

EDWARD WITKOWSKI ¹
KRYSTYNA WITKOWSKA ¹
URSZULA WOŹNA-PAWLAK ²
KRZYSZTOF RUBRYCKI ²
PRZEMYSŁAW MATYSIK ³
MARIA BOGACKA ⁴
HELENA BIELERZEWSKA ⁴
MARCIN KONIECZNY⁴
MAŁGORZATA ŁAGODZKA-GOLA ⁵
TADEUSZ DRZAZGA ⁵
TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI ⁶

¹ HR Smolice

² PHR Antoniny

³ HR Strzelce

⁴ Dębina HR Danko ⁴ Szelejewo HR Danko

⁵ Polanowice MHR

⁶ IHAR — PIB Kraków

Przydatność badań mrozoodporności w przewidywaniu zimotrwałości odmian pszenicy ozimej

Usefulness of frost resistance assessments for prediction of winter hardiness of winter wheat cultivars

Celem badań było porównanie wyników oceny mrozoodporności i zimotrwałości 426 rodów i odmian pszenicy ozimej badanych w latach 2010–2012. Stwierdzono wysoce istotną korelację pomiędzy wynikami ocen obu metod wynoszącą w 2010 roku, $r = 0,683$, w 2011 roku, $r = 0,561$, a w 2012 roku $r = 0,614$. Ważnymi czynnikami w ocenie mrozoodporności i zimotrwałości okazały się warunki środowiska, które należy uwzględnić w trakcie prowadzenia badań oraz podczas analizy otrzymanych wyników.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, mrozoodporność, zimotrwałość

The purpose of the study was to compare the results of the evaluation of frost resistance and winter hardiness of 426 winter wheat varieties tested in the years 2010–2012. A highly significant correlation was found between the results of both methods of evaluations in 2010, $r = 0,683$, in 2011, $r = 0,561$,

and in 2012 $r = 0,614$. Important factors in the evaluation of frost resistance and winter hardiness have proven to be environmental conditions, which should be taken into account in the preparation, and conducting the evaluations as well as during analysis of the obtained results.

Key word: winter wheat, frost resistance, winter hardiness

WSTĘP

Poziom zimotrwałości roślin jest konsekwencją współdziałania wielu czynników, takich jak niska temperatura, dłuższe zaleganie śniegu i lodu, zamarzanie i rozmarzanie roślin w okresie spoczynku zimowego (Gut, 2003, Hömmö, 1994). W przejściowym klimacie Polski takie zjawiska stanowią podstawową przyczynę częściowego lub rzadko, ale całkowitego zniszczenia plantacji jęczmienia ozimego, pszenicy ozimej a także pszenżyta ozimego (Gut i in., 1991; Kacperska, 1997). Łagodne zimy powodują brak sprzyjających warunków do oceny mrozoodporności a zatem i zimotrwałości pszenicy ozimej. W latach 2010, 2011, a także wcześniejszych, panowały warunki sprzyjające dobremu przezimowaniu. Niespotykana od lat sytuacja wystąpiła w Polsce na przełomie 2011/2012 roku. Szczególnie niska temperatura bez pokrywy śnieżnej późną zimą (tab. 2) spowodowała wymarznącie ok. 1 mln ha upraw pszenicy ozimej, jęczmienia ozimego oraz innych plantacji roślin. Dotkliwie ucierpiały również materiały hodowlane pszenicy ozimej w skali niespotykanej w latach poprzednich. W hodowli nowych odmian nie ma możliwości oceny wszystkich wymienionych wcześniej elementów składających się na zimotrwałość. Zatem wybiera się pośredni prosty sposób poznania tej właściwości poprzez ocenę mrozoodporności w warunkach laboratoryjnych. Mrozoodporność jest jednym z najważniejszych elementów zimotrwałości i jest zdolnością roślin do przetrwania krótkich okresów dużego spadku temperatury bez negatywnych konsekwencji szczególnie zamarzania wody w komórkach i zniszczenia żywotnych tkanek umożliwiających rozwój wegetacji wiosennej. Dlatego celem niniejszej pracy jest prezentacja i porównanie stopnia przezimowania oraz mrozoodporności kilkuset rodów i odmian pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach polowych i laboratoryjnych na tle warunków przyrodniczych w latach 2010–2012.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było 426 rodów i odmian hodowlanych pszenicy ozimej badanych w latach 2010–2012 (tab. 1). Obiekty stanowiły materiał ustabilizowany genotypowo i fenotypowo o bardzo dobrych cechach rolniczych i użytkowych. Każdy badany ród spełniał wymogi odmiany hodowlanej i był badany w zespołowych doświadczeniach polowo-laboratoryjnych. Najlepsze pod względem plonu i innych cech rody kierowano do doświadczeń przedrejestracyjnych. Jednym z najważniejszych kryteriów stanowiących o wartości rodu była jego wysoka mrozoodporność i zimotrwałość. Do oceny mrozoodporności zastosowano bezpośrednią polowo-laboratoryjną metodę Kocha-Lehmana (1969) polegającą na ocenie przeżywalności roślin (% roślin żywych po przemrożeniu) w dwóch ośrodkach Antoninach i Smolicach (tab. 1). W tym celu wysiewano w hali wegetacyjnej w wazonach lub skrzynkach napełnionych ziemią

