

WYPEŁNIENIE ŻDŹBŁA RDZENIEM U WYBRANYCH ODMIAN I LINII PSZENICY OZIMEJ*

JERZY NAWRACAŁA, DANUTA KURASIAK-POPOWSKA¹, MATEUSZ PLUTA

*Katedra Genetyki i Hodowli Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań*

Synopsis. Celem pracy była ocena stopnia wypełnienia rdzeniem odmiany z pełnym źdźbłem oraz linii o zróżnicowanym wypełnieniu źdźbła w porównaniu do polskich odmian pustosłomych. Doświadczenie polowe przeprowadzono w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym Dłóń Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w latach 2011–2013. Ocena wypełnienia źdźbła rdzeniem została przeprowadzona wg metodyki COBORU zgodnej z zaleceniami UPOV oraz wg metodyki stosowanej w USA. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, iż największe wypełnienie źdźbła rdzeniem u pszenicy ozimej występuje u jego podstawy. Odmiana Rampart potwierdziła w warunkach Polski wypełnienie źdźbła rdzeniem, które przekraczało 75% u podstawy źdźbła i w dokłosiu; a 50% w pozostałych międzywęźlach. W przypadku odmian polskich (Fregata i Ostroga) stwierdzono puste lub prawie puste źdźbło we wszystkich międzywęźlach. Linie podwojonych haploidów odznaczały się pośrednim wypełnieniem źdźbła rdzeniem, przy czym największe wypełnienie obserwowano u podstawy źdźbła, następnie malało w kolejnych międzywęźlach i nieznacznie rosło w dokłosiu. Genotypy te charakteryzowały się też największą zmiennością w wypełnieniu rdzeniem pomiędzy latami badań. Wypełnienie źdźbła rdzeniem różniło się istotnie pomiędzy latami doświadczenia – najpełniej wypełnione były źdźbła w najcieplejszym roku doświadczenia.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, źdźbło pełne, źdźbło puste

WSTĘP

Cecha wypełnienia źdźbła pszenicy rdzeniem jest obowiązkowo oceniana w badaniach odrębności, wyrównania i trwałości (OWT) przeprowadzanych przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) w cyklu rejestracyjnym odmiany. Jeżeli odmiana zgłoszona do badań jest niewyrównana pod względem tej cechy nie zostanie wpisana do Krajowego Rejestru. Wszystkie polskie odmiany pszenicy ozimej mają rdzeń pusty. Wprowadzenie cechy pełnego rdzenia do materiałów hodowlanych mogłoby umożliwić otrzymanie odmian o zwiększonej odporności na wyleganie [Lin i in. 2005]. Dodatkowo pszenice z wypełnionym rdzeniem są bardziej odporne na ździeblarza pszenicznego (*Cephus pygmaeus* L.) – groźnego szkodnika składającego jaja do źdźbła. Żerująca larwa powoduje uszkodzenie wewnętrznych tkanek, co skutkuje gorszym wykształceniem ziarna. Dodatkowo też w końcowej fazie rozwoju podgryza źdźbło, które wylega. Uszkodzenia te mają wpływ na znaczne obniżenie plonu. Ździeblarz pszeniczny jest gatunkiem, który naturalnie występuje w naszej strefie klimatycznej. Obecnie nie ma on tak dużego znaczenia jak w południowej części Europy [Özberka i in. 2005]. W środ-

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* popowska@up.poznan.pl

* Doświadczenie przeprowadzono w ramach projektu badawczego nr N N310 720940 pt. „Analiza dziedziczenia cechy wypełnienia źdźbła pszenicy (*Triticum aestivum* L.)” finansowanego przez MNiSW.

kowych stanach USA straty plonu powodowane przez żyjący tam gatunek ździeblarza *Cephus cinctus* Northon mogą sięgać 30% [Shanower i Hoelmer 2004]. Stwierdzono, że odmiany z pełnym rdzeniem są odporne na tego szkodnika [Eckorth i McNeal 1953, Weiss i Morrill 1992, Clarke i in. 2002]. Dlatego też prowadzona szeroko w USA hodowla odpornościowa na tego szkodnika polega na hodowli odmian z pełnym rdzeniem [Hayat i in. 1995]. Wprowadzenie cechy pełnego rdzenia do polskich odmian oprócz zwiększenia ich odporności na wyleganie zapewniłoby również odporność na ździeblarza pszenicznego. Obecnie brak jest badań na temat genotypów pszenicy ozimej o pośrednim lub pełnym wypełnieniu źdźbła uprawianych na terenie Polski, a także stabilności tej cechy.

