazowym testowaniu współczynników regresji cząstkowej i eliminowaniu cechy składowej plonu o najmniejszej wartości statystyki *t*. Otrzymano na tej podstawie liniowe równanie regresji wielokrotnej z następującymi cechami przyczynowymi: liczba kłosków w kłosie, liczba kłosów/m², liczba ziaren w kłosku i masy 1000 ziaren. Zatem w równaniu liniowej regresji wielokrotnej znalazły się cztery iloczynowe składowe plonu ziarna. Dla oceny związków

zachodzących między plonem (cecha skutkowa) a tymi składowymi (cechy przyczynowe), zastosowano metodę współczynników ścieżek.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zmienność plonu ziarna genotypów pszenicy ozimej o skróconym źdźble i jego składowych wraz z odniesieniem do wzorcowych odmian wysokich podano w tabeli 1. Obserwowano podobną średnią obsadę kłosów na 1 m² zarówno u genotypów wysokich jak i o skróconym źdźble. Odmiany o skróconym źdźble wykazały się wyższą: średnią liczbą kłosków w kłosie (17,6), średnią liczbą ziaren w kłosku (3,07) i średnią liczbą ziaren w kłosie (43,9) oraz wyższym średnim plonem z poletka (887g), w porównaniu z odmianami wysokimi. Odmiany wysokie natomiast charakteryzowały się wyższą: średnią arytmetyczną dla masy ziaren w kłosku (0,20g), masy ziaren w kłosie (2,10g) i również dla MTZ (49,6g). Podobne wyniki dla karłowych, półkarłowych i wysokich izogenicznych linii pszenicy jarej uzyskali Miralles i Slater (1995).

Tabela 1

Zmienność plonu ziarna i jego składowych w odmianach/rodach pszenicy ozimej o skróconym źdźble.
Doświadczenie Danko 2001/02 (liczba jednostek doświadczalnych = 100)
Variability of seed yield and its components in semidwarf winter wheat cultivars/strains. Danko trial 2001/02 (number of experimental units = 100)

Cechy Traits	Odmiany o skróconym źdźble Semidwarf cultivars				Odmiany wysokie Tall cultivars
	wartości średnie i rozstęp means and range	odchylenie standardowe standard deviation	błąd średni standard mean standard error	współczynnik zmienności % coefficient of variation %	wartości średnie mean
Liczba kłosów na 1 m ² Number of spikes/1 m ²	491,7 (367–682)	60,2	6,95	12,2	490,1
Liczba kłosków w kłosie Number of spikelets/ear	17,6 (14,8–20,3)	1,55	0,17	8,8	16,9
Liczba ziaren w kłosku Number of grains/spikelet	3,07 (2,60–3,67)	0,25	0,02	8,2	2,80
Masa ziaren w kłosku Weight of grain /spikelet	0,14 (0,09–0,18)	0,02	0,002	12,8	0,20
Liczba ziaren w kłosie Number of grains/ear	43,9 (32,7–56,2)	5,42	0,62	12,3	40,7
Masa ziaren w kłosie Weight of grains/ear	1,82 (1,29–2,42)	0,28	0,03	15,2	2,10
Masa tysiąca ziaren Thousand grains weight	42,4 (30,6–49,9)	4,88	0,56	11,5	49,6
Plon ziarna z 1 m ² Grain yield per 1 m ²	887 (621–1051)	115,4	13,3	13,0	788

U badanych odmian stwierdzono silne korelacje proste plonu ziarna ze składowymi plonu (tab. 2). Najsilniej dodatnio z plonem skorelowane były liczba kłosków w kłosie (cecha ta charakteryzowała się stosunkowo niskim współczynnikiem zmienności — 8,8%) oraz masa ziaren w kłosie (zakres zmienności od 1,29–2,42). Kowalczyk (1999a) otrzymał dla niektórych mieszańców F4 z genami karłowatości istotnie wyższą liczbę kłosków

