

ROMUALD DOLIŃSKI**ZBIGNIEW SEGIT****AGNIESZKA SURMACZ-MAGDZIAK**

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Ocena odporności na porastanie i spoczynek poźniwny ziarniaków pszenicy twardej

Evaluation of sprouting resistance and post-harvest grain dormancy of durum wheat

Materiał doświadczalny stanowiły 32 linie *Triticum durum* Desf. i jedna wzorcowa odmiana *Triticum aestivum* L. Kłosa zebrane w polu moczono w wodzie (15 minut) i umieszczano w komorze wilgotnościowej. Odporność na porastanie oceniano po 3 i 7 dobach. Kłosa suszono w suszarce, a następnie młócono ręcznie oddzielając ziarniaki porośnięte od nie porośniętych. W tym samym czasie oznaczano kiełkowanie nasion na bibule w szalkach Petriego. Ocenę tą powtórzono po 4 i 8 tygodniach. W ostatnim terminie wykonano też kiełkowanie w 10^{-4} M roztworze kwasu abscysynowego. Wrażliwość na ABA podano w procentach jako iloraz różnicy średnich wartości energii kiełkowania w wodzie i ABA przez wartość dla wody. W warunkach komory wilgotnościowej wzorcowa odmiana pszenicy zwyczajnej wykazała się dużą odpornością na porastanie. Stwierdzono duże zróżnicowanie linii pszenicy twardej pod względem jawnego porastania ziarna ($W = 99\%$ po 3 dobach i $W = 50,7\%$ po 7 dobach). Najodporniejsze linie porastały na poziomie wzorcowej odmiany *T. aestivum* L. (w pierwszym terminie 13, a w drugim 1). Dla porastania ziarna otrzymaliśmy u *T. durum* wysokie wartości współczynników odziedziczalności w szerokim znaczeniu ($h^2 = 0,93$ i $0,92$). Oceny jawnego porastania po 3 i 7 dobach nawilżania kłosów były skorelowane z energią kiełkowania ($r_{xy} = 0,408$ i $0,608$) oznaczaną w tym czasie w szalkach Petriego. U większości badanych form pszenicy twardej jawne porastanie ziarna w kłosach było wyraźnie mniejsze od kiełkowania w szalkach. U trzech linii porastanie w kłosach było większe od kiełkowania na bibule. Korelacje pomiędzy porastaniem ziarna w kłosach i współczynnikami wrażliwości na ABA, oznaczanymi po zaniku spoczynku poźniwnego, były w naszych badaniach nie istotne.

Słowa kluczowe: *Triticum durum* Desf., linie, odporność na porastanie, poźniwny spoczynek nasion

The experimental material consisted of 32 lines of *Triticum durum* Desf. and one standard variety of *Triticum aestivum* L.. Ears harvested in the field were soaked in water (15 minutes) and placed in moist chamber. The resistance to sprouting was evaluated after 3 and 7 days. The ears were dried in dryer and threshed manually with separation of sprouted grains from those not sprouted. Simultaneously, the germination of grains was measured on a filter paper in Petri dishes. This evaluation was repeated after 4 and 8 weeks. Last time sprouting in 10^{-4} M solution of abscisic acid was carried out. Grain responsiveness to ABA was given in percentage as the quotient of the result of subtraction of average values of germination energy in water and ABA, and the value in water. Under

the moist chamber conditions the standard of common wheat variety showed high resistance to sprouting. The results proved a high variability of durum wheat lines with regard to visible grain sprouting ($W = 99\%$ after 3 days and $W = 50.7\%$ at the second notice). The most resistant lines of *T. durum* sprouted on the level of standard *T. aestivum* variety (at the first time 13 lines, at the second time 1). Heritability coefficients in broad sense estimated for grain sprouting were very high ($h^2 = 0.93$ and 0.92 – respectively for the 3 days and the 7 days results). The estimations of visible sprouting of moistened ears after 3 and 7 days were correlated with germination energy ($r_{xy} = 0.408$ and 0.608) which were evaluated at the same time in Petri dishes. In majority of the studied lines of durum wheat the visible grain sprouting in ears was distinctly lower than germination ability determined in Petri dishes. In three lines sprouting in ear was higher than germination on a filter paper. The correlation coefficients between grain sprouting in ears and ABA responsiveness coefficients, assessed after post-harvest period, were in our study not significant.