odliczoną ilość ziarniaków rodów i linii wraz odmianami wzorcowymi, następnie po wschodach i uzyskaniu siewek roślin w fazie 3/4 liści stopniowo je hartowano w warunkach naturalnego jesiennego spadku temperatury. W całym okresie hartowania sukcesywnie monitorowano warunki termiczne w celu ustalenia właściwej temperatury rozpoczęcia mrożenia. Proces ten rozpoczynał się od aktualnie panującej temperatury np. 2°C i był stopniowo obniżany do temperatury krytycznej dla pszenicy ozimej -17 -18°C, po czym ponownie stopniowo temperaturę podwyższano, aż do uzyskania +2°C. Po upływie tego czasu skrzynki przeniesiono do chłodnej szklarni (około +10 - +15°C), siewki przycinano na wysokości ok. 2 cm i pielęgnowano przez okres ok. 14 dni w celu uzyskania odrostów. Po tym okresie przeprowadza się ocenę mrozoodporności i wynik podaje się w % siewek żywych w stosunku do ilości siewek przed mrożeniem (Gut, 2003). Ocenę przetrzymywania rodów pszenicy ozimej w warunkach polowych wykonano wiosną w 7 zróżnicowanych środowiskach zlokalizowanych na terenie całego kraju: Żuławy w Dębiniu (DED), Dolny Śląsk — Koberzyce (KOC), Małopolska — Polanowice (POB), środkowa Wielkopolska — Nagradowice (NAD), południowa Wielkopolska — Smolice (SMH), zachodnie Mazowsze — Strzelce (STH), środkowa Wielkopolska — Szelejewo (SZD) (tab. 1).

Tabela 1

Material badawczy pszenicy w latach 2010–2012
Plant material of wheat investigated in years 2010–2012

Pochodzenie materiału hodowlanego Origin of plant material	Lata Years			Σ
	2010	2011	2012	
DANKO lines	38	32	36	106
Małopolska Hodowla Roślin lines	30	35	31	96
Poznańska Hodowla Roślin lines	22	22	26	70
Hodowla Roślin Smolice lines	20	21	23	64
Hodowla Roślin Strzelce lines	20	22	30	72
Odmiany wzorcowe Standard varieties	6	6	6	18
Razem Total	136	138	152	426

Doświadczenia polowe prowadzone były na poletkach o pow. 10 m² w 3 powtórzeniach, stosując siew mechaniczny, z zastosowaniem wysiewu 400 ziaren na 1 m². Po wschodach oceniano stan roślin przed zimą, a po ruszeniu wegetacji przezimowanie w skali 1–9, gdzie stopień 1 — oznacza całkowite wymarzenie czyli brak zimotrwałości, a stopień 9 — całkowitą zimoodporność. W trakcie badań monitorowano przebieg warunków meteorologicznych w okresie jesienno-zimowym. Zebrane obserwacje i oceny zestawiono w arkuszach kalkulacyjnych. Analizy statystyczne obejmowały obliczenie średnich arytmetycznych, odchyłeń standardowych, współczynników zmienności i współczynników korelacji.

WYNIKI BADAŃ

Ocena mrozoodporności zastępująca często w hodowli roślin bonitację zimotrwałości powinna charakteryzować się wysoką zbieżnością wyników umożliwiającą precyzyjne wyodrębnienie najwartościowszych obiektów pszenicy ozimej.