w kłosie i większą masę ziarniaków z kłosa. W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono, by liczba ziaren w kłosie wpłynęła negatywnie na redukcję masy 1000 ziaren (zakres zmienności od 30,6–49,9), pomimo uzyskania słabej nieistotnej ujemnej korelacji pomiędzy liczbą ziaren w kłosie a masą 1000 ziaren. Odnotowano również istotną korelację plonu z liczbą ziaren w kłosie ($r = 0,357$), przy dużej zmienności tej cechy od 32,7–56,2. Podobną zależność uzyskali Kowalczyk i wsp. (1999 b). Większa liczba kłosków w kłosie mogłaby być podstawą do selekcji genotypów o relatywnie wysokim potencjale plonotwórczym pojedynczej rośliny w obrębie selekcji młodszych materiałów hodowlanych tego typu. Nie stwierdzono natomiast istotnej korelacji między liczbą ziarniaków w kłosku a plonem. Analiza korelacji prostych nie daje w tej kwestii wiążącej i wartościowej dla hodowcy informacji o znaczeniu cech plonotwórczych we wczesnej selekcji, często też plony ziarna z kłosów mogą być zróżnicowane w zależności od roku, tła genetycznego oraz genów karłowatości (Miazga i in., 1993; Dencis i in., 2000).

Tabela 2

Macierz współczynników korelacji dla plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźbłie i jego składowych (n = 75)

Coefficients of correlation between grain yield and its components in semi-dwarf winter wheat

Cecha Trait	Liczba kłosów na 1 m ² No. of spikes/ 1 m ²	Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets/ ear	Liczba ziaren w kłosku No. of grains/ spikelet	Masa ziarna w kłosku Weight of grains / spikelet	Liczba ziaren w kłosie No. of grains/ ear	Masa ziarna w kłosie Weight of grains/ ear	Masa tysiąca ziaren Thousand grains weight	Plon ziarna na 1 m ² Grain yield / 1 m ²
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y
X2	-0,293**							
X3	-0,340*	0,402*						
X4	-0,423*	0,337*	0,293**					
X5	-0,426*	0,771*	0,846*	0,356*				
X6	-0,551*	0,721*	0,362*	0,770*	0,658*			
X7	-0,251**	0,082	-0,382*	0,667*	-0,204	0,586*		
Y	0,267**	0,555*	0,097	0,521*	0,357*	0,652*	0,467*	

*, ** Istotność odpowiednio przy $P = 0,01$, $P = 0,05$

*, ** Significant at $P = 0.01$, $P = 0.05$, respectively

W pogłębionej analizie związków przyczynowo-skutkowych plonu z jego czterema składowymi przeprowadzonych metodą współczynników ścieżek, stwierdzono duży dodatni wpływ bezpośredni na plon ziarna każdej składowej plonu: liczby kłosków w kłosie, liczby ziaren w kłosku, liczby kłosów/ m², i masy 1000 ziaren (tab. 3). Okazało się, że w tworzeniu plonu ziarna form pszenicy o skróconej słomie największe znaczenie miała masa tysiąca ziaren i liczba kłosów na 1 m². Podobne zależności dla pszenicy jarej uzyskał Drzazga (2000). Ogólny wpływ (korelacja prosta) liczby kłosów z jednostki powierzchni na plon był niższy ($r = 0,267$) niż wpływ bezpośredni (współczynnik ścieżki równy 0,773), z powodu pośredniego ujemnego wpływu tej składowej poprzez liczbę kłosków w kłosie (-0,158), liczbę ziaren w kłosku (-0,151) i poprzez masę 1000 ziaren (-0,197). Uzyskano cenne informacje o roli składowych plonu (cech plonotwórczych) obserwowanych wcześniej w czasie rozwoju roślin. Taka właśnie ocena uwarunkowania

plonu przez cechy plonotwórcze interesuje hodowcę najbardziej przy wyborze z poletek selekcyjnych form o jak największych możliwościach plonotwórczych. Interesujący jest charakter związku plonu i liczby ziarniaków w kłosku.

Tabela 3

Efekty bezpośrednie (podkreślone) i pośrednie składowych plonu determinujących plon pszenicy ozimej o skróconym źdźble (n = 75)
Direct (underlined) and indirect effects of yield components on grain yield of semi-dwarf winter wheat (n = 75)

Cecha Trait	Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets/ ear	Liczba ziaren w kłosku No. of grains/ spikelet	Liczba kłosów na 1 m ² No. of spikes/ 1 m ²	Masa tysiąca ziaren Thousand grains weight	Korelacja prosta z plonem ziarna Simple correlation with grain yield
	X1	X2	X 3	X4	
X1	<u>0,539</u>	0,217	-0,158	-0,219	0,555*
X2	0,178	<u>0,444</u>	-0,151	-0,185	0,097
X3	-0,227	-0,263	<u>0,773</u>	-0,194	0,267**
X4	0,064	-0,300	-0,197	<u>0,786</u>	0,467*

