

KRYSTYNA WITKOWSKA¹**EDWARD WITKOWSKI**¹**TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI**²**ADA BOGUSŁAWSKA**¹**DOMINIK DWOJAK**¹¹Hodowla Roślin Smolice²Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

Wpływ mrozoodporności i zimotrwałości na wysokość plonowania rodów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) w roku 2015/2016

Effect of frost resistance and winter hardiness on winter wheat breeding lines yielding in the season 2015/2016

Badano zależność plonowania rodów pszenicy ozimej od mrozoodporności i przetrzymywania. Ocenie poddano 159 obiektów pszenicy ozimej. Testy mrozoodporności siewek przeprowadzono w komorach mrozeniowych w Firmie Hodowla Roślin Smolice. Ocenę przetrzymywania wykonano w doświadczeniach polowych w 2015/2016 roku na 2 poziomach agrotechniki A2 — pełnym i A1-uproszczonym w 10 miejscowościach. Ocenę plonowania rodów przeprowadzono w doświadczeniach polowych w 10 miejscowościach zlokalizowanych w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych. Badane obiekty pszenicy okazały się silnie zróżnicowane pod względem mrozoodporności i zimotrwałości: od 0% roślin żywych do 89 % roślin żywych w komorach oraz w warunkach polowych od 1 (100% martwych) do 8 (90% żywych siewek). Stwierdzono dodatnie współczynniki korelacji pomiędzy mrozoodpornością a zimotrwałością ($r = 0,582$), oraz pomiędzy plonem ziarna a zimotrwałością: A2 ($r = 0,810$) oraz A1 ($r = 0,766$). Nie odnotowano istotnego wpływu zimotrwałości i mrozoodporności na plon w warunkach sprzyjających dobremu zimowaniu. W przypadku łagodnej zimy wystąpiła tendencja niższego plonowania odmian o wysokiej zimotrwałości i mrozoodporności. Pośrednia ocena mrozoodporności może z powodzeniem zastąpić bezpośrednią polową ocenę zimotrwałości.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, plon, mrozoodporność, przetrzymywanie

The dependence of yield of winter wheat lines on frost resistance and winter hardiness was studied. Frost resistance of 159 winter wheat lines was investigated in the frost laboratory in Plant Breeding Station at Smolice. Winter hardiness was investigated in field experiments in the 2015/2016

year, with 2 levels of agricultural technology: A2 — full and A1-simplified. Field tests were conducted in 10 locations in different soil and climatic conditions. Winter wheat objects proved to be strongly differentiated in terms of frost resistance and winter hardiness: from 0% to 89% of surviving plants in chambers and in the field conditions: from score 1 (100% dead) to 8 (90% living seedlings). There was a positive correlation between winter hardiness and frost resistance ($r = 0.582$), and between grain yield and winter hardiness A2 ($r = 0.810$), and A1 ($r = 0.766$). There was no significant effect of winter hardiness and frost resistance on the yield under conditions suitable for good overwintering. There was a tendency for lower yielding varieties with high winter hardiness and frost resistance. Indirect evaluation of frost resistance can successfully replace a direct assessment of the field winter hardiness.

Key words: winter wheat, yield, frost resistance, winter hardiness

WSTĘP

W ostatnich latach w Polsce, a w szczególności na przełomie 2011/2012 roku, bardzo niskie temperatury i dodatkowo brak okrywy śnieżnej wyrządziły duże szkody w uprawach ozimin. Wymarzło około 1 mln ha upraw pszenicy ozimej, jęczmienia ozimego, rzepaku i innych plantacji. Podobnie zimą 2016 roku zniszczeniu uległo kilkadziesiąt tysięcy ha upraw na Podlasiu, Mazowszu, Kujawach, a także częściowo Pomorzu i Północnej Wielkopolsce (Wiadomości Rolnicze, 2016). Sytuacja dawno niespotykana, bowiem w latach wcześniejszych panowały warunki sprzyjające dobremu przezimowaniu (Witkowski i in., 2013). W przypadku ostrych zim zachodzi naturalna eliminacja słabo zimotrwałych materiałów hodowlanych, w przeciwieństwie do zim łagodnych, które nie sprzyjają wyborowi rodów odpornych na mróz. Jeśli nie ma takich naturalnych czynników selekcji, w hodowli nowych odmian, wybiera się pośredni, prosty sposób poznania zimotrwałości poprzez ocenę mrozoodporności (głównego czynnika zimotrwałości) w warunkach laboratoryjnych (Gut, 2001; Koch i in., 1969; cyt. za Gut, 2003; Rybka i in., 1994). Plon jest cechą ilościową, uwarunkowaną znaczną liczbą różnorodnych czynników genetycznych, środowiskowych oraz fizjologicznych (Mądry i in., 2003). Tolerancja roślin uprawnych na stresy abiotyczne jest jedną z ważniejszych grup cech użytkowych. Stres abiotyczny może bezpośrednio oddziaływać na określone procesy wpływające na plon. Dotyczy to szczególnie roślin samopylnych, w tym pszenicy (Orczyk i in., 2015). Poziom zimotrwałości roślin jest konsekwencją współdziałania wielu czynników, z których najważniejsze to odporność na niską temperaturę, a także warunki środowiska takie jak: dłuższe zaleganie śniegu i lodu, zamarzanie i rozmarzanie roślin w okresie spoczynku zimowego, brak okrywy śnieżnej podczas mrozów (Gut i in., 1991; Witkowski i in., 2013).

