

ANDRZEJ BINEK**MARIA MOŚ**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Zależność pomiędzy spoczynkiem ziarniaków pszenicy ozimej a liczbą opadania

Relationship between seed dormancy and falling number in wheat

Spoczynek ziarniaków 20 odmian pszenicy ozimej oznaczono na podstawie oceny kiełkowania w stałej temperaturze 15, 20 i 25°C w 10 dniu od zbioru. Badane odmiany istotnie różniły się pod względem wszystkich wskaźników. Największe zróżnicowanie stwierdzono w 25°C dla szybkości kiełkowania wg Maguire'a (10,6–22,3), średniego czasu kiełkowania (2,2–3,2 dnia) oraz zdolności kiełkowania (70–97%). Liczbę opadania oznaczono dla ziarniaków prób kontrolnych oraz prób poddanych indukcji porastania ziarniaków w kłosach i kiełkowaniu w szalkach Petriego. Na podstawie tych oznaczeń obliczono różnicę liczby opadania oraz indeks liczby opadania wg Weilenmanna (1979). Liczba opadania ziarniaków kontrolnych wahała się w zakresie 233–432 sekund. Indukcja porastania ziarniaków w kłosach i kiełkowanie w szalkach wpłynęło na obniżenie liczby opadania odpowiednio o 100 i 82 sekund. Zależność pomiędzy szybkością kiełkowania a indeksem liczby opadania przyjmowała wysoce istotne wartości ($r = 0,584^{**}$ do $0,748^{**}$), które wskazują na przydatność tego wskaźnika w hodowli odmian odpornych na porastanie. Dwie spośród badanych odmian Symfonia i Mikon uzyskały niski indeks liczby opadania, który świadczy o odporności na porastanie. Odmiany Wanda i Rysa o wysokim indeksie liczby opadania były podatne na porastanie.

Słowa kluczowe: liczba opadania, odmiany, porastanie, pszenica ozima, spoczynek, szybkość kiełkowania

Grain dormancy was determined in 20 winter wheat cultivars, basing on evaluation of germination at the constant temperatures of 15, 20 and 25°C, starting from the 10th day after harvest. The examined cultivars were significantly differentiated for all examined indices. The largest differences were found at 25°C for the germination rate assessed according to Maguire (10.6–22.3), mean germination time (2.2–3.3 days) and germination ability (70–97%). Falling number was determined for the samples exposed to sprouting induction in ears, samples subjected to incipient germination in Petri dishes as well as for the control samples. On the basis of these data differences in falling number were calculated together with falling number indices, according to Weilenmann (1979). In the control samples the falling number ranged from 233 to 432 sec. The sprouting induction in ears and in the germination dishes caused a decrease of falling number by 100 and 82 sec., respectively. The relationship between germination speed and the falling number index was highly significant ($r = 0.584^{**}$ to 0.748^{**}), which proves usefulness of this index in breeding cultivars resistant to preharvest sprouting. Two of the tested cultivars: Symfonia and Mikon had low falling number index, which shows their good sprouting

tolerance. On the other hand, the Wanda and Rysa cultivars, with high Weilenmann indices, were susceptible to sprouting.

Key words: cultivars, dormancy, falling number, germination speed, sprouting, winter wheat

WSTĘP

Przedżniwne porastanie ziarniaków pszenicy zwyczajnej występuje w wielu rejonach świata. Częste opady deszczu i wysoka wilgotność w okresie dojrzewania ziarniaków powodują ich kiełkowanie przez zbiorem. Odporność na porastanie w znacznym stopniu zależy od stanu spoczynkowego ziarniaków (Belderock 1968; Derera i in., 1977), który jest wynikiem wpływu warunków środowiska w okresie dojrzewania i przechowywania ziarniaków oraz oddziaływania kompleksu czynników genetycznych (Piech i in., 1970; Anderson i in., 1993; Kato i in., 2001; Sodkiewicz, 2002). Odmianowe różnice w długości spoczynku ujawniają się słabo przy niskich temperaturach (np. 10°C), lecz zwiększają się wraz z podwyższeniem temperatury (Black i in., 1987; Binek, 2002; Nyachiro i in., 2002).