Współczynnik determinacji wielokrotnej $R^2 = 91,1\%$; Multiple correlation coefficient $R^2 = 91,1\%$
 Zmienność resztkowa = 0,290; Random factor = 0.290

Jak się okazało niski współczynnik korelacji między tymi cechami wynikał z ujemnych efektów pośrednich tej zmiennej poprzez liczbę ziaren na 1 m², jak również masę 1000 ziaren. Efekty te kompensował istotny dodatni wpływ bezpośredni liczby ziaren w kłosku na plon (współczynnik ścieżki = 0,444). Otrzymana dodatnia korelacja prosta plonu z liczbą kłosków (0,555) oraz duży bezpośredni wpływ liczby kłosków w kłosie na plon (współczynnik ścieżki = 0,539) może stanowić miarodajną pomoc przy wyborze plennych form pszenicy o skróconym źdźble.

WNIOSKI

1. Na podstawie wyników uzyskanych przy pomocy analizy ścieżek stwierdzono, że głównymi składowymi determinującymi zmienność plonu ziarna z jednostki powierzchni dla testowanych pszenic ozimych o skróconym źdźble była masa 1000 ziaren oraz liczba kłosów na 1 m².
2. Liczba kłosków w kłosie i liczba ziaren w kłosku mogą być również istotnymi wskaźnikami plenności przy selekcji materiałów pszenicy ozimej o skróconym źdźble we wczesnych etapach prac hodowlanych.

LITERATURA

- Cerana M. M., Gil S. P., Maich R. H. 2002. Plant breeding scheme on the flower number and grain yield components in bread wheat. Cereal Res. Commun. 30 (3/ 4): 307 — 313.
- Dencic S., Kastori R., Kobiljski B., Duggan B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. Euphytica 113: 43 — 52.
- Drzazga T. 2000. Zastosowanie analizy współczynników ścieżek dla oceny wpływu komponentów plonu na plon ziarna pszenicy jarej. Biul. IHAR 216: 319 — 322.

- Flintham J. E., Angus W. J., Gale M. D. 1997. Heterosis, overdominance for grain yield, and alpha-amylase activity in F₁ hybrids between near-isogenic *Rht* dwarf and tall wheats. *J. Agric. Sci.* 129: 371 — 378.
- Jamali K. D., Arain M. A., Ahmad M. 2000. Comparative performance of semi-dwarf wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Wheat Information Service* 90: 45 — 46.
- Kowalczyk K., Tarkowski Cz., Miazga D., Kraska P. 1999 a. Wpływ genów *Rht1*, *Rht1+2* i *Rht3* na elementy plonowania mieszańców pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). *Pam. Puł.* 118: 227 — 231.
- Kowalczyk K., Miazga D., Tarkowski Cz. 1999 b. Wykorzystanie genów karłowatości w hodowli pszenicy i pszenżyta. *Biul. IHAR* 211: 39 — 44.
- Mądry W. 2002. Statystyczne badanie zależności między zmienną zależną, a ilościowymi zmiennymi przyczynowymi: Analiza regresji wielokrotnej, metody analizy plonu. Materiały z seminarium „Metody statystyczne w pracach badawczych i hodowlanych” IHAR Radzików, 18–19.11.2002: 1 — 15.
- Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K. 1993. Plejotropowy efekt genów karłowatości RHT w liniach izogenicznych pszenicy Maris Huntsman i Maris Widgeon. *Biul. IHAR* 187: 47 — 57.
- Miralles D. J., Slater G. A. 1995. Yield, biomass and yield components in dwarf, semi-dwarf and tall isogenic lines of spring wheat under recommended and late sowing dates. *Plant Breeding* 114 (5): 392 — 396.
- Rozbicki J., Mądry W. 1998. Uwarunkowania plonu ziarna pszenżyta ozimego przez jego składowe i wybrane cechy botaniczno-rolnicze łanu w zmiennych warunkach uprawowych i pogodowych. *Biul. IHAR* 205/206: 195 — 203.
- Rozbicki J., Mądry W. 1999. Zależność plonu ziarna pszenżyta ozimego od jego składowych na plantacjach produkcyjnych. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A*, 114: 110 — 114.