Key words: *Triticum aestivum*, lines, sprouting resistance, post-harvest seed dormancy

WSTĘP

Przedżniwne porastanie ziarna występuje w wielu rejonach świata i dotyczy wszystkich gatunków zbóż. Według szacunkowej oceny w warunkach klimatycznych Polski corocznie 5–10% wyprodukowanego ziarna zbóż wykazuje mniej lub bardziej widoczne uszkodzenia porostowe (Weidner, 1992). Jest to zjawisko negatywne, powodujące znaczne straty ekonomiczne. Mąka z porośniętego ziarna nie nadaje się do produkcji pieczywa, a w przypadku pszenicy twardej do produkcji makaronu. Chleb upieczony z takiej mąki ma gumowato-kleistą strukturę i ciemno zabarwioną skórkę, a makaron rozpada się w czasie gotowania. Główną wadą mąki otrzymanej z porośniętego ziarna jest wysoka zawartość enzymu α -amylazy, który w czasie porastania ziarna i później podczas procesu fermentacji ciasta (produkcji makaronu) powoduje wytwarzanie dużej ilości niepożądanych monosacharydów. Negatywny wpływ na jakość mąki mają również inne enzymy hydrolityczne, jak: lipazy, proteazy, β -amylazy a także enzymy katalizujące rozszczepianie wiązań α -1,6 w amylopektynie (Duffus, 1987; cyt. za Weidner, 1992).

W Polskim Rejestrze Odmian nie ma pszenicy twardej (COBORU, 2006), ziarno używane do produkcji makaronów jest importowane. Wcześniejsze badania przeprowadzone w Akademii Rolniczej w Lublinie wykazały, że pszenica twarda może być u nas uprawiana, najlepsze krajowe linie plonują na poziomie zapewniającym opłacalność uprawy (Szwed-Urbaś, Segit, 1996; 2004; Rachoń i in., 2002; Segit, Szwed-Urbaś, 2006). W naszych warunkach klimatycznych poważnym problemem przy uprawie tego zboża może być jednak porastanie ziarna. Wieloletnia pobeżna ocena prowadzona przez autorów na licznych (około 400 form) kolekcyjnych materiałach, pochodzących z całego świata, wykazała ogólnie dużą skłonność *T. durum* Desf. do przedżniwnego porastania ziarna. Jednak nawet w sprzyjających porastaniu okresach wegetacji obok form porastających obserwowano stosunkowo nieliczne genotypy (około 2–5%) nie porastające.

Hodowla odmian pszenicy odpornych na porastanie jest bardzo trudna gdyż jest to złożona cecha ilościowa, którą należy korzystnie połączyć z wieloma innymi cechami decydującymi o wartości gospodarczej odmiany (ilość i jakość plonu ziarna, odporność na choroby, suszę itd.). Według McCaig i DePauw (1992) oraz Gut i wsp. (1997)

rozpoczynając taką hodowlę należy dysponować szerokim materiałem wyjściowym o wysokiej odporności, daje to większą szansę na wyprowadzenie nie porastającego mieszańca.

Celem naszych badań była wstępna ocena wyselekcjonowanych linii pszenicy twardej pod względem odporności na porastanie.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były 32 linie *T. durum* Desf. otrzymane w Instytucie Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (Szwed-Urbaś i Segit, 1996). Wzorcem była pszenica zwyczajna odm. Bombona, charakteryzująca się dobrą odpornością na porastanie i dużą liczbą opadania (COBORU, 2006). Materiał do badań stanowiły kłosa i ziarno zebrane w fazie pełnej dojrzałości z poletek doświadczalnych (2 m²) założonych w Gospodarstwie Doświadczalnym, w Czesławicach k/Nałęczowa. Kłosa wiązano w pęczki (6 × 10), moczo no przez 15 minut w wodzie i umieszczano w komorze wilgotnościowej utrzymującej stałą temperaturę 20°C i wysoką wilgotność powietrza (ok. 90%). Dodatkowo każdego dnia wszystkie kłosa 2-krotnie zwilżano wodą. Odporność na porastanie ziarna w kłosach oceniano po 3 i 7 dniach. Kłosa wyjęte z komory suszono w suszarce w temperaturze 60°C i młócono ręcznie licząc ziarniaki nie porośnięte i porośnięte w stopniu widocznym (pęknięte pericarpium).

Równoległe z oceną porastania w kłosach oznaczano energię i zdolność kiełkowania ziarniaków na bibule zwilżonej wodą, w szalkach Petriego (3 × 100 ziarniaków) umieszczonych w termostacie w temperaturze 24°C. Ocenę kiełkowania nasion w szalkach powtórzono 2 razy, to znaczy po 4 i po 8 tygodniach liczonych od czasu zbioru kłosów i ziarniaków. W ostatnim terminie wykonano także ocenę kiełkowania w 10⁻⁴ molowym roztworze kwasu abscysynowego (ABA). Wrażliwość na egzogenny inhibitor kiełkowania obliczano jako iloraz różnicy średnich wartości energii kiełkowania w wodzie i ABA przez średnią wartość dla wody.