Oprócz spoczynku ziarniaków na porastanie w kłosie wpływa poziom inhibitorów kiełkowania (Derera i in., 1977; Jiang-GuoLiang, 1998); ilość i aktywność alfa-amylaz (Bhatt i in., 1976), struktura okrywy owocowo-nasiennej, szybkość imbibicji (King, 1984) oraz cechy morfologiczne kłosa (King, Liciś, 1990).

Ziarniaki porośnięte mają obniżoną wartość technologiczną, ponieważ wzrost alfa-amylaz pogarsza właściwości wypiekowe mąki, a tym samym obniża liczbę opadania oznaczaną metodą Hagberga-Pertena. Mimo że wysoka liczba opadania nie zawsze jest związana z wysoką odpornością na porastanie (Węgrzyn i in., 1991), jej zwiększenie jest ważną cechą w programie hodowli zbóż jakościowych przeznaczonych na cele konsumpcyjne. Metody selekcji zwiększające odporność na porastanie uwzględniają różne kryteria jak aktywność alfa-amylaz, porastanie ziarniaków w kłosie oraz różne wskaźniki stanu spoczynkowego ziarniaków. Weilenmann (1979) jako kryterium selekcji zaproponował indeks porastania określany na podstawie liczby opadania prób kontrolnych i poddanych indukcji porastania. Zaproponowana metoda pozwala na bezpośrednią selekcję odmian o wysokiej liczbie opadania tolerancyjnych na niekorzystne warunki zbioru.

Celem podjętych badań była ocena zależności pomiędzy długością okresu spoczynku odmian pszenicy ozimej, ocenianego na podstawie szybkości kiełkowania w różnych temperaturach a liczbą opadania ziarniaków poddanych indukcji porastania.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań było 20 odmian pszenicy ozimej, które wysiano na poletkach o powierzchni 1,5 m². Zbiór przeprowadzono w roku 2002 w jednym terminie w fazie pełnej dojrzałości. Wilgotność ziarniaków w dniu zbioru wahała się w zakresie 16–19%. Z poletek każdej odmiany pobrano losowo po 15 kłosów do indukcji porastania ziarniaków w kłosach. Pozostałe kłosy zebrane z poletek omlócono w dniu zbioru na młocarni do pojedynków. Próby ziarniaków doczyszczono na sitach szczelinowych 2,2 mm. Spoczynek

ziarniaków oznaczono na podstawie oceny kiełkowania, którą przeprowadzono w temperaturze 15, 20 i 25°C. W 10 dniu od zbioru ziarniaki poddano kiełkowaniu w szalkach Petriego, wysiewając 50 ziarniaków w 4 powtórzeniach. W odstępach 24 godzin rejestrowano liczbę ziarniaków, których korzeń zarodkowy przebił okrywę owocowo-nasienną i uzyskał długość co najmniej 1 mm. Na podstawie obserwacji kiełkowania prowadzonych przez kolejne 4 dni oznaczono szybkość kiełkowania, a po 8 dniach oznaczono zdolność kiełkowania zgodnie z kryteriami PN-79/R-65950.

Równocześnie indukowano porastanie ziarniaków w kłosach oraz kiełkowanie w szalkach. W szalkach o średnich 18 cm umieszczono jedną warstwę ziarniaków pomiędzy 3 krążkami nawilżonej bibuły filtracyjnej i poddano je kiełkowaniu przez okres 24 godziny w temperaturze 25°C. Po wysuszeniu ziarniaki przeznaczano do oceny liczby opadania.