Celem pracy była ocena stopnia wypełnienia źdźbła rdzeniem genotypów pszenicy o zróżnicowanym stopniu wypełnienia źdźbła w porównaniu do polskich odmian pszenicy ze źdźbłem pustym.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły odmiany i linie pszenicy ozimej o zróżnicowanym wypełnieniu źdźbła rdzeniem:

- odmiana Rampart charakteryzująca się pełnym rdzeniem [Bruckner i in. 1997] jest czołową odmianą stanu Montana będąca w rodowodach większości odmian o pełnym rdzeniu [Bruckner i in. 2006]. Została otrzymana z kolekcji pszenicy National Smalle Grain Collection znajdującej się w Agriculture Research Station w Aberdeen, należącej do National Plant Germplasm System w USA;
- genotypy o zróżnicowanym wypełnieniu źdźbła rdzeniem: 3 linie podwojonych haploidów (DH) otrzymane z Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o. o. (512, 513, 514);
- genotypy o pustym źdźble: polskie odmiany Fregata i Ostroga.

Doświadczenie polowe założone zostało w latach 2011–2013 w Stacji Doświadczalnej Katedry Genetyki i Hodowli Roślin mieszczącej się w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym Dłóń Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Wybrano 6 genotypów, które wysiewano na polatkach o powierzchni 1 m² (1m x 1m), w układzie bloków losowanych, w trzech powtórzeniach. Po zbiorach wykonano przekroje źdźbła w celu oceny stopnia wypełnienia rdzeniem. Z każdego powtórzenia analizowano wszystkie źdźbła z 50 pojedynczych. Ponieważ większość prac dotyczących wypełnienia źdźbła pszenicy prowadzona jest przez badaczy amerykańskich, w celu możliwości porównania naszych wyników ocena wypełnienia źdźbła rdzeniem została przeprowadzona dwoma metodami:

1. Ocena wg metodyki COBORU (www.coboru.pl) zgodnej z metodyką zalecaną przez UPOV – wykonanie przekroju w połowie dokłosa i ocena wypełnienia w stopniach: 3 – rdzeń cienki = pusty, 5 – rdzeń pośredni, 7 – rdzeń gruby = pełny
2. Ocena wg metodyki stosowanej w USA w hodowli odpornościowej na ździeblarza pszenicznego, odmian z wypełnionym źdźbłem [Berzonsky i in. 2003] – wykonanie przekrojów rdzenia w połowie pięciu kolejnych międzywęźli i ocena w każdym z międzywęźli w punktach od 1 do 5. Punkt 1 – rdzeń pusty (0% wypełnienia), 2 – 25% wypełnienia, 3 – 50% wypełnienia, 4 – 75% wypełnienia, 5 rdzeń pełny (100% wypełnienia). Ocena wypełnienia źdźbła całej rośliny jest sumą punktów z 5 międzywęźli. Tak, więc roślina z rdzeniem całkowicie pustym ma 5 punktów a z całkowicie pełnym ma 25 punktów.

Dla wykazania istotnych różnic przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji i obliczono NIR (najmniejszą istotną różnicę) przy pomocy testu Fisher'a. Obliczenia wykonano w programie Statistica.

WYNIKI BADAŃ

We wszystkich latach badań średnie temperatury powietrza były wyższe niż w wieloleciu 1951–2001, a średnio najwyższe temperatury odnotowano w sezonie 2011/2012 (tab. 1). Najwyższe opady wystąpiły w sezonie wegetacyjnym 2010/2011; w pozostałych latach badań zanotowano mniej opadów niż w wieloleciu. W okresie jesiennej wegetacji temperatury wyższe niż w wieloleciu odnotowano w roku 2011 i 2012 przy jednoczesnej bardzo niskiej ilości opadów w tych latach. W okresie wiosenno-letnim najwyższe średnie temperatury zanotowano w kwietniu 2011 roku (11,9°C), maju 2012 roku (17,8°C) oraz czerwcu i lipcu 2013 roku (odpowiednio 20,2°C i 23,3°C). Jednocześnie we wszystkich latach badań opady w marcu i kwietniu były niższe niż w wieloleciu i nie przekraczały 30 mm. Stosunkowo duże opady deszczu występowały w maju 2013 roku, czerwcu 2012 i 2013 roku oraz w lipcu 2011 i 2012.