Wyniki badań opracowano statystycznie. Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami cech badanych linii liczono metodą Tukeya. Obliczono współczynniki korelacji fenotypowych pomiędzy jawnym porastaniem ziarna w kłosach, a energią i zdolnością kiełkowania oraz wrażliwością na ABA oznaczonymi na szalkach. Dla każdej z cech oszacowano odziedziczalność w szerokim znaczeniu wykorzystując sumy kwadratów odchyłeń dla obiektów i całości doświadczenia ($h^2 = nS^2_{ob.} / nS^2_y$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Najprostszą metodą oceny odporności zbóż na porastanie jest określanie procentowej zawartości porośniętych ziarniaków w kłosach pozostawionych dłużej w polu. W naszych warunkach klimatycznych jest ona jednak zawodna. Daje niepowtarzalne wyniki gdyż genetyczne różnice w odporności ujawniają się tylko w warunkach sprzyjających porastaniu. W Polsce warunki meteorologiczne w okresie rozwoju i dojrzewania ziarna zbóż zmieniają się z roku na rok, w niektórych latach zbiory mogą być całkowicie

pozbawione zmian wywołanych porastaniem, podczas gdy w innych uszkodzenia mogą być bardzo duże (Weidner, 1992; Masojć, 1996).

Według wielu autorów selekcję w kierunku genotypów zbóż odpornych na porastanie można prowadzić w warunkach prowokacyjnych. W badaniach wykonanych na pszenicy, życie i pszenżycie obserwowano duże zróżnicowanie odmian i rodów hodowlanych pod względem jawnego porastania. Odmiany uznawane przez rolników za wzorce pod względem odporności na porastanie nie porastały też w warunkach prowokacyjnych (Catapan i in., 1990; Gut i in., 1997; Doliński, Kociuba, 1999; Wu, Carver, 1999; Wojas, Gut, 2002).

W naszych badaniach linie *T. durum* różniły się istotnie pod względem porastania ziarna w warunkach prowokacyjnych (tab. 1). Po trzech dobach przetrzymywania kłosów w komorze wilgotnościowej średnia wartość porastania obliczona dla wszystkich obiektów wynosiła 16,7%. Współczynnik zmienności dla tego terminu wynosił 99,0%. Porastanie na poziomie zbliżonym do wzorcowej odmiany Bombona stwierdzono u 13 linii. Poziom porastania mniejszy od 35 % wykazywało 29 linii. Pozostałe 3 linie porosły zdecydowanie mocniej przekraczając granicę 50%. Po 7 dobach prowokacji zmienność fenotypowa była znacznie mniejsza i wynosiła 50,7%, zaś średnia wartość porastania wzrosła do 51,5%. W tym terminie dla 10 linii stwierdzono porastanie ziarna poniżej 35%, co według Gut i wsp. (1997) może stanowić kryterium odporności na porastanie. Analizując porastanie w kłosach w obu terminach stwierdzono, że tylko linia CGR 899/62a odznaczała się porastaniem zbliżonym do cv. Bombona.

Główną przyczyną przedźniwnego porastania zbóż jest zupełny brak lub szybkie zanikanie spoczynku ziarniaków. Wielu autorów uważa, że na porastanie są narażone szczególnie odmiany wczesne, które dłużej pozostają w polu po dojrzeniu niż odmiany późniejsze (Upadhyay i Paulsen, 1988; DePauw i McCaig, 1991; Masojć, 1996; Wojas i Gut, 2002). W badaniach wykonywanych w warunkach prowokacyjnych różnice w porastaniu ocenianych genotypów mogą być związane z różnicami w terminach dojrzewania (Witkowska, Witkowski, 1992). W naszych badaniach wszystkie linie *T. durum* dojrzewały w tym samym terminie.

Z literatury poświęconej problemowi porastania zbóż wynika, że u pszenicy duży wpływ na skłonność do porastania ma budowa kłosa, a szczególnie te cechy, które decydują o dostępie wody opadowej do ziarniaków i zdolności szybkiego wysychania po powtarzających się krótkotrwałych opadach. Kłos pochylony o dużych ściśle przylegających i pokrytych woskowym nalotem plewach może w znacznym stopniu ograniczać dostęp wody do ziarniaków. Wolno wysychają kłosa typu „club” które mają ściśle upakowane kłosa i dłużej utrzymują wodę (Masojć, 1996).