Próby 15 kłosów z każdej odmiany poddano bezpośrednio po zbiorze indukcji porastania w temperaturze 25°C przez okres 36 godzin. Po wysuszeniu kłosy omłócono i doczyszczono jak próby kontrolne. Oznaczenia wykonano w dwóch powtórzeniach, a dopuszczalne odchylenia pomiędzy wynikami przyjęto na poziomie 10%, zgodnie z metodyką Hagberga-Pertena (Jakubczyk, Haber, 1981). Do oznaczenia liczby opadania ziarniaki zmielono w młynie laboratoryjnym „Mill 3100” i pobierano 6,6 g naważki. Liczbę opadania oznaczono dla ziarniaków kontrolnych oraz ziarniaków po indukcji porastania na szlakach i w kłosach. Na podstawie liczby opadania obliczono dwa wskaźniki:

- różnicę liczby opadania pomiędzy ziarnem kontroli a ziarnem po indukcji porastania,
- indeks liczby opadania (*ILO*) zaproponowany przez Weilenmanna (1979) wg wzoru:

$$ILO = \sqrt{(10 - K : 60) \times (540 : P)}$$

K — liczba opadania kontroli,

P — liczba opadania po indukcji porastania.

Indeks liczby opadania (*ILO*) zaproponowany przez Weilenmanna (1979) przyjmuje wartość „1” w przypadku liczby opadania 540 dla kontroli i po indukcji porastania oraz wartość „9” przy liczbie opadania 60 dla prób kontrolnych i po indukcji porastania. Wartość indeksu uwzględnia równocześnie dwa pomiary liczby opadania, lecz w większym stopniu zależy od liczby opadania próby kontrolnej. Niskie wartości tego indeksu uzyskują zatem odmiany o wysokiej liczbie opadania.

Uzyskane wskaźniki poddano analizie wariancji w układzie losowym, zróżnicowanie średnich oszacowano na podstawie testu „t” Studenta. Obliczono współczynniki regresji i korelacji liniowej pomiędzy wskaźnikami szybkości kiełkowania ziarniaków, a wskaźnikami liczby opadania.

OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

Badany asortyment odmian pszenicy ozimej był istotnie zróżnicowany pod względem zdolności kiełkowania ocenianej po 10 dniach od zbioru. Średnie wartości zdolności

kiełkowania w temperaturze 15, 20 i 25°C wynosiły odpowiednio 92,3; 88,9 i 83,3% (tab. 1). Na podstawie współczynnika zmienności stwierdzono, że największe zróżnicowanie odmian wystąpiło w temperaturze 25°C. W tych warunkach termicznych działających hamująco na kiełkowanie ziarniaków w stanie spoczynku (Black i in., 1987; Binek, 2002; Nyachiro, 2002), zdolność kiełkowania wahała się w zakresie 70–97%, a współczynnik zmienności wynosił 10,4%.

Tabela 1

Wpływ temperatury na zróżnicowanie wskaźników szybkości i zdolności kiełkowania ziarniaków 20 odmian pszenicy ozimej po 10 dniach od zbioru
The influence of temperature on differentiation speed and ability of germination in grain of 20 winter wheat cultivars, 10 days after harvest

Wskaźniki kiełkowania Germination indices	Temperatura Temperature	Średnia (od — do) Average (from — to)	±s	V%
Średni czas kiełkowania Mean germination time	25°C	2,75 (2,18–3,20)	0,272	9,9
	20°C	2,55 (2,11–2,88)	0,211	8,3
	15°C	3,04 (2,74–3,22)	0,145	4,8
Szybkość kiełkowania Germination speed	25°C	15,3 (10,6–22,5)	3,17	20,7
	20°C	18,0 (14,7–23,1)	2,64	14,7
	15°C	15,5 (12,4–19,0)	1,76	11,4
Zdolność kiełkowania Germination ability	25°C	83,3 (70,0–96,5)	8,65	10,4
	20°C	88,9 (76,0–96,5)	6,48	7,3
	15°C	92,3 (82,0–98,5)	6,16	6,7

Szybkość kiełkowania ziarniaków obliczona wg Piepera i Maguire’a pozwoliła na ocenę zróżnicowania odmian pod względem stanu spoczynkowego. Krótki czas potrzebny do pojawiania się ziarniaków z przebitą okrywą owocowo-nasienną świadczy o gotowości ziarniaków do kiełkowania i dużej skłonności do porostania.