Tabela 1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji pszenicy ozimej w latach 2010/2011–2012/2013 (Dłóń)

Table 1. Weather conditions in the growing season of winter wheat in the years 2010/2011–2012/2013 (Dłóń)

Miesiąc Month	Temperatura – Temperature (°C)				Opady – Rainfall (mm)			
	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	1957– 2001	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	1957– 2001
X	7,6	9,7	9,1	8,9	115,0	28,4	32,8	38,6
XI	3,2	4,0	6,3	3,7	91,0	0,0	32,5	41,2
XII	-5,7	3,5	-1,6	-0,1	9,5	39,4	20,4	39,3
I	0,8	1,0	-1,7	-1,6	17,5	65,8	49,0	30,0
II	-2,7	-3,9	0,2	-0,4	13,5	45,2	24,0	32,3
III	4,2	6,1	-2,2	3,0	30,0	16,8	24,0	33,7
IV	11,9	10,4	9,2	8,0	17,0	23,0	28,6	33,5
V	15,4	17,8	15,9	13,4	37,5	26,9	97,5	52,3
VI	19,0	18,3	20,2	16,6	33,5	133,9	85,2	71,0
VII	18,6	22,1	23,3	18,1	169,0	95,4	34,0	82,4
VIII	19,7	20,9	19,8	17,8	56,3	106,6	67,5	68,7
Średnia/Suma Mean/Sum	8,4	10,0	9,0	8,0	589,8	515,6	495,5	523,0

Analizując wypełnienie źdźbła rdzeniem można zauważyć, że w źdźbłach odmiany Rampart w każdym analizowanym międzywęźlu średnie wypełnienie rdzeniem przekraczało 50% (tab. 2). W odmianie tej wypełnienie rdzeniem przekraczało 75% zarówno u podstawy źdźbła, jak i w dokłosiu. W przypadku odmian polskich stwierdzono pusty lub prawie pusty rdzeń w poszczególnych międzywęźlach. W odmianach tych nieznaczne wypełnienie zaobserwowano u podstawy źdźbła i w drugim międzywęźlu, przy czym w drugim międzywęźlu wypełnie-

Tabela 2. Średnie wypełnienie źdźbła rdzeniem w poszczególnych międzywęźlach genotypów pszenicy ozimej według systemu oceny amerykańskiej (średnio 2011–2013)

Table 2. Average stem filling by pith in internodes of winter wheat genotypes due to USA methodology (mean of 2011–2013)

Genotyp Genotype	Wypełnienie źdźbła rdzeniem w poszczególnych międzywęźlach Stem filling by pith in internodes				
	1*	2	3	4	5
Rampart	4,0**	3,8	3,8	3,8	4,2
Fregata	1,6	1,5	1,1	1,0	1,0
Ostroga	1,6	1,2	1,0	1,0	1,0
512	3,8	3,2	2,4	2,0	2,2
513	4,1	3,7	2,7	2,4	2,3
514	4,3	3,6	2,3	2,3	2,7
Średnia – Mean	3,2	2,9	2,2	2,1	2,2
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3

*1, 2, 3, 4, 5 – kolejne międzywęźla licząc od dołu – the next internodes counting from the bottom

** średnia oceny punktowej (w skali 1 – 5) w połowie międzywęźli (1 – źdźbło puste, 5 – źdźbło pełne) – mean from score evaluation (1 – 5 scale) in the middle of internodes (1 – hollow stem, 5 – solid stem)

nie źdźbła rdzeniem odmiany Fregata było istotnie wyższe niż Ostrogi. Linie podwojonych haploidów odznaczały się pośrednim wypełnieniem źdźbła rdzeniem, przy czym w największym stopniu źdźbło było wypełnione u podstawy, następnie w mniejszym w kolejnych międzywęźlach, i nieznacznie większym w dokłosiu. W pierwszym, drugim, czwartym i piątym międzywęźlu linia 512 miała istotnie mniejsze wypełnienie rdzeniem w porównaniu do linii 514. Spośród linii DH linia 513 charakteryzowała się najwyższym wypełnieniem rdzeniem w środkowych międzywęźlach (2, 3 i 4).