W naszych badaniach linie *T. durum* nie różniły znacząco pod względem budowy kłosów. Były one ościste, zbite, plewy szczelnie otulały ziarniaki. Kłosa odmiany *T. aestivum* Bombona nie miały ości, plewy otulały ziarno słabiej. Według nas jedną z przyczyn ogólnie silnego porastania ziarna pszenicy twardej w Polsce mogą być nietypowe dla tego gatunku warunki uprawy. Na świecie *T. durum* jest uprawiana głównie w rejonach suchych i ciepłych. U nas w okresie wegetacji są stosunkowo niższe temperatury i większa wilgotność co sprzyja porastaniu.

Tabela 1

Sklonność do porastania, spoczynek poźniwy oraz wrażliwość na ABA ziarniaków *T. durum*
Sprouting susceptibility, postharvest grain dormancy and responsiveness to ABA of *T. durum*

Odmiana/Linia Variety/Line	Porastanie (%) Sprouting (%)		Energia i zdolność kiełkowania (%) Energy and capacity of germination (%)								Wrażliwość na ABA (%) Response to ABA (%)
			w czasie żniw in harvest time		po 4 tyg. after 4 weeks		po 8 tyg. after 8 weeks		z ABA with ABA		
	3 dni 3 days	7 dni 7 days	3 dni 3 days	7 dni 7 days	3 dni 3 days	7 dni 7 days	3 dni 3 days	7 dni 7 days	3 dni 3 days	7 dni 7 days	
Bombona	1,8	7,2	11,0	35,3	97,0	99,3	98,7	100,0	62,7	99,3	36,5
LGR 896/23	2,0	28,7	13,0	60,0	38,0	88,3	54,3	94,3	11,0	70,7	79,8
LGR 896/64a	2,2	28,3	15,7	77,0	43,7	92,3	78,0	99,3	18,0	77,7	76,9
LGR 899/62a	2,2	9,5	11,3	65,7	30,3	98,0	75,3	99,0	24,0	92,0	68,1
LGR 626b/99/3	3,7	40,8	26,3	96,0	36,0	94,3	51,7	99,7	21,7	90,3	58,1
LGR 631/99/4	4,8	86,7	36,3	86,3	57,0	96,3	70,3	98,7	38,0	99,0	46,0
LGR 534/99/4	5,0	52,5	28,7	86,7	42,0	98,0	55,0	98,0	21,7	88,3	60,6
LGR 576/99/4	5,3	43,7	23,3	39,7	39,7	77,7	76,3	98,0	31,7	81,7	58,5
LGR 629/99/3	5,7	52,7	25,7	84,3	55,3	97,3	87,7	98,7	30,3	88,7	65,4
LGR 645/99/8	6,5	83,3	42,7	96,3	69,7	98,7	51,7	98,3	15,0	93,3	71,0
LGR 626b/99/4	7,0	30,3	21,3	68,3	26,3	91,3	48,7	97,3	18,0	91,7	63,0
LGR 2424/98/9	9,8	58,5	41,3	89,0	74,3	98,3	87,7	98,7	41,7	88,3	52,5
LGR 900/3a	10,0	25,7	21,0	84,0	41,0	98,0	82,3	98,7	22,3	84,7	72,9
LGR 1359/33	10,5	31,5	22,3	75,3	61,3	96,3	81,3	99,0	36,7	86,0	54,9
LGR 1359/8	11,3	32,8	49,7	70,0	81,7	87,7	95,0	98,0	40,0	80,7	57,9
LGR 629/99/2	11,3	58,2	21,7	78,7	32,3	94,3	42,3	98,0	20,7	96,0	51,2
LGR 626a/99/1b	11,5	20,8	30,3	74,3	74,3	95,7	90,7	98,7	35,7	86,7	60,7
LGR 657/99/3	12,3	40,8	30,0	70,0	61,0	97,3	63,0	97,3	27,3	91,7	56,6
LGR 579/99/8	13,2	37,0	24,7	56,7	55,0	89,7	84,0	99,0	35,0	94,0	58,3
LGR 635/99/7b	14,3	63,3	29,3	91,7	62,7	97,7	71,0	98,0	22,0	94,0	69,0
LGR 635/99/10	14,8	84,5	61,7	92,3	66,7	99,0	74,3	98,0	25,3	93,3	65,9
LGR 578/99/4	14,8	26,8	32,0	57,7	76,7	96,0	92,0	97,7	56,7	89,0	38,4
LGR 2424/98/5	15,5	77,0	43,3	81,0	49,3	92,7	69,0	95,3	19,7	96,7	71,5
LGR 576/99/6	15,7	40,8	27,3	60,3	42,0	82,0	86,7	97,7	43,0	90,3	50,4
LGR 664/99/1	15,8	39,7	34,7	79,0	60,0	93,7	78,0	97,3	31,0	71,7	60,3
LGR 639/99/2	19,5	75,3	35,7	90,3	65,0	97,7	95,7	99,0	60,7	98,7	36,6
LGR 579/99/6	25,7	60,5	43,3	70,7	71,3	92,7	76,0	96,0	37,3	92,3	50,4
LGR 559/99/3	30,0	99,2	45,3	91,3	78,7	97,0	95,0	99,7	40,7	91,3	57,2
LGR 2470/98/5	31,2	30,8	40,3	82,7	56,3	88,0	83,0	95,0	41,0	82,7	50,6
LGR 2424/98/2	31,5	53,2	53,0	86,7	58,7	97,0	77,7	100,0	22,7	93,7	70,8
LGR 626b/99/1	58,5	93,8	26,0	50,0	51,7	61,0	65,0	72,7	22,3	43,3	65,6
LGR 609/99/3	62,2	90,8	41,0	67,7	53,0	66,0	68,7	76,7	20,7	46,3	69,6
LGR 520/99/4	67,0	96,2	40,7	51,7	51,0	65,0	48,3	64,0	11,7	76,7	75,9
Średnia — Mean	16,7	51,5	31,8	74,1	56,3	91,3	74,4	95,6	30,5	86,1	60,0
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	9,1	15,2	9,9	12,7	10,7	4,1	11,9	3,2	9,8	5,1	
W (%)	99,0	50,7	38,3	21,5	29,2	11,0	21,0	8,5	43,0	15,0	
h ²	0,93	0,92	0,85	0,86	0,90	0,95	0,87	0,96	0,87	0,96	