Średni czas kiełkowania wg Piepera (1952) był najkrótszy (2,55 dnia) w temperaturze 20°C. Największą zmienność ($V = 9,9\%$) tego wskaźnika stwierdzono w temperaturze 25°C, w której średni czas kiełkowania wynosił 2,75 dnia przy wahaniach w zakresie 3,20 do 2,18 dnia.

Wartości wskaźnika szybkości kiełkowania wg Maguire’a (1962) zależały w większym stopniu od liczebności ziarniaków najwcześniej kiełkujących, z tych względów obserwowano większe wartości współczynników zmienności (Binek, Moś, 1984; Kamaha i Maguire, 1992). Uzyskane wyniki są zgodne z danymi dla średniego czasu kiełkowania wg Piepera. W tym przypadku podobnie największą szybkość kiełkowania odnotowano w temperaturze 20°C, a największe zróżnicowanie wyników wystąpiło w temperaturze 25°C. Uzyskane dane potwierdzają wpływ temperatury i genotypu na poziom spoczynku i wskazują, że ocenę spoczynku ziarniaków należy przeprowadzać w temperaturze 25–30°C (Kettlewell i in., 1995; Binek, 2002; Nyachiro i in., 2002).

Liczba opadania określona dla ziarniaków prób kontrolnych była istotnie zróżnicowana i mieściła się w zakresie 432 do 233 sekund (tab. 2).

Tabela 2

Zmienność liczby opadania prób kontrolnych i prób poddanych indukcji porostania w kłosach i kielkowaniu w szalkach Petriego
Variation in falling number of control samples and samples exposed to sprouting induction in ears and germination in Petri dishes

Nr No	Odmiany Cultivars	Liczba opadania (LO) Falling number (FN)			Różnice LO prób kontrolnych i porośniętych Difference in FN of control samples and sprouted ones		Indeks LO Weilenmanna Weilenmann FN index	
		kontrola control	kłosy ears	szalki dishes	kłosy ears	szalki dishes	kłosy ears	szalki dishes
5	Mikon	432	341	365	91	67	2,11	2,03
6	Clever	361	124	265	237	96	4,17	2,85
9	Symfonia	355	333	367	22	-13	2,58	2,45
18	Rysa	353	211	113	141	240	3,25	4,45
16	Korweta	337	247	200	90	137	3,10	3,44
15	Pegassos	314	223	202	91	112	3,39	3,57
14	Tortija	313	143	252	170	60	4,26	3,37
17	Turnia	301	195	237	106	63	3,72	3,37
20	Sakwa	293	265	253	28	40	3,23	3,30
10	Tonacja	290	248	221	42	69	3,35	3,55
1	Emika	288	216	229	72	59	3,61	3,51
12	Begra	288	205	219	83	69	3,71	3,58
11	Izolda	275	174	212	101	63	4,10	3,72
2	Wilga	272	173	197	99	75	4,13	3,86
19	Elena	266	221	218	45	48	3,69	3,71
8	Liryka	263	193	157	70	106	3,96	4,40
4	Sukces	257	169	189	88	68	4,27	4,04
3	Soraja	257	175	181	82	76	4,21	4,13
7	Juma	249	83	159	166	90	6,18	4,45
13	Wanda	233	65	121	168	112	7,11	5,22
Średnia Average		299,9	200,2	217,9	99,6	818	3,91	3,64
NRI $p < 0,05$		21,3	14,2	16,3	—	—	—	—
LSD $p < 0,05$								
V%		16,0	34,7	29,7	53,8	81,8	28,3	19,9
CV%								
—		—	$r = 0,680^{**}$		$r = 0,446^*$		$r = 0,753^{**}$	