Średnio najwyższą sumą punktów z 5 międzywęźli, a tym samym najbardziej wypełnionym rdzeniem w 3 latach badań odznaczała się odmiana Rampart (tab. 3). Istotnie niższe wypełnienie rdzenia występowało u analizowanych linii DH, a polskie odmiany odznaczały się rdzeniem pustym. Zauważyć można, że wypełnienie badanych genotypów było zmienne w latach – średnio najwyższe w ciepłym 2012, a najniższe w ostatnim roku badań. W przypadku odmian Rampart i Fregata istotnie wyższe wypełnienie źdźbła rdzeniem zaobserwowano w 2012 r. w porównaniu do 2013 r. Nie stwierdzono wpływu warunków pogodowych w poszczególnych latach badań na wypełnienie źdźbła rdzeniem odmiany Ostroga. W przypadku wszystkich analizowanych linii DH przy pomocy skali amerykańskiej istotnie wyższe wypełnienie źdźbła rdzeniem występowało w roku 2011 w porównaniu do roku 2013.

Analiza wypełnienia źdźbła rdzeniem w dokłosiu (tab. 4) wykazała, iż średnio dla wszystkich genotypów największe wartości tej cechy występowały w 2011, niższe w 2012 a statystycznie najniższe w 2013 roku. Odwrotna sytuacja występowała w przypadku odmiany Rampart, u której najsilniejsze wypełnienie źdźbła rdzeniem występowało w 2013, a istotnie najniższe w 2011. Analizowane polskie odmiany miały rdzeń pusty w dokłosiu przez wszystkie lata badań. Linie DH miały rdzeń w dokłosiu pośredni w 2011 roku, w 2012 wypełnienie istotnie zmalało i w 2013 roku linie te odznaczały się w dokłosiu rdzeniem pustym.

Tabela 3. Suma wypełnienia źdźbła rdzeniem genotypów pszenicy ozimej według systemu oceny amerykańskiej (średnio 2011–2013)

Table 3. Sum of stem filling by pith in internodes of winter wheat genotypes due to USA methodology (mean of 2011–2013)

Genotyp – Genotype	2011	2012	2013	Średnia – Mean
Rampart	16,4*	22,6	20,1	19,7
Fregata	5,2	9,1	6,3	6,9
Ostroga	5,1	6,6	5,7	5,8
512	15,8	16,0	7,4	13,1
513	19,4	16,5	9,6	15,2
514	17,7	14,7	12,2	14,9
Średnia – Mean	13,3	14,3	10,2	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : dla genotypów – for genotypes	8,6	1,1	2,8	2,8
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : dla lat – for years	2,7			–

* suma punktów z 5 międzywęźli (5 – źdźbło puste, 25 – źdźbło pełne) – sum of score from 5 internodes (5 – hollow stem, 25 – solid stem)

Tabela 4. Wypełnienia źdźbła rdzeniem genotypów pszenicy ozimej według metodyki COBORU (średnio 2011–2013)

Table 4. Stem filling by pith of winter wheat genotypes due to COBORU methodology (mean of 2011–2013)

Genotyp – Genotype	2011	2012	2013	Średnia – Mean
Rampart	5,4*	6,0	6,5	6,0
Fregata	3,0	3,0	3,0	3,0
Ostroga	3,0	3,0	3,0	3,0
512	5,0	4,5	3,0	4,2
513	5,4	4,4	3,1	4,3
514	6,1	4,7	3,2	4,7
Średnia – Mean	4,7	4,3	3,6	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : dla genotypów – for genotypes	0,9	0,5	0,4	0,3
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : dla lat – for years	0,3			–

* średnia oceny punktowej w dokłosiu (3 – źdźbło puste, 7 – źdźbło pełne) – average from score evaluation in internode below spike (3 – hollow stem, 7 – solid stem)

DYSKUSJA

W Stanach Zjednoczonych od lat wykorzystywane są genotypy o źdźble z pełnym rdzeniem do hodowli odpornościowej na ździeblarza pszenicznego (*Cephus pygmaeus* L.). Odmiana Rampart zarejestrowana została w USA w 1996 r. i jest to mieszańiec wyprowadzony z odmian Lew, Tiber i Redwin. Celem hodowlanym było uzyskanie odporności na żerowanie ździeblarza i poprawienie parametrów ziarna [Bruckner i in. 1997]. W efekcie końcowym uzyskano odmianę charakteryzującą się znacznym wypełnieniem źdźbła rdzeniem, która uzyskuje oceny powyżej 20 punktów wg skali amerykańskiej. W doświadczeniach prowadzonych w RGD Dłoń średnio wypełnienie rdzenia tej odmiany wynosiło 19,7. Genotyp ten potwierdził więc bardzo wysoki poziom wypełnienia źdźbła rdzeniem w warunkach Polski.

W Polsce, w ostatnich latach (według Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu – Państwowego Instytutu Badawczego), zaobserwowano zwiększenie się liczebności ździeblarza pszenicznego. Wynika to z łagodniejszych warunków klimatycznych, prowadzenia wieloletniej monokultury zbożowej oraz wprowadzania na coraz szerszą skalę upraw bezorkowych. W Polsce uszkodzenia pszenicy przez ździeblarza pszenicznego w latach 1966–1995 średnio wynosiły 0,3–3%. Największą szkodliwość ździeblarza stwierdzono w południowo-zachodniej Polsce, na terenach województwa kujawsko-pomorskiego, w okolicach Zatoki Gdańskiej i Szczecina, a także na białostoczczyźnie [Gałęzewski i Rosiak 2009]. Wiele badań wykazywało, że najlepszym sposobem na zmniejszenie szkód spowodowanych przez ździeblarza jest wypełnienie rdzeniem źdźbła pszenicy [Berzonsky i in 2003, Cárcamo i in 2005, Knodel i in. 2010]. W związku z tym rośnie zainteresowanie zarówno polskich jak i europejskich hodowców wykorzystaniem genotypów o pełnym rdzeniu w programach hodowlanych.

Dotychczas polscy hodowcy w zdecydowanej większości wykorzystywali do programów krzyżówkowych genotypy o pustym źdźble. W efekcie tego w krajowym rejestrze wszystkie odmiany pszenicy charakteryzują się taką cechą, w tym badane w doświadczeniu odmiany Fregata i Ostroga. Przeprowadzona w doświadczeniu ocena tych odmian potwierdziła, że z dokładnością odmiany miały zawsze źdźbło puste. Obydwie odmiany miały jednak w niewielkim stopniu wypełnione źdźbło w dwóch dolnych międzywęźlach.

Nieliczne próby wprowadzenia cechy pełnego źdźbła do materiałów hodowlanych nie powiodły się z powodu problemów z otrzymaniem linii wyrównanych pod względem tej cechy, a jest to niezbędne do wpisania odmiany do Krajowego Rejestru. Przeprowadzenie skutecznej selekcji utrudnia mała znajomość genetycznej determinacji tej cechy [Nawracała 2004]. Pierwsze doniesienia z badań u pszenicy heksaploidalnej wskazywały, że dwa geny determinujące tę cechę znajdują się w chromosomach 3B i 3D [Larson 1959, Larson i MacDonald 1962]. Podkreślono, że na wypełnienie źdźbła wpływa wiele genów, przy czym cechą dominującą jest rdzeń pusty. Larson i MacDonald [1963] w późniejszych doświadczeniach wykazali, że geny z genomu D działają epistatycznie i zapobiegają ujawnieniu się genów z genomu B. W późniejszej pracy Larson i MacDonald [1966], ustalili, że geny wpływające na wypełnienie źdźbła znajdują się w chromosomach 3B, 3D, 5A, 5B i 5D. McKenzie [1965] stwierdził, że trzy lub cztery geny determinują pełne źdźbło, ale jeden gen ma dwa razy większy wpływ na kształtowanie się cechy niż trzy pozostałe geny. Odmienne wyniki otrzymali Tomar i in. [2006]. Analizowali oni trzy kombinacje krzyżowania pomiędzy genotypami z rdzeniem pełnym a rdzeniem pustym. W dwóch kombinacjach stwierdzili, że w pełni wypełnione źdźbło było uwarunkowane pojedynczym dominującym genem a w jednej kombinacji wykazali częściową dominację tej cechy. Hipoteza, że geny warunkujące puste źdźbło obecne w genomie D mają działanie epistatyczne względem pozostałych genów nie została przez nich potwierdzona. Jednogenową determinację cechy wypełnienia źdźbła rdzeniem u pszenicy twardej stwierdzili również Clarke i in. [2002].