Odporność na porastanie dziedziczy się u zbóż w sposób ilościowy. W badaniach wykonanych na pszenicy ozimej współczynniki odziedziczalności oszacowane dla tej cechy wahały się w granicach 0,40–0,85% (Upadhyay, Paulsen, 1988; DePauw, McCaig, 1991). Wojas i Gut (2002) wskazują na brak sprzężeń genów warunkujących odporność na porastanie z genami warunkującymi inne ważne cechy pszenicy, jak na przykład: wysokość

roślin, masa ziarniaków, odporność na choroby. Umożliwia to otrzymywanie form pszenicy odpornych na porastanie bez pogarszania innych ważnych cech użytkowych.

W naszych badaniach współczynniki genetycznego uwarunkowania odporności na porastanie ocenianej w warunkach prowokacyjnych były wysokie (0,93 w pierwszym terminie i 0,92 w drugim). Wskazują one na możliwość uzyskania odpornych na porastanie form pszenicy twardej. Selekcję można by prowadzić w oparciu o jawne porastanie po trzech dobach przebywania kłosów w warunkach prowokacyjnych, co sugerują Catapan i wsp. (1990), Trethowan i wsp. (1990) oraz Doliński i Kociuba (1999). Potwierdzeniem opinii tych autorów jest uzyskany w naszych badaniach współczynnik korelacji pomiędzy ocenami porastania po 3 i 7 dniach ($r_{xy} = 0,599$) (tab. 2). Ocena porastania w drugim terminie dała jednak wyniki pewniejsze, gdyż niektóre linie uznane za odporne w pierwszym terminie, w drugim porosły w ponad 80%. Należy jednak zaznaczyć, że wartości te odnoszą się tylko do jednego okresu wegetacji, a jak podają Derera i wsp. (1977), Gut i wsp. (1997) oraz Wu i Carver (1999) wpływ środowiska na ekspresję tej cechy może być znaczny.

Energia kiełkowania ziarniaków oznaczona w szalkach była u 29 linii *T. durum* i odmiany *T. aestivum* Bombona większa od jawnego porastania ocenionego w tym czasie w komorze wilgotnościowej. Podobnie przedstawiały się proporcje ocen porastania po 7 dobach prowokacji i zdolności kiełkowania ocenionej na szalkach. Trzy linie zachowały się inaczej, porastanie w kłosach było większe od kiełkowania wymłóconych ziarniaków (tab. 1). Duże różnice w kiełkowaniu ziarniaków w kłosach i na szalkach Petriego obserwowali inni autorzy (Derera i in., 1977; Salman i in., 1986; Trethowan i Pfeiffer, 1990; Doliński, 1995; Doliński i Kociuba, 1999). W badaniach McCrate i wsp. (1982) w okresie dojrzewania u dwu spośród 18 ozimych odmian *T. aestivum* kiełkowanie ziarna w kłosach umieszczonych w warunkach prowokacyjnych było takie samo jak oceniane w szalkach Petriego. Po dwu tygodniach liczba takich odmian wzrosła do 4.