Tabela 2

Temperatury minimalne w lutym w 7 miejscowościach w latach 2010–2012
Minimal temperature in February in 7 locations in 2010–2012 period

Rok Years	DED	KOC	NAD	POB	SMH	STH	SZD	Średnia Mean
	Luty — February							
2010	-2,4	-7,7	-6,47	-11	-21,6	-17,1	-15,5	-11,7
2011	-6,8	-3,2	-5,7	-10,8	-9,5	-15,1	-18,1	-9,9
2012	-15,1	-12,3	-16,5	-19,6	-15,2	-19,5	-19,2	-16,8

W naszych badaniach (komora mrozeniowa) otrzymywano wyższy procent roślin żywych w Antoninach niż w Smolicach, a średnie wyniki mrozoodporności wahały się od niskich wartości (w 2011 roku w Smolicach: 12,0% roślin żywych) do wysokich (w 2012 roku Antoninach: 73,7% roślin żywych (tab. 3).

Tabela 3

Wyniki oceny mrozoodporności i zimotrwałości pszenicy ozimej w latach 2010–2012
The results of estimation of frost resistance and winter hardiness in 2010–2012 years

Lokalizacja Site	Mrozoodporność w latach (% roślin żywych) Frost resistance in years (% of live plants)		
	2010	2011	2012
	Antoniny	46,5	28,1
Smolice	27,7	12,0	32,9
Średnia Mean	37,1	20,0	53,3
	Zimotrwałość (skala 1–9) Winter hardiness (scale 1–9)		
	2010	2011	2012
	Dębina	7,1	6,1
Nagradowice	8,0	8,7	3,27
Kobierzyce		6,7	1,41
Polanowice	7,1	6,7	4,48
Smolice	7,3	8,6	1,24
Strzelce	6,5		1,74
Szelejewo	8,9	8,8	1,65
Średnia Mean	7,7	7,8	2,20

Różnice pomiędzy latami są rezultatem badania innego zestawu obiektów w obu latach badań (wspólnym elementem łączącym były odmiany wzorcowe: Tonacja, Muszelka i Ozon). Również nieznaczne różnice w ocenie mrozoodporności pomiędzy Smolicami a Antoninami wynikają z niewielkich różnic metodycznych, tj. warunków hartowania roślin, a także niewielkich modyfikacji w stosowanej metodyce np. wielkości wazonów, terminów siewu. Podobne rezultaty uzyskano we wcześniejszych badaniach (Gut, 1993). Okazało się

jednak, że różnice w poziomie mrozoodporności między miejscowościami nie miały wpływu na ocenę wartości badanych obiektów, odnotowano bowiem dużą zbieżność rezultatów w obu punktach (rody o dobrej mrozoodporności uzyskały wyższe wartości w obydwu miejscowościach). Potwierdziły to wysokie dodatnie współczynniki korelacji pomiędzy ocenami w Smolicach i Antoninach, wynoszące odpowiednio w 2010 roku $r=0,81$, w 2011 $r=0,72$, a w 2012 $r=0,65$ (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy mrozoodpornością w Antoninach i Smolicach
Correlation coefficients between frost resistance in Antoniny and Smolice