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione aspekty, jako cel niniejszej pracy postanowiono ocenić zależność plonowania pszenicy ozimej od stopnia mrozoodporności (głównego czynnika zimotrwałości) w warunkach laboratoryjnych i zimotrwałości w oparciu o ścisłe doświadczenia polowe w naturalnym środowisku.

MATERIAŁ BADAWCZY I METODY BADAŃ

Doświadczenia polowe (3 serie po 50 rodów oraz 3 odmiany wzorcowe: Artist, Ozon, Patras) założono jesienią 2015 roku w następujących 10 miejscowościach: Dębina (DED), Koberzyce (KOC), Kończewice (KOH), Krzemlin (KRZ), Modzurów (MOB), Nagradowice (NAD), Polanowice (POB), Radzików (RAH), Smolice (SMH), Strzelce (STH). Miejscowości te zlokalizowane są na obszarze od południowych do północnych krańców Polski. Rody przydzielono do poszczególnych serii wg zamieszczonego poniżej wykazu:

Nazwa spółki Breeding company	Liczba rodów Number of lines			Razem Total
	S1	S2	S3	
Hodowla Roślin DANKO	14	13	13	40
Małopolska Hodowla Roślin	11	11	12	34
Poznańska Hodowla Roślin	8	7	7	22
Hodowla Roślin Smolice Grupa IHAR — PIB Radzików	7	8	8	23
Hodowla Roślin Strzelce Grupa IHAR — PIB	10	11	10	31
Wzorce — Standards: Artist, Ozon, Patras	3	3	3	9
Razem — Total	53	53	53	159

Obiekt Object	Numer losowy Randomized number	Kolejność poletek i numery losowe (w nawiasach) Plot order and randomized number (in brackets)		
		A2 (I powt.)	A2 (II powt.)	A1 (III powt.)
		A2 (I replication)	A2 (II replication)	A1 (III replication)
SMH 9062	35	1 (35)	54 (16)	107 (16)
DM 978/014	13	2 (13)	55 (10)	108 (10)
KBP 14 39	21	3 (21)	56 (3)	109 (3)
DD 248/12	4	4 (4)	57 (13)	110 (13)
ARTIST wz.1.	51	5 (51)	58 (28)	111 (28)
115	15	6 (15)	59 (38)	112 (38)
STH 3507	46	7 (46)	60 (6)	113 (6)
STH 3320	48	8 (48)	61 (32)	114 (32)

Doświadczenia założono w układzie alfa-rozkładalnym o blokach niekompletnych w trzech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 10 m kw. na dwóch poziomach agrotechniki: A2 (2 powtórzenia) o podwyższonym poziomie nawożenia i zabiegów pielęgnacyjnych i A1 (1 powtórzenie) o optymalnym poziomie agrotechniki, jako trzecie powtórzenie, będące kopią drugiego powtórzenia A2 w sensie takiego samego rozlosowania i składu obiektów (Śmiałowski, 2016). W dołączonej tabeli przedstawiono fragment schematu rozlosowania rodów pszenicy ozimej w doświadczeniu wstępnym

w serii 1 w 2015\2016 Smolicach (Witkowski i in., 2016). Ilość oraz liczebność podbloków doświadczenia wysianego w Smolicach w serii 1 przedstawiono poniżej.

Wielkość bloków — Size of blocks							
7	7	7	6	6	7	6	7
7	7	7	6	6	6	7	7
7	7	7	7	6	6	7	7

W doświadczeniach zastosowano gęstość wysiewu 400 z/m kw.

Jesienią 2015 roku oceniono wschody i stan roślin przed zimą, a wiosną 2016 roku, po ruszeniu wegetacji, przezimowanie w skali 1–9 (1 oznacza całkowite wymarznienie, a 9 to całkowity brak uszkodzeń roślin). W trakcie badań, w okresie jesienno-zimowym monitorowano przebieg warunków meteorologicznych. W czasie zbiorów, dla każdego badanego obiektu, oznaczono plon ziarna z poletka (dt/ha) w 8 punktach doświadczalnych. Z powodu całkowitego wymarznienia większości rodów w Radzikowie i Kończewicach doświadczenia zdyskwalifikowano.