Badania wykonane na pszenicy (Derera i Bhatt, 1980; Wu i Carver, 1999) i pszenżycie (Salman i in., 1986) wykazały, że słabsze kiełkowanie ziarniaków w kłosach niż po wymłóceniu jest związane z działaniem rozpuszczalnych w wodzie inhibitorów kiełkowania wytwarzanych w wegetatywnych tkankach kłosa. W badaniach Wu i Carver (1999) odmiany i linie biało-ziarnistej pszenicy (*T. aestivum*) różniły się zarówno pod względem ilości tych inhibitorów jak i reakcji zarodków na ich obecność. Wodne wyciągi sporządzane ze zmielonych plew działały różnie, zależnie od pochodzenia plew i zarodków (nasion).

Badane linie pszenicy twardej różniły się istotnie kiełkowaniem ziarniaków ocenianym w szalkach w trzech terminach (tab. 1). W czasie żniw stwierdzono istotne dodatnie zależności między energią kiełkowania a jawnym porastaniem w kłosach ocenianym po 3 i 7 dniach ($r_{xy} = 0,408$ i $0,608$) (tab. 2). Po upływie 4 i 8 tygodni zależność ta nie wystąpiła, otrzymano natomiast istotne ujemne wartości współczynników korelacji dla porastania w okresie żniw i zdolności kiełkowania ziarniaków w szalkach. Ziarniaki genotypów słabiej porastających w czasie żniw kiełkowały po 4 i 8 tygodniach na szalkach mocniej od ziarniaków form podatnych na porastanie. Było to związane z szybkim zanikaniem późniejszego spoczynku ziarniaków.

Tabela 2

Współczynniki korelacji fenotypowych
Phenotypic correlation coefficients

Lp. No.	Cecha Trait	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Porastanie po 3 dniach Sprouting after 3 days	0,599**	0,408*	-0,188	0,074	-0,763**	-0,109	-0,886**	-0,147	-0,613**	0,180
2	Porastanie po 7 dniach Sprouting after 7 days		0,608**	0,306	0,096	-0,379*	-0,264	-0,503**	-0,222	-0,200	0,152
3	E.K. w czasie żniw G.E. in harvest time			0,448**	0,431*	-0,018	0,112	-0,124	0,041	0,050	0,008
4	Z.K. w czasie żniw C. in harvest time				0,010	0,551**	-0,085	0,381*	-0,170	0,326	0,122
5	E.K. po 4 tyg. G.E. after 4 weeks					0,242	0,635**	0,121	0,642**	0,161	-0,446**
6	Z.K. po 4 tyg. G.C. after 4 weeks						0,246	0,873**	0,269	0,786**	-0,263
7	E.K. po 8 tyg. G.E. after 8 weeks							0,354*	0,793**	0,150	-0,456**
8	Z.K. po 8 tyg. G.C. after 8 weeks								0,347*	0,704**	-0,331
9	E.K. po 8 tyg. w ABA G.E. after 8 weeks in ABA									0,325	-0,891**
10	Z.K. po 8 tyg. w ABA G.C. after 8 weeks in ABA										-0,396*
11	Współczynnik wrażliwości na ABA ABA responsiveness coefficient										

* r_{xy} Istotny przy $P = 0,05$; Significant at $P = 0.05$

** r_{xy} Istotny przy $P = 0,01$; Significant at $P = 0.01$

E.K. — Energia kiełkowania

G.E. — Germination energy

Z.K. — Zdolność kiełkowania

G.C. — Germination capacity

Otrzymane wyniki wskazują na to, że w czasie żniw można selekcję prowadzoną w warunkach prowokacyjnych zastępować selekcją w szalkach oceniając energię kiełkowania.

Według szacunkowych ocen stan spoczynkowy ziarniaków w 49–65% decyduje o odporności na porastanie w kłosach. Długość okresu spoczynku późniejszego uwarunkowana jest genetycznie, ale podlega silnym wpływom klimatycznym w okresie dojrzewania ziarna (Hageman i Ciha, 1987; Strand, 1990; Weidner, 1992; Chloupek i in., 1997).

Linie pszenicy twardej wykazywały istotne różnice pod względem stanu spoczynkowego (tab. 1). Ziarniaki linii LGR 626b/99/3 i LGR 645/99/8 nie wykazywały w ogóle spoczynku, w czasie żniw kiełkowanie przekroczyło umowną granicę 95% (Rzepka, 1975). Pięć linii odznaczało się bardzo krótkim spoczynkiem, w czasie żniw kiełkowało około 90% ziarniaków. Spoczynek nasion wzorcowej odmiany *T. aestivum* L. i 16 linii *T. durum* Desf. zanikał przed upływem 4 tygodni liczonych od żniw. U 13 linii spoczynek był dość głęboki gdyż zanikał dopiero przed upływem 8 tygodni. Wyniki uzyskane dla trzech linii są całkiem odmienne od pozostałych. Z jednej strony odznaczały się one długim okresem spoczynku ocenianym w szalkach Petriego (po 8 tygodniach kiełkowały na poziomie 64,0–

76,7%), z drugiej zaś porastanie w kłosach ocenione w czasie żniw przekroczyło 90%. Wymaga to prawdopodobnie głębszych badań.