W wyniku indukcji porostania ziarniaków w kłosach i kielkowania w szalkach, liczba opadania zmniejszyła się odpowiednio o 100 i 82 sekundy, tj. 67 i 73%. Pomiędzy liczbą opadania prób kontrolnych a różnicą liczby opadania spowodowaną porastaniem ziarniaków w kłosie nie stwierdzono istotnej regresji (rys. 1). Odmianowe zróżnicowanie prób kontrolnych i poddanych indukcji porostania w kłosach oraz kielkowaniu w szalkach było bardzo duże, a współczynnik zmienności wynosił odpowiednio 54 i 82% (tab. 2). Ziarniaki badanych odmian różnie reagowały na indukcję porostania w kłosach i kielkowanie w szalkach, o czym świadczy wprawdzie istotny, ale mało znaczący współczynnik korelacji ($r = 0,446^*$, tab. 3). Jeżeli za kryterium zmienności odmian przyjęto indeks liczby opadania (Weilenmann, 1979) dla prób z kłosów i szalek, to współczynniki zmienności zmniejszyły się odpowiednio do 28 i 20% (tab. 3). Współczynnik korelacji pomiędzy indeksem liczby opadania dla ziarniaków z kłosów i szalek wykazał zadowalającą zgodność wyników ($r = 0,753^{**}$).

Tabela 3

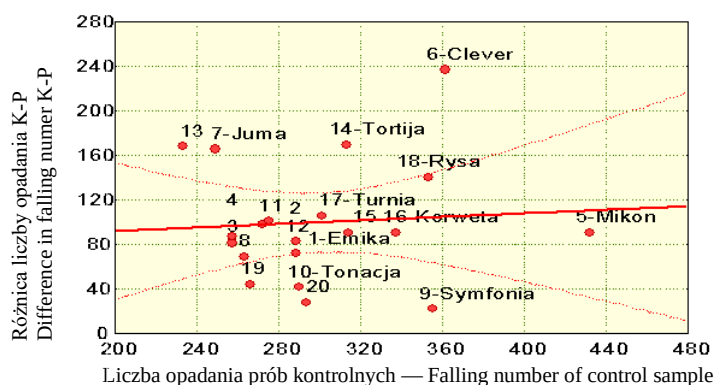
Współczynniki korelacji pomiędzy szybkością kiełkowania a wskaźnikami liczby opadania po indukcji porostania ziarniaków w kłosach i kiełkowania w szalkach

Correlation coefficients between the germination speed and the falling number indices after grain sprouting in ears and germination in Petri dishes

Wskaźnik liczby opadania Falling number indices	Wskaźniki szybkości kiełkowania Germination speed indices	Temp. °C	Indukcja porostania i kiełkowania Sprouting and germination induction	
			kłosach ears	szalkach dishes
Zróżnicowanie przed i po indukcji porostania Differences before and after sprouting induction	Kiełkujące po 2 dniach Germination after 2 days, n = 19	15	0,600**	0,672**
	Średni czas kiełkowania Mean germination time n = 19	20	0,613**	0,663**
	Szybkość kiełkowania Germination speed n = 19	25	0,670**	0,624**
		15	-0,464*	-0,654**
		20	-0,617**	-0,634**
		25	-0,654**	-0,575**
		15	0,119	0,129
		20	0,524*	0,613**
		25	0,630**	0,649**
Indeks liczby opadania wg Weilenmanna Weilenmann falling number index	Kiełkujące po 2 dniach Germination after 2 days, n = 20	15	0,554*	0,704**
	Średni czas kiełkowania Mean germination time N = 20	20	0,530*	0,698**
	Szybkość kiełkowania Germination speed n = 20	25	0,617**	0,727**
		15	-0,403	-0,658**
		20	-0,526*	-0,666**
		25	-0,579**	-0,652**
		15	-0,067	0,249
		20	0,474*	0,657**
		25	0,584**	0,748**

*, ** Istotne na poziomie odpowiednio lub $\leq 0,01$

*, ** Significant at $\leq 0,05$ and $\leq 0,01$, respectively



Rys. 1. Zróżnicowanie odmian pszenicy ozimej pod względem liczby opadania prób kontrolnych (K) oraz po indukcji porostania (P) ziarniaków w kłosie (K-P)