Lata Years	2010	2011	2012
r	SMH	SMH	SMH
AND	0,81**	0,72**	0,65**

*, ** Istotne dla $\alpha = 0,05$ lub $0,01$

*, ** Significant for $\alpha = 0.05$ and 0.01

Równolegle oceniano przezimowania w warunkach polowych w 7 miejscowościach (Dębnie, Kobierzycach, Nagradowicach, Polanowicach, Smolicach, Strzelcach i Szelejewie) (tab. 3). Istotny wpływ na uzyskane wyniki miały warunki w okresie jesienno zimowym. W latach 2010–2011 jesienne przymrozki hartowały prawidłowo rośliny pszenicy ozimej, a opady śniegu łagodziły niskie temperatury i sprzyjały dobremu przezimowaniu. Potwierdziły to uzyskane oceny: w 2010 średnie przezimowanie wyniosło 7,7 stopnia a w 2011 średnia wartość wyniosła 7,8 stopnia (tab. 3). Na przełomie 2011/2012 roku wystąpiły, jak się okazało, krytyczne warunki; długa ciepła jesień i zima (wegetacja nie została zahamowana do połowy stycznia), brak okrywy śnieżnej oraz gwałtowny spadek temperatury pod koniec zimy (tab. 2). Zespół tych zjawisk przyczynił się do całkowitego wymarzenia niezahartowanych plantacji pszenicy ozimej w 5 lokalizacjach; Nagradowicach, Kobierzycach, Smolicach, Strzelcach i Szelejewie oraz częściowo w Dębnie. Średnia ocena zimotrwałości wyniosła 2,2 stopnia (tab. 3). Jedynie w Polanowicach okrywa śniegu ochroniła poletka pszenicy ozimej przed silnymi mrozami i przezimowanie na poziomie przeciętnym = 4,48 stopnia (tab. 3) okazało się na tyle wystarczającym, aby rośliny zregenerowały się i uzyskały średni plon = 87,5 dt/ha. Czy wysoka ocena mrozoodporności roślin pszenicy ozimej uzyskana w warunkach laboratoryjnych przełożyła się na ich wysoką zimotrwałość i może być przydatna do wyodrębniania najlepszych obiektów?

Porównanie wyników oceny mrozoodporności i zimotrwałości pszenicy ozimej w latach 2010–2012 (tab. 5) wskazuje na szczególnie dużą rozpiętość ocen mrozoodporności i w konsekwencji znaczną zmienność tej cechy mierzoną współczynnikiem zmienności wahającym się od 38,84 CV (%) w 2012 roku do 76,2 CV (%) w 2010 (tab. 5). Stwierdzono niską zmienność zimotrwałości w 2010 i 2011, natomiast wysoka zmienność badanych obiektów pszenicy ujawniła się tylko w roku 2012 (tab. 5). Zatem jeśli brak jest naturalnych warunków do selekcji pszenicy ozimej pod względem jej wysokiej zimotrwałości, ocena mrozoodporności przeprowadzana w warunkach laboratoryjnych jest niezbędną i

przydatną do wstępnej selekcji materiałów hodowlanych pszenicy ozimej. Potwierdzeniem skuteczności oceny mrozoodporności siewek pszenicy ozimej w omawianym okresie okazała się wysoka zbieżność z wynikami przetrzymywania pszenicy ozimej odnotowanymi w ocenie polowej (tab. 6) Stwierdzono wysoce istotne współczynniki korelacji pomiędzy oceną przetrzymywania a oceną mrozoodporności wynoszące w 2010 roku, $r=0,683$, w 2011 roku $r=0,561$, i w 2012 roku $r=0,614$ (tab. 6).

Tabela 5

Porównanie mrozoodporności z przetrzymaniem w latach 2010–2012
Comparison of frost resistance and winter hardiness in the years 2010–2012

	Rok — year 2010			
	średnia — mean	max.	min	CV(%)
Mrozoodporność — Frost resistance	37,1	90,3	0,4	66,0
Zimotrwałość — Winter hardiness	7,7	8,6	6,3	6,3
Rok — Year 2011				
Mrozoodporność — Frost resistance	20,0	69,8	0,04	76,2
Zimotrwałość — Winter hardiness	7,8	8,3	6,6	4,8
Rok — Year 2012				
Mrozoodporność — Frost resistance	53,3	96,15	5,00	38,84
Zimotrwałość — Winter hardiness	2,2	7,33	1,52	46,28

Tabela 6

Współczynniki korelacji pomiędzy mrozoodpornością a zimotrwałością
Coefficients of correlation between frost resistance and winter hardiness

Rok Year	Współczynniki korelacji Coefficients of correlation
2010	0,683**
2011	0,561**
2012	0,614**