Istotną rolę w hamowaniu procesów kiełkowania odgrywa u zbóż kwas abscysynowy (ABA) syntetyzowany w obrębie samego zarodka i otaczających go tkankach (Weidner, 1992; Masojć, 1996). Według niektórych autorów selekcję genotypów odpornych na porastanie można u zbóż prowadzić po zaniku spoczynku ziarniaków wykorzystując reakcję na egzogenny ABA. Potwierdzają to wyniki wielu badań w których genotypy odporne na porastanie w czasie żniw po 6–8 tygodniach istotnie obniżały kiełkowanie pod wpływem egzogenego ABA (Walker-Simmons, 1987; Doliński, 1995; Masojć i in., 1995; Masojć i Vu, 1997; Doliński i Kociuba, 1999; Masojć, 2001). W badaniach wykonanych na pszenicy (Walker-Simmons, 1987) dwie odmiany; nie porastająca i wrażliwa na porastanie różniły się ilością endogenego ABA w zarodkach i otaczających tkankach oraz reakcją zarodków na ten inhibitor kiełkowania. Różnice we wrażliwości zarodków były zdecydowanie większe od różnic w ilości ABA.

W naszych badaniach nie stwierdzono wyraźnych zależności pomiędzy reakcją ziarniaków na egzogenny ABA ocenianą po zaniku okresu spoczynku i porastaniem w kłosach ocenianym w czasie żniw w warunkach prowokacyjnych. Korelacje jawnego porastania w kłosach ze współczynnikami wrażliwości na ABA były nieistotne (tab. 2). Na podkreślenie zasługuje fakt, że stosunkowo niską wartością współczynnika wrażliwości na ABA wyróżniła się odporna na porastanie odmiana *T. aestivum* Bombona. Tylko 2 linie pszenicy twardej reagowały na poziomie zbliżonym do tej odmiany, pozostałe miały współczynniki wyższe (tab. 1).

WNIOSKI

1. Z ocenianego zestawu linii pszenicy twardej można wyselekcjonować formy o zwiększonej (dużej) odporności na porastanie. Najlepszych efektów można spodziewać się przy selekcji prowadzonej w warunkach prowokacyjnych (komora wilgotnościowa). Otrzymaliśmy dla jawnego porastania ziarna w kłosach wysokie wartości współczynników zmienności między liniowej i wysokie wartości współczynników odziedziczalności (po 3 dobach $W = 99\%$ i $h^2 = 0,93$, po 7 dobach $W = 50,7\%$ i $h^2 = 0,92$).
2. Wysoka wartość współczynnika korelacji pomiędzy ocenami porastania po 3 i 7 dobach wskazuje na możliwość selekcji w oparciu o oceny 3-dniowe. Jednakże ocena przeprowadzona po 7 dniach wydaje się być bardziej obiektywna, w naszych badaniach niektóre linie uznane za odporne w pierwszym terminie w drugim porosły w ponad 80%.
3. Na wczesnych etapach hodowli *T. durum*, przy dużej liczbie ocenianych genotypów, można w okresie żniw selekcję w komorze wilgotnościowej zastępować selekcją opartą na ocenie energii kiełkowania ziarniaków w szalkach Petriego (kiełkowniku). Należy jednak liczyć się z koniecznością oceny wyselekcjonowanych genotypów w warunkach prowokacyjnych (w następnym okresie wegetacji). W naszych badaniach u niektórych linii porastanie w kłosach było większe od kiełkowania w szalkach.

4. Badania wykazały, że do selekcji nie porastających form pszenicy twardej nie można wykorzystać reakcji na egzogenny ABA ocenianej po zaniku spoczynku późniwnego. Korelacje jawnego porostania w kłosach ze współczynnikami wrażliwości na ABA były nie istotne.