Fig.1. Variety differentiation of winter wheat for falling number in the control samples (K) and in those exposed to sprouting induction in spikes (P) and to germination in Petri dishes (K-P))

Obserwowane różnice wskaźników liczby opadania dla ziarniaków poddanych indukcji porostania w kłosach i kiełkowaniu w szalkach wynikać mogą z różnej szybkości imbibicji (King, 1984), cech morfologicznych kłosa takich jak kształt, pokrycie nalotem woskowym

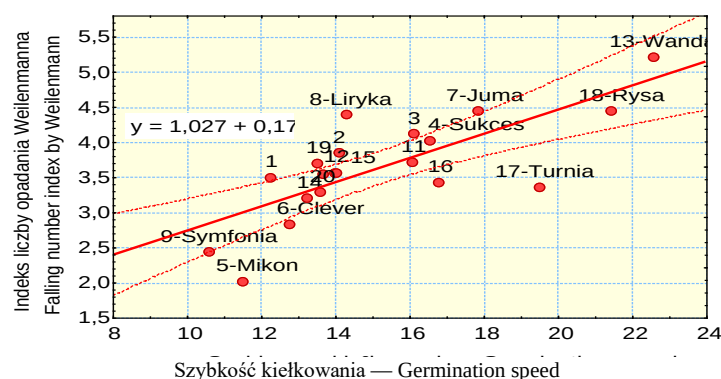
(King i in., 1984; King, Liciś, 1990) oraz obecność inhibitorów kiełkowania (Derera i in., 1976; Jiang-GuoLiang i in., 1998). Chociaż większą efektywność selekcji może zapewnić kryterium oparte na porastaniu ziarniaków w kłosie, to w licznych badaniach stan spoczynkowy i skłonność ziarniaków do porastania oceniana jest na podstawie dynamiki kiełkowania w ściśle kontrolowanych warunkach laboratoryjnych (Kettlewell i in., 1995; Jiang-GuoLiang i in., 1998).

W celu określenia zależności pomiędzy wskaźnikami szybkości kiełkowania badanych odmian a wartością technologiczną ziarniaków określoną na podstawie wskaźników liczby opadania obliczono współczynniki korelacji liniowej. Skłonność do porastania określono na podstawie trzech wskaźników: ziarniaków kiełkujących po 2 dniach od wysiewu oraz średniego czasu kiełkowania ziarniaków wg Piepera i szybkości kiełkowania według Maguire'a obliczonej na podstawie obserwacji kiełkowania ziarniaków w okresie 4 dni.

Zależności pomiędzy wskaźnikami szybkości kiełkowania, a wartościami różnicy liczby opadania prób kontrolnych i po indukcji porastania w kłosach nie były statystycznie istotne. Łamaczem korelacji okazała się odmiana Clever, u której stwierdzono największe obniżenie liczby opadania po indukcji porastania w kłosach. Po jej eliminacji z obliczeń stwierdzono istotną współzależność większości badanych cech. Niezależnie od sposobu indukcji porastania nie stwierdzono istotnej współzależności dla szybkości kiełkowania wg Maguire'a oznaczonej w temperaturze 15°C. Największe wartości współczynników korelacji wystąpiły w temperaturze 25°C pomiędzy średnim czasem kiełkowania ($r = -0,575^{**}$ do $-0,654^{**}$) i szybkością kiełkowania Maguire'a ($r = 0,584^{**}$ do $0,748^{**}$), a dwoma wskaźnikami liczby opadania (tab. 3).

Wysokie wartości współczynników korelacji ($r = 0,530^*$ do $0,727^{**}$) uzyskano również w przypadku oceny zależności pomiędzy procentowym udziałem ziarniaków kiełkujących po 2 dniach a wskaźnikami liczby opadania. Współczynniki korelacji obu cech wskazują, że szybkość kiełkowania determinowała wskaźniki liczby opadania w 33 do 56% ($R^2 = 0,33$ do $0,56$).