*, ** - Istotne dla $\alpha = 0,05$ lub $0,01$

*, ** - Significant for $\alpha = 0.05$ and 0.01

Zatem z tego względu wyniki bezpośredniej oceny mrozoodporności w komorach mrożeniowych mogą być wykorzystane do wstępnej selekcji siewek pszenicy w przypadku braku warunków naturalnych (mroźna i bezśnieżna zima) i pozwalają na skuteczne wyodrębnienie grupy odpornych obiektów oraz eliminowanie słabszych. Problemy związane z mrozoodpornością i zimotrwałością zbóż ozimych prezentowane są w licznych krajowych i zagranicznych pracach naukowych. W badaniach Rybki (1994) podobnie jak w prezentowanych wynikach uzyskano wysoką zgodność pomiędzy oceną polową zimotrwałości materiałów hodowlanych pszenicy z oceną mrozoodporności w komorach mrożeniowych. W przeprowadzonych w latach 1985–1995 badaniach (Gut i in., 1993) stwierdzono, że ocena mrozoodporności rodów hodowlanych pszenicy ozimej zależy od warunków hartowania siewek. W innych pracach (Veisz i in., 2000) zwraca się uwagę, że czynnikiem, który należy uwzględnić przy ocenie mrozoodporności jest zdrowotność nasion używanych do siewu. Istotny postęp w uzyskaniu wysokiej zimotrwałości i

mrozoodporności pszenicy ozimej wniosły badania nad podstawami genetycznymi tego zjawiska (Limin i in., 1993; Snape i in., 2001; Sutka i in., 1994; 1997).

WNIOSKI

1. Stwierdzono wysoką korelację wyników oceny mrozoodporności i zimotrwałości u badanych pszenic ozimych.
2. Ocena mrozoodporności pszenicy ozimej w komorach mrożeniowych ujawniła duże zróżnicowanie badanych obiektów. Zatem, w przypadku braku możliwości oceny zimotrwałości w warunkach polowych, metoda ta jest bardzo przydatna dla hodowli.
3. Ocena mrozoodporności umożliwia skuteczne wyodrębnienie rodów pszenicy ozimej o wysokiej mrozoodporności i wyeliminowanie słabszych.
4. Czynnikiem, które mogą mieć istotny wpływ na wynik mrozoodporności pszenicy ozimej jest przebieg hartowania siewek.

LITERATURA

- Koch M. D., Lehman E. O. 1969. Resistenzeigenschaften im Gersten und Weizensortiment Gatersleben, 7 Prüfung der Frostresistenzpflanze D.A.I. XIV: 263 — 282. (cyt. Gut M., 2003. Monografie i rozprawy naukowe. 20/2003.
- Gut M. 2003. Mrozoodporność rodów hodowlanych pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR Nr 20, IHAR, Radzików.
- Gut M., Witkowski E. 1991. Zimotrwałość i mrozoodpornością rodów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) w latach 1987–1989. Biul. IHAR 177: 83 — 91.
- Gut M., Witkowski E. Gołębiowska-Małek H. 1993. Wpływ hartowania na mrozoodporność rodów hodowlanych pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 187: 13 — 18.
- Hömmö L. M. 1994. Hardening of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Triticale (*Triticosecale Wittmack*) and winter barley (*Hordeus vulgare* L.) cultivars during autumn and the final winter survival in Finland. Plant Breeding — Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 112, 4: 285 — 293.
- Kacperska A. 1997. Plant response to low temperature stress: signaling pathways involved. In: Crop development for the cool and wet regions of Europe. Research progress COST 814 — II. IHAR. Radzików: 133 — 146.
- Limin A. E., Fowler D. B. 1993. Inheritance of cold hardiness in *Triticum aestivum* × synthetic hexaploid wheat crosses. Plant Breeding — Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 110 (2): 103 — 108.
- Rybka Z., Zagdańska B., Gut M., Witkowski E. 1994. Przydatność metod oceny mrozoodporności materiałów hodowlanych pszenicy ozimej. Biul. IHAR 192: 59 — 68.
- Snape J. W., Sarma R., Quarrie S. A. Fish L., Galiba G., Sutka J. 2001. Mapping genes for flowering time and frost tolerance in cereals using precise genetic stocks. Euphytica 120: 309 — 315.
- Sutka J., Galiba G., Veisz O., Snape J. W. 1997. Genetic analysis of frost resistance and its contribution to development of frost resistant cereal varieties — a review. Plant Breeding and Seed Science 41 (2): 39 — 50.
- Sutka J. 1994. Genetic control of frost tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 77: 277 — 282.
- Veisz O. Szunics L. 2000. Effect of common bunt on the frost resistance and winter hardiness of wheat (*Triticum aestivum* L.) lines containing *Bt* genes. Euphytica 114 (2): 159 — 164.