LITERATURA

- Catapan M. I. S., Nunes R. M., Baier A. C. 1990. Evaluation of earliness, sprouting and scab resistance in triticale, wheat and rye. Proceedings of the Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil 1–5 October 1990: 249 — 252.
- Chloupek O., Ehrenbergerova J., Sevicik R., Parizek P. 1997. Genetic and non-genetic factors affecting germination and vitality. Plant Breeding 116: 186 — 188.
- COBORU. 2006. Lista odmian roślin rolniczych i warzywnych. Słupia Wielka.
- 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 G. J. 1977. On the problem of preharvest sprouting of wheat. Euphytica 52: 299 — 308.
- Derera N. F., Bhatt G. M. 1980. Germination inhibition of the bracts in relation to pre-harvest sprouting tolerance in wheat. Cereal Res. Com. 8: 199 — 201.
- Doliński R. 1995. Ocena polskich odmian uprawnych i rodów hodowlanych heksaploidalnego ozimego pszenżyta pod względem odporności na porastanie. Biul. IHAR 195/196: 147 — 158.
- Doliński R., Kociuba W. 1999. Odporność na porastanie i spoczynek późniwny ziarniaków w kolekcji pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 211: 153 — 164.
- 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.
- Hageman M. G., Ciha A. J. 1987. Environmental × genotype effects on seed dormancy and after-ripening in wheat. Agronomy J. 79: 192 — 196.
- Masojć P. 1996. Kierunki badań genetycznych nad skłonnością ziarniaków zbóż do przedźniwnego porostania. Post. Nauk Roln. 4/96: 27 — 40.
- Masojć P. 2001. Ocena wartości hodowlanej rodów żyta o podwyższonej odporności na porastanie. Biul. IHAR 218/219: 371 — 377.
- Masojć P., Stojalowski P., Łapiński P., Milczarski P. 1995. Wrażliwość na egzogenne regulatory wzrostu a odporność na porastanie odmian, linii i mieszańców żyta ozimego. Biul. IHAR 195/196: 341 — 349.
- Masojć P., Vu D. T. 1997. Hodowla w kierunku podwyższonej odporności żyta na porastanie. Materiały z I Krajowej konferencji „Hodowla Roślin”, 19–20 listopada: 363 — 366.
- McCaig T. N., DePauw R. M. 1992. Breeding for preharvest sprouting tolerance in white-seed-coat spring wheat. Crop Sci. 32: 19 — 23.
- McCrate 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.
- Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Segit Z. 2002. Plonowanie nowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. Annales UMCS, sec. E, 57: 71 — 76.
- Rzepka D. 1975. Ocena odporności na porastanie i spoczynku późniwnego ziarna odmian żyta di- i tetraploidalnego. Cz. I. Długość spoczynku późniwnego ziarna odmian żyta di- i tetraploidalnego. Biul. IHAR 133: 59 — 65.
- Salman D. F., Helm J. H., Duggan T. R., Lakeman D. M. 1986. The influence of chaff extracts on the germination of spring triticale. Agron. J. 78: 863 — 867.
- Segit Z., Szwed-Urbaś K. 2006. Ocena cech jakościowych ziarna wybranych linii pszenicy twardej. Biul. IHAR 240/241: 75 — 82.
- Strand E. 1990. Effects of environmental factors on seed dormancy in cultivar of wheat, barley and oats. Fifth Intern. Symp. on Pre-harvest Sprouting in Cereals. 1995. Westview Press, Bolder, San Francisco, Oxford: 15 — 26.

- Szwed-Urbaś K., Segit Z. 1996. Wartość ważniejszych elementów plonowania *Triticum durum* z uwzględnieniem interakcji genotypowo-środowiskowej. Biul. IHAR 200: 291 — 297.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z. 2004. Charakterystyka wybranych cech ilościowych u mieszańców pszenicy twardej. Annales UMCS, sec. E, 59, 1: 101 — 113.
- Trethowan R. M., Pfeiffer W. H. 1990. Evaluation and quantification of mechanisms contributing to sprouting resistance in spring Triticale. Proceedings of the Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil 1-5 October 1990: 125 — 127.
- Trethowan R. M., Pena R. J., Pfeiffer W. H., Amaya A. 1990. Using line source gradients in a multi-environment testing strategy to combine and evaluate mechanisms contributing to sprouting resistance. Proceedings of the Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil 1-5 October 1990: 125 — 127.
- Upadhyay M. P., Paulsen G. M. 1988. Heritabilities and genetic variation for preharvest sprouting in progenies of Clark's Cream white wheat. Euphytica 38: 93 — 100.
- Walker-Simmons M. 1987. ABA levels and sensitivity in developing wheat embryos of sprouting resistant and susceptible cultivars. Plant Physiol. 84: 61 — 66.
- Weidner S. 1992. Przedsprzędne porastanie ziarniaków zbóż i jego regulacja. Post. Nauk Rol. 5/6: 89 — 104.
- Witkowska K., Witkowski E. 1992. Zależność porastania pszenicy ozimej od terminu pobierania prób. Biul. IHAR 184: 25 — 29.
- Wojas T., Gut M. 2002. Współzależności pomiędzy odpornością na porastanie a innymi cechami użytkowymi pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 223/234: 87 — 93.
- Wu J., Carver B. F. 1999. Sprout damage and preharvest sprout resistance in hard white winter wheat. Crop Sci. 39: 441 — 447.