Obserwowana często słaba współzależność pomiędzy wizualną oceną uszkodzeń porostowych a liczbą opadania prób kontrolnych (Kruger, Tipples, 1982; Węgrzyn i in., 1991) powoduje, że wnioskowanie na podstawie wizualnej oceny ziarniaków danej odmiany o wartości technologicznej może być ryzykowane. Wysoką aktywność alfa-amylaz obserwuje się także u ziarniaków z porostem ukrytym, u których kiełkowanie rozpoczęło się bez widocznych objawów. Liczba opadania prób kontrolnych badanych odmian poddanych indukcji porastania z reguły obniżała się drastycznie. Z tych względów indeks liczby opadania Weilenmanna (1979) uwzględniający reakcję na indukcję porastania wydaje się być skutecznym kryterium selekcji odmian w kierunku wysokiej liczby opadania i odporności na porastanie.



Rys. 2. Regresja liniowa zależności indeksu liczby opadania Weilenmanna od szybkości kiełkowania ziarniaków wg Maguire’a

Fig. 2. Linear regression of the Weilenmann falling number index on germination rate (acc. to Maguire)

Odmianowe różnice pomiędzy szybkością kiełkowania ziarniaków wg Maguire’a oraz indeksem liczby opadania przedstawia rysunek 2. Do odmian o niskiej szybkości kiełkowania wynikającej ze spoczynku ziarniaków i niskim wskaźniku *ILO* można zaliczyć odmiany Mikon i Symfonia, natomiast dużą szybkość kiełkowania i duży wskaźnik tego indeksu uzyskały odmiany Wanda i Rysa. Występujące różnice odmianowe pozwalają wyróżnić odmiany bardziej tolerancyjne, które zdaniem Barnarda (2001) mogą być przydatne w hodowli odmian o mniejszej skłonności do przedźniwnego porostania.

WNIOSKI

1. Odmiany pszenicy ozimej istotnie różniły się głębokością spoczynku oznaczonego na podstawie szybkości i zdolności kiełkowania ziarniaków wysianych w 10 dniu od zbioru.
2. Spośród trzech temperatur stałych (15, 20 i 25°C) stosowanych w ocenie kiełkowania największe zróżnicowanie wyników stwierdzono w 25°C.
3. Liczba opadania mieściła się w zakresie 233–432 sekund. Indukcja porostania ziarniaków w kłosach i na szlakach spowodowała obniżenie liczby opadania odpowiednio o 100 i 82 sekundy oraz dwukrotne zwiększenie współczynnika zmienności badanych odmian.
4. Do odmian tolerancyjnych na porostanie, o niskim indeksie liczby opadania zaliczono odmiany Symfonia i Mikon, natomiast podatnymi na porostanie o wysokim indeksie liczby opadania okazały się odmiany Wanda i Rysa.
5. Znaczne zróżnicowanie odmian pszenicy ozimej pod względem indeksu liczby opadania wg Weilenmanna oraz wysoce istotna współzależność indeksu z szybkością kiełkowania wg Maguire’a ($r = 0,584^{**}$ do $0,748^{**}$) wskazuje na jego przydatność w selekcji genotypów odpornych na porostanie.