Ocenę mrozoodporności przeprowadzono stosując zmodyfikowaną polowo-laboratoryjną metodę Kocha-Lehmana (1969). Badania przeprowadzono w komorach mrozeniowych w HR Smolice. W tym celu, jesienią 2015 roku, w wazonach napełnionych ziemią i umieszczonych na stołach wysiano dla 3 terminów przemrożenia i 2 powtórzeń po 32 ziarniaki badanych obiektów (łącznie 6 powtórzeń po 32 ziarniaki). Po wschodach policzono siewki. Hartowanie odbywało się stopniowo, w warunkach naturalnego jesiennego spadku temperatur. W całym okresie hartowania śledzono warunki termiczne w celu ustalenia właściwej temperatury mrożenia. Na podstawie obserwacji przebiegu hartowania zdecydowano przemrażać rośliny w temp. -16°C . Po mrożeniu temperaturę w komorach stopniowo podwyższano, po czym wazony wstawiono do szklarni, do temp. $+15^{\circ}\text{C}$. W takich warunkach rośliny przebywały przez okres 2–3 tygodni, do rozpoczęcia wzrostu. Po tym czasie policzono rośliny żywe i ich udział w stosunku do ilości siewek policzonych po wschodach. Ocenę mrozoodporności jak zakłada metoda podano w procentach roślin żywych.

Do przeprowadzenia analizy wariancji dla plonu zastosowano model mieszany (rody i odmiany to efekt stały, a lokalizacje to efekt losowy). Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń polowych dla plonu obliczono analizę wariancji dla każdej serii osobno na poziomie A2 i A1. W analizie łącznej (w syntezie ze wszystkich miejscowości) oceniono istotność efektów poszczególnych składników; obiektów, odmian wzorcowych oraz interakcji ze środowiskiem. Istotności różnic między efektami poszczególnych składników zmienności testowano testem „ F ”.

Kolejność plonowania badanych rodów wykonano na podstawie średnich plonów z poziomów A2 i A1. Wyniki zestawiono w tabelach: wartości średnich w miejscowościach i średnich z wszystkich miejscowości, odchyleniach średnich plonów od średniej 3 wzorców (w % i dt/ha). Porównania mrozoodporności i zimotrwałości dokonano osobno z plonowaniem z poziomem A2 i z poziomem plonowania na A1.

Do analizy i oceny wyników mrozoodporności i zimotrwałości wykorzystano proste parametry statystyczne: średnie arytmetyczne, współczynniki zmienności i współczynniki korelacji.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyniki laboratoryjnej oceny mrozoodporności siewek przeprowadzonej w styczniu 2016 roku wykazały, że zastosowana temperatura mrożenia -16°C właściwie zróżnicowała badany materiał. Wartość ocen mrozoodporności znalazła się w przedziale od 0,0 do 98,8%. Przeciętna żywotność przemrożonych siewek okazała się niska (20,9%), znacznie niższa niż odmiany wzorcowej — Artist, której mrozoodporność wyniosła 65,0% (tab. 1) i była wyraźnie wyższa od pozostałych wzorców. Mrozoodporność równą lub wyższą od odmiany Artist miało 19 rodów.

Tabela 1

Wyniki przemrażania siewek pszenicy ozimej w komorach mroźniowych w Smolicach The results of seedling test for frost resistance of winter wheat in laboratory in Smolice

Parametry — Parameters	Wartości — Values
Liczba obiektów badanych — Number of tested objects	153
Maksymalna wartość (%) — Max.(%)	98,8
Minimalna wartość (%) — Min.(%)	0,0
Średnia wartość (%) — Mean value	20,9
Wzorzec Artist (%) — Standard Artist	65,0
Współczynnik zmienności — Coefficient of variation (%)	130,2

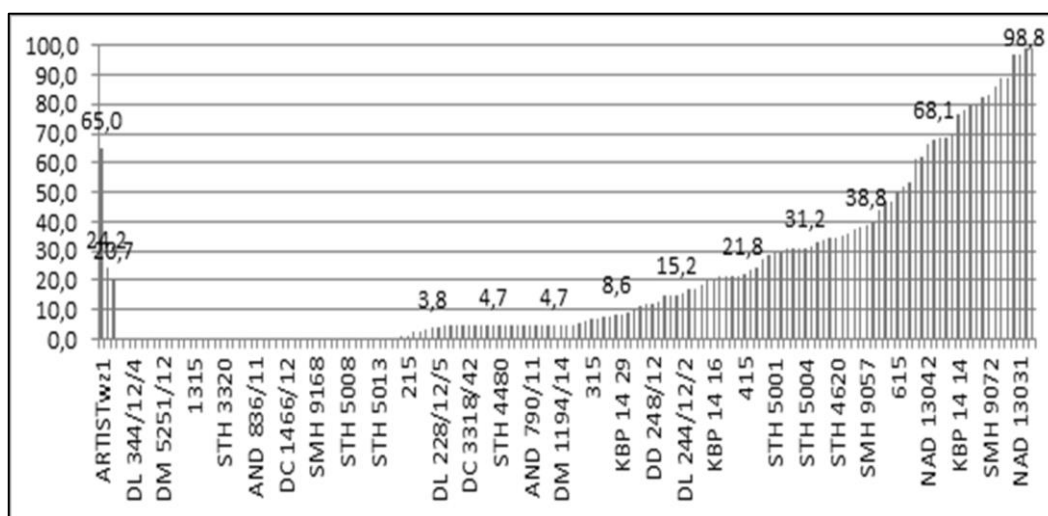
Pod koniec stycznia i na początku lutego 2016 roku we wszystkich miejscowościach prowadzących doświadczenia przeprowadzono bonitację zimotrwałości. Na skutek wystąpienia silnych mrozów bez okrywy śnieżnej odnotowano duże różnice w przezimowaniu, wahające się od 3,0 do 9,0 w dziewięciostopniowej skali (tab. 2). Strat mrozowych nie odnotowano jedynie w Kobierzycach i Modzurowie (tab. 2). Dodać należy, że nie stwierdzono różnic w przezimowaniu w zależności od poziomu agrotechniki (A1 i A2).

Tabela 2

Stopień przezimowania siewek pszenicy ozimej w 3 seriach w 10 miejscowościach Degree of winter hardiness of winter wheat in 3 series in 10 locations

Miejsce — Location	Seria 1	Seria 2	Seria 3	Średnia — Mean
MOD	9,0	9,0	9,0	9,0
KBH	9,0	9,0	9,0	9,0
NAD	8,1	7,5	7,3	7,6
KRZ	7,3	7,1	7,9	7,4
SMH	7,2	7,1	6,8	7,0
POB	6,5	6,0	6,4	6,3
DED	4,3	4,1	5,1	4,5
STH	3,5	4,0	3,5	3,7
RAH	3,0	3,8	3,7	3,5
KOH	1,0	1,0	1,0	1,0
Średnia — Mean	5,9	5,9	6,0	5,9

Na podstawie dokonanych obserwacji wyróżniono grupę około 40 obiektów zimujących powyżej lub na poziomie lepiej zimującej odmiany Artist (śr. ocena przetrzymywania = 6,2). Obliczony współczynnik korelacji pomiędzy mrozoodpornością a zimotrwałością okazał się dodatni oraz istotny, chociaż przeciętny pod względem wartości wyniósł $r = 0,582$ i był wyższy od wyników badań jakie uzyskała Gut (2001). Jak stwierdzono powyżej, współczynnik korelacji okazał się dodatni, chociaż przeciętny, to jednak aż 84% spośród 19 obiektów wymienionych wcześniej jako wysoce mrozoodporne znalazło się w grupie zimującej na poziomie odmiany Artist lub lepiej. Jest to bardzo ważna informacja bowiem potwierdza istniejącą współzależność między tymi cechami oraz to, że mrozoodporność to główny czynnik zimotrwałości (Gut, 2001; Koch i in., 1969; Rybka i in., 1994), który w przypadku braku możliwości oceny w naturalnych warunkach może posłużyć hodowcom jako pośrednia metoda oceny zimotrwałości (Gut i in., 1991).



Rys. 1. Wykres rozkładu stopnia mrozoodporności siewek pszenicy ozimej od 0 % żywych siewek do 98,8%

Fig. 1. Distribution of the degree of frost resistance of winter wheat seedlings from 0% viable seedlings to 98.8%

Analiza wyników plonowania pozwoliła ustalić, zgodnie z oczekiwaniami, że najwyższe plony uzyskano w Kobierzycach i Modzuruwie, gdzie nie odnotowano żadnych uszkodzeń w zimowaniu i w Smolicach, gdzie stopień przetrzymywania był wysoki (7,0) (tab. 3). Interesującym wyjątkiem okazały się Strzelce, bowiem tam pomimo niskiego stopnia przetrzymywania (3,7) rośliny zregenerowały się wiosną i uzyskano wysoki średni plon ziarna (102,6 dt/ha) (tab. 3).

Obliczone współczynniki korelacji dla 8 miejscowości pomiędzy plonem a zimotrwałością okazały się wysoce istotne, i tak dla poziomu agrotechniki A2 $r = 0,810$, a dla A1 $r = 0,766$ (tab. 4).

Tabela 3

Wyniki plonowania rodów pszenicy ozimej oraz zimotrwałości w 10 lokalizacjach doświadczeń polowych

The results of winter wheat yield and winter hardiness in 10 locations of field experiments

Miejscowość Location	Zimotrwałość (skala) Winter hardiness	Plon A2 (dt/ha) Yield	Plon A1 (dt/ha) Yield	Średnia (dt/ha) Mean
Modzurów	9,0	133,4	120,5	127,0
Smolice	7,1	130,4	115,8	123,1
Kobierzycy	9,0	112,7	93,5	103,1
Strzelce	3,6	104,1	101,0	102,6
Polanowice	6,7	104,9	96,6	100,7
Nagradowice	7,8	105,2	92,2	98,7
Krzemlin	7,6	99,6	87,7	93,6
Dębina	5,1	95,0	86,5	90,8
Radzików	3,5	0,0	0,0	0,0
Kończewice	1,0	0,0	0,0	0,0
Średnia plonów (8 miejscowości) Mean of yield (8 locations)	5,9	110,7	99,2	104,9

Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy zimotrwałością a plonem ziarna pszenicy ozimej

Correlation coefficients between winter hardiness and grain yield of winter wheat

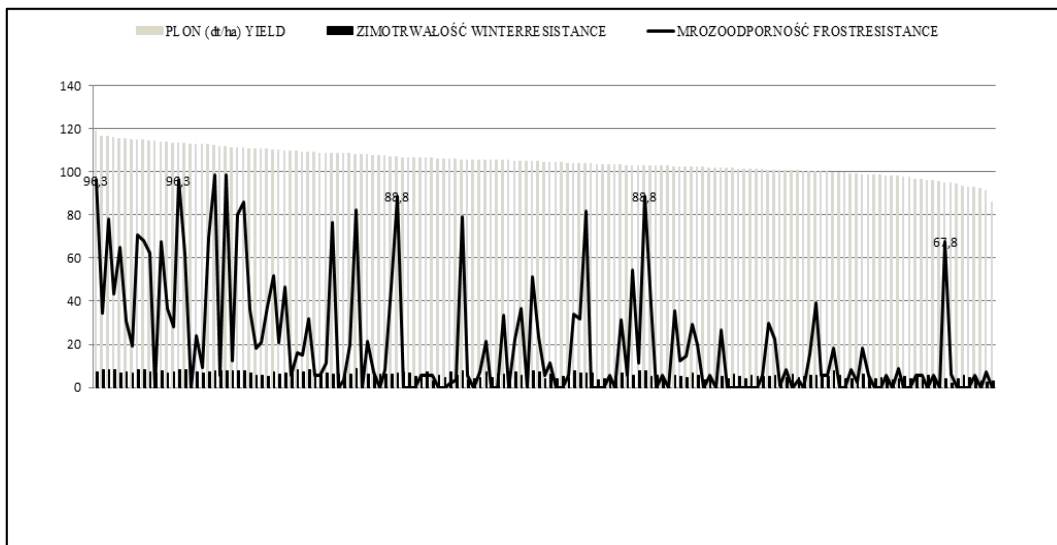
Współczynniki korelacji. Coefficient of correlations	Zimotrwałość (skala) Winter hardiness	Plon A2 — Yield (dt/ha)	Plon A1 — Yield (dt/ha)
Zimotrwałość (skala) Winter hardiness (scale)	1,000		
Plon A2 Yield (dt/ha)	0,810 **	1,000	
Plon A1 Yield (dt/ha)	0,766**	0,996**	1,000

*, ** istotne statystycznie odpowiednio dla poziomu P = 0,05 lub 0,01

*, **significant at level P = 0.05 and 0.01, respectively

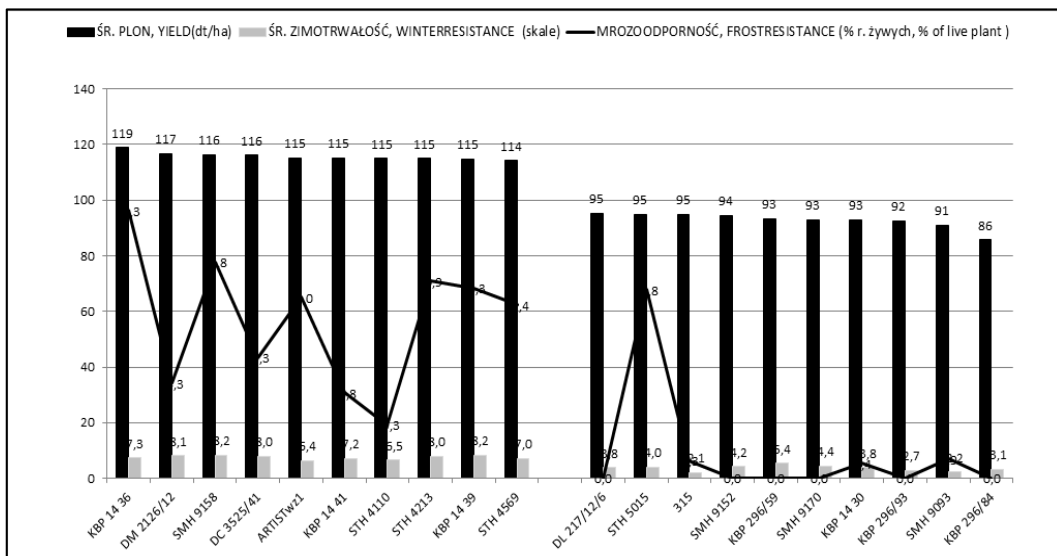
Dane te potwierdzają, jak ważną w warunkach srogich zim jest wysoka zdolność do przetrzymywania. Wpływ zimotrwałości i mrozoodporności na plonowanie przedstawiają rysunki 2 i 3. Wyraźnie widać, że wraz z obniżaniem się stopnia zimotrwałości i mrozoodporności następuje obniżanie plonowania obiektów (rys. 2). W celu lepszego zobrazowania problemu, spośród badanych obiektów wyodrębniono 2 grupy rodów: 10 najplenniejszych i 10 plonujących najniżej i plony przedstawiono na tle zimotrwałości i mrozoodporności (rys. 3). Dla obu grup wyliczono średnie wartości tych cech. I tak dla grupy obiektów najplenniejszych średnia zimotrwałość wyniosła 7,5, a mrozoodporność 56,8%, natomiast dla grupy niskoplonujących średnia zimotrwałość to 3,6, a mrozoodporność 8,6%.

Jak wcześniej napisano w Kobierzycach i Modzurowie nie odnotowano po zimie żadnych strat, a w Smolicach niewielkie. Pozwoliło to przeprowadzić w tych miejscowościach analizę plonowania względem zimotrwałości oraz mrozoodporności. Obliczone współczynniki korelacji wykazały wartości ujemne, i niskiej wartości (tab. 5). Przebieg zależności plonowania od mrozoodporności i przetrzymywania w tych miejscowościach przedstawiają rysunki 3 i 4.



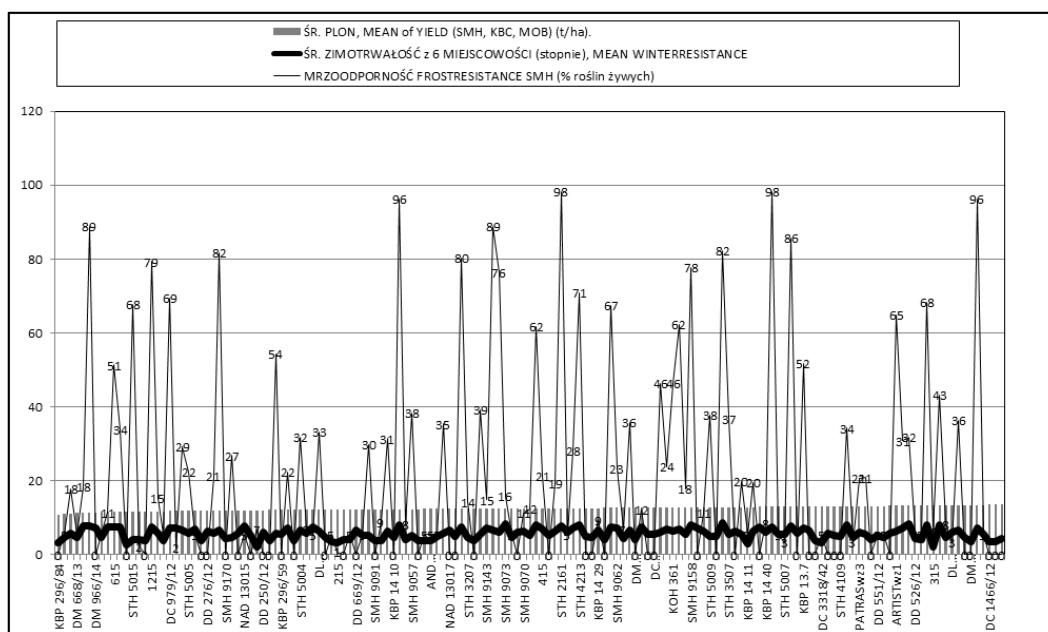
Rys. 2. Zależność średnich plonów pszenicy ozimej z 8 miejscowości od zimotrwałości i mrozoodporności

Fig. 2. The dependence of mean grain yield of winter wheat in 8 locations on winter hardiness and frost resistance



Rys. 3. Porównanie średniego plonu 10 najplenniejszych i 10 najmniej plennych rodów (z 8 miejscowości) ze średnią zimotrwałością i mrozoodpornością

Fig. 3. The comparison of mean yields (8 localities) of 10 lines with very high and 10 lines with very low yield with mean winter hardiness and frost resistance



Rys. 4. Porównanie średniego plonu ziarna najplenniejszych rodów pszenicy ozimej z 3 miejscowości SMH, KBC, MOB z ich zimotrwałością i mrozoodpornością
Fig. 4. The comparison of mean grain yield of evaluated winter wheat lines from 3 locations: SMH, KBC, MOB with their winter hardiness and frost resistance

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy mrozoodpornością i zimotrwałością a plonem ziarna dla 3 miejscowości (Modzurów, Kobierzyce i Smolice)
Correlation coefficients between frost resistance, winter hardiness and yield of grain for 3 locations (Modzurów, Kobierzyce i Smolice)

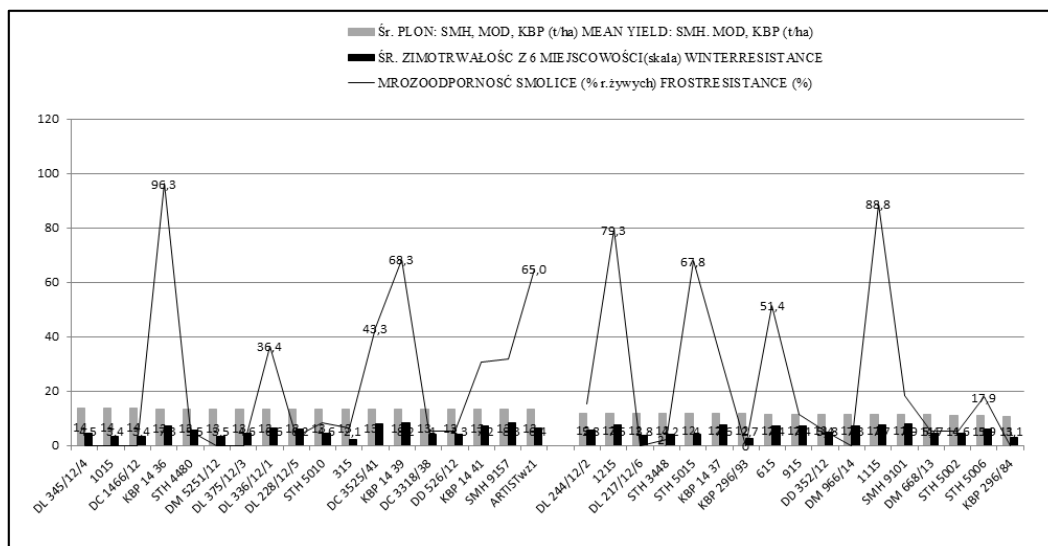
Współczynnik korelacji Coefficients of correlations	Plon (t/ha) Yield (t/ha)	Zimotrwałość (stopnie) Winter hardiness (scale)	Mrozoodporność (%) Frost resistance (%)
Plon (t/ha) Yield (t/ha)	1,000		
Zimotrwałość (skala) Winter hardiness (scale)	-0,077	1,000	
Mrozoodporność (%) Frost resistance (%)	-0,037	0,616	1,000

*** istotne statystycznie odpowiednio dla poziomu P = 0,05 lub 0,01
 **significant at level P = 0.05 and 0.01, respectively

Podobnie jak poprzednio tu również wydzielono 2 grupy obiektów. Pierwsza to rody najplenniejsze, plenniejsze od odmiany Artist i druga — plonujące najniżej. Średnia zimotrwałość wyliczona dla pierwszej grupy rodów to 5,0 a mrozoodporność 15,0%, a dla 10 słabo plonujących zimotrwałość to 6,1, a mrozoodporność 20.4%. Nie stwierdzono wprawdzie istotnych różnic między grupami, to jednak zimotrwałość (5,0) i mrozo-

odporność (15,0%) grupy najplenniejszej były niższe niż grupy słabo plonującej. Można więc przypuszczać, że pszenice o słabszej zimotrwałości i mrozoodporności podczas łagodnych zim będą plonowały wyżej. Tendencję tę potwierdziły badania Gut, (2001, 2003) i Witkowskiego in. (2013).

Porównując wyniki plonowania w 8 i 3 miejscowościach (rys. 2 i 4) stwierdzić należy, że brak wymarzania w KOC, MOB i SMH pozwolił rodom wykazać swój potencjał plonowania, co uwidocznilo się znacznie wyższym średnim plonem z 3 miejscowości (125,5 dt/ha), niż z 8 punktów (104,7 dt/ha). Różnica ta wynosi 19,9%.



Rys. 5. Porównanie średniego plonu ziarna 10 najplenniejszych i najsłabszych rodów pszenicy ozimej z 3 miejscowości SMH, KBC, MOB z ich zimotrwałością i mrozoodpornością
Fig. 5. The comparison of mean grain yield of 10 best-yielding winter wheat lines from 3 locations SMH, KBC, MOB with their winter hardiness and frost resistance

Analiza grup rodów najplenniejszych z 8 oraz 3 lokalizacji pozwoliła wyróżnić obiekty, które w obydwu przypadkach, czyli wystąpienia warunków sprzyjających wymarzaniu oraz braku wymarzania plonowały wysoko. Należą do nich takie rody, jak: KBP 1436, DL 336/12/1, DC 3525, KBP 1439, KBP 1441, SMH 9158.

WNIOSKI

1. Stwierdzono wysoką dodatnią korelację między plonem a zimotrwałością w przypadku ostrej zimy.
2. Nie odnotowano istotnego wpływu zimotrwałości i mrozoodporności na plon w warunkach sprzyjających dobremu zimowaniu.
3. W przypadku łagodnej zimy wystąpiła tendencja niższego plonowania odmian o wysokiej zimotrwałości i mrozoodporności.

4. Wyodrębniono 6 rodzajów pszenicy ozimej, które plonowały wysoko, zarówno w przypadku wystąpienia warunków powodujących wymarzenie, jak i ich braku.
5. W lokalizacjach, w których wystąpiło wymarzenie zaobserwowano większe różnice w plonowaniu obiektów, niż w miejscach bez wymarzenia.
6. Uzyskane wyniki potwierdzają przydatność oceny mrozoodporności jako pośredniej metody oceny zimotrwałości.

LITERATURA

- Gut M., Witkowski E. 1991. Zimotrwałość i mrozoodporność rodzajów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) w latach 1987–1989. Biul. IHAR 177: 83 — 91.
- Gut M. 2001. Mrozoodporność i zimotrwałość w hodowli zbóż ozimych II. Genetyka i Hodowla. Biul. IHAR 217: 29 — 38.
- Gut M., Węgrzyn S. 2003. Genetyczne uwarunkowania mrozoodporności pszenicy i jej współdziałanie z cechami użytkowymi. Biul. IHAR: 226/227: 135 — 140.
- Koch. M. D., Lehman E. O. 1969. Resistenzeigenschaften im Geresen und Weizensortiment Gatersleben. 7 Prüfung der Frostreresistenzpflanze D.A.I XIV: 263 — 282.
- Mądry W., Laudański Z., Kozak M., Rozbicki J. 2003. Empiryczne porównanie sekwencyjnej analizy składowych plonu i analizy ścieżek pojedynczych dla plonu ziarna pszenżyta ozimego i jego składowych. Biul. IHAR: 230: 147 — 156.
- Orczyk W., Yanushevska Y., Nadolska-Orczyk A. 2015. Zaburzenia mikrosporogenezy wywołanej stresem abiotycznym istotnie ograniczają produktywność zbóż. XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa. Nauka dla hodowli i nasiennictwa zbóż.: 109 — 112.
- Rybka Z., Zagdańska B., Gut M., Witkowski E. 1994. Przydatność metod oceny mrozoodporności materiałów hodowlanych pszenicy ozimej Biul. IHAR 192: 59 — 68.
- Śmiałowski T. 2016. Wysoka plenność i wartość rolnicza zbóż. Wiadomości Rolnicze: 23 — 24.
- Śmiałowski T. 2016. Analysis of yield of winter wheat on 2 levels of agricultural technology. The 46th International Biometrical Colloquium 46. Lublin, Poland, 5–7 September 2016. Abstract: 15.
- Śmiałowski T., Bogacka M., Nita Z., Witkowski E. 2011. Wykorzystanie wieloczynnikowej analizy wariancji do oceny wpływu różnych czynników na przetrzymywanie rodzajów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 259: 51 — 61.
- Witkowski E., Witkowska K., Woźna Pawlak U., Rubrycki K., Matysik P., Bogacka M., Bielerzewska H., Konieczny H., Łagodzka-Gola M., Drzazga T., Śmiałowski T. 2013. Przydatność badań mrozoodporności w przewidywaniu zimotrwałości odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR 268: 15 — 21.

PODZIĘKOWANIE

Za przeprowadzenie doświadczeń polowych i wykonanie obserwacji przetrzymywania na szczególne podziękowania zasługują: Urszula Woźna-Pawlak, Krzysztof Rubrycki z Poznańskiej Hodowli Roślin; Zygmunt Nita, Przemysław Matysik, Barbara Żmijewska z Hodowli Roślin Strzelce; Maria Bogacka, Jerzy Bogacki, Zofia Banaszak, Mirosław Pojmaj, Helena Bielerzewska-Kaczmarek, Teresa Sikora, Marcin Konieczny z Hodowli Roślin DANKO; Andrzej Bichoński, Tadeusz Drzazga, Tomasz Adamczyk, Jerzy Kud z Małopolskiej Hodowli Roślin oraz Teresa Rostkowska i Henryk Czembor z IHAR — PIB w Radzikowie.