Trudności z otrzymaniem odmian wyrównanych dobrze ilustrują wyniki oceny wypełnienia źdźbła rdzeniem badanych w doświadczeniu linii pszenicy. W liniach tych stwierdzono wypełnienie pośrednie rdzeniem. Pomimo faktu, iż linie DH są w 100% homozygotyczne, a pszenica należy do roślin samopylnych, nastąpiło duże zróżnicowanie w ekspresji tej cechy w latach badań. Odnotowano również u tych genotypów ciekawe zjawisko zmniejszania się z roku na rok stopnia wypełnienia źdźbła. Obserwowane zróżnicowanie spowodowane było prawdopodobnie o wiele większym wpływem warunków pogodowych na wypełnienie źdźbła rdzeniem w porównaniu do odmian z pustym i pełnym źdźbłem. Zależność wypełnienia źdźbła u pszenic heksaploidalnych od takich warunków środowiska jak opady, temperatura czy nasłonecznienie stwierdzano wielokrotnie [DePauw i Read 1982, Weiss i Morrill 1992]. Na stopień wypełnienia wpływa również obsada roślin [Miller i in. 1993, Beres i in. 2011]. Analizując obsadę roślin Beres i in. [2011] stwierdzili, iż odmiana Lillian o pełnym rdzeniu ma największe wypełnienie przy najmniejszej obsadzie roślin i jednocześnie wysokie i stabilne wypełnienie źdźbła rdzeniem przy obsadzie mieszczącej się w granicach 205–350 roślin·m². W późniejszym doświadczeniu Beres i in. [2012] uściślili, że największe wypełnienie rdzeniem było przy obsadzie 100 roślin·m² i zwiększało się wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotowego do 60 kg N·ha⁻¹ a powyżej tego poziomu malało. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Hayat i in. [1995] deszczowanie obniżało wypełnienie źdźbła rdzeniem. Potwierdziło się to w badaniach własnych, ponieważ w najbardziej suchym sezonie wegetacyjnym 2012/2013 zaobserwowano największe wypełnienie rdzenia według obydwu zastosowanych metod oceny.

Przedstawione powyżej wyniki wskazują, że wypełnienie źdźbła pszenicy rdzeniem zależy zarówno od genotypu roślin oraz wpływu czynników środowiskowych i wymaga dalszych badań w warunkach Polski.

WNIOSKI

1. Odmiana Rampart potwierdziła w warunkach Polski wypełnienie źdźbła rdzeniem, które przekraczało 75% u podstawy źdźbła i w dokłosiu, a 50% w pozostałych międzywęźlach.
2. W polskich odmianach Fregata i Ostroga stwierdzono puste lub prawie puste źdźbło w poszczególnych międzywęźlach.
3. Największe wypełnienie źdźbła rdzeniem u pszenicy ozimej występuje u podstawy źdźbła.
4. Wypełnienie źdźbła rdzeniem było zależne od genotypu i przebiegu warunków pogodowych w danym roku doświadczenia.

PIŚMIENNICTWO

- Beres B.L., Cárcamo H.A., Yang R.-C., Spaner D.M. 2011. Integrating spring wheat sowing density with variety selection to manage wheat stem sawfly. *Agron. J.* 103: 1755–1764.
- Beres B.L., McKenzie R.H., Cárcamo H.A., Dossdall L.M., Evenden M.L., Yang R.-C., Spaner D.M. 2012. Influence of seeding rate, nitrogen management, and micronutrient blend applications on pith expression in solid-stemmed spring wheat. *Crop