LITERATURA

- Allan R. E. 2000. Genetic variability and inheritance of grain dormancy in three white-grain wheats. Wheat Information Service, No 91: 11 — 14.
- Barnard A. 2001. Genetic diversity of South African winter wheat cultivars in relation to pre-harvest sprouting and falling number. Euphytica 119: 107 — 110.
- Belderok B. 1968. Seed dormancy in wheat. Filed Crop Abstr. 21: 203 — 211.
- Binek A., Moś M. 1984. Die Sortenunterschiede und Variabilität der Keimruhe bei Winterweizen. M-L-Univ. Halle-Wittenberg. Wissenschaftliche Beiträge. 322 — 330.
- Binek A. 2002. Wpływ temperatury na kiełkowanie w okresie spoczynku ziarniaków pszenicy ozimej. Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln. 480: 95 — 101.
- Black M., Butler J., Hughes M. 1987. Control and development of dormancy in cereals. In: D. Mares (ed.) Proc. of the 4th Symp. on Pre-harvest Sprouting in Cereals: 379 — 392.
- Bhatt G. M., Derera N. F., McMaster G. J. 1976. Breeding white grained spring wheat for low alfa-amylase synthesis and insensitivity to gibberellic acid in grain. Cereal Res. Commun. 4: 245 — 249.
- Derera N. F., Bhatt G. M., McMaster G. J. 1977. On the problem of pre-harvest sprouting of wheat. Euphytica 26: 299 — 308.
- Jakubczyk T., Haber T. 1981. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypt SGGW-AR, Warszawa: 153 — 161.
- Jiang-GuoLiang, Chen-ZhaoZia, Liu-ShiJia, Ziao-ShiHe, Jiang-GL, Chen_ZX, Liu-SJ, Ziao-SH 1998. Pre-harvest sprouting in white wheat and resistant characteristic of cultivars. Acta Agron. Sinica 24: 793 — 798.
- Kamaha C., Maguire J. D. 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. Seed Sci. Technol. 20: 181 — 185.
- Kato K., Nakamura W., Tabiki T., Miuraa H., Sawada S. 2001. Detection of loci controlling seed dormancy on group 4 chromosomes of wheat and comparative mapping with rice and barley genomes. Theor. Appl. Genet. 102: 980 — 985.
- Kruger J. E., Tipples K. H. 1979. Relationships between falling number, amylograph viscosity and alfa-amylase activity in Canadian wheat. Cereal Res. Commun. 8: 97 — 105.
- Kettlewell P. S., Lunn G. D., Major B. J., Scott R. K., Gate P., Couvreur F. 1995. A possible scheme for pre-harvest prediction of Hagberg falling number and sprouting of wheat in the UK and France. Seventh Intern. Symp. on Pre-harvest Sprouting in Cereals 1995. Kaz Noda, D. J. Mares (eds.). Center for Academic Societies Japan, Osaka.
- King R. G., Richards R. A. 1984. Water uptake in relation to the pre-harvest sprouting damage in wheat. Ear characteristics. Austr. J. Agric. Res. 35: 327 — 336.
- King R. W. 1984. Water uptake relation to pre-harvest sprouting damage in wheat: grain characteristics. Austr. J. Agric. Res. 35: 337 — 345.
- King R. W., Liciś I. 1990. Designing wheat ears to reduce sprouting — the use of umbrellas and raincoats. Fifth Intern. Symp. on pre-harvest sprouting in cereals 1995. Westview Press, Boulder, San Francisco, Oxford: 27 — 35.
- Maguire J. D. 1962. Speed of germination — aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176 — 177.
- Nyachiro J. M., Clerke F. R., DePauw R. M., Konx R. E., Armstrong K. C. 2002. Temperature effects on seed germination and expression of seed dormancy in wheat. Euphytica 120: 123 — 127.
- Olered G. 1967. Development of alfa-amylase activity and falling number in wheat and rye during ripening. Vaxtodling Plant Husb., Uppsala, 23: 9 — 101.
- Piech J., Ruszkowski M., Jaworska K. 1970. Inheritance of the seed dormancy stage duration in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) Genet. Pol. 11: 227 — 240.
- Pieper H. 1952. Das Saatgut. Paul Parey Verlag, Berlin.
- Polska Norma, 1979. Materiał siewny. Metody badania nasion. PN-R-65950.
- Sodkiewicz W. 2002. Diploid wheat — *Triticum monococcum* as a source of resistance genes to preharvest sprouting in triticales. Cereal Res. Commun. 30: 323 — 328.

- Węgrzyn S., Gut M., Cygankiewicz A., Ptak B. 1991. Odporność na porastanie rodów i odmian pszenicy (*Triticum aestivum*). Część I. Pszenica ozima. Biul. IHAR 180: 121 — 128.
- Weilenmann F. 1979. Plant breeding aspects of sprouting resistance and experience with the selection technique using sprouting index. Cereal Res. Commun. 8: 209 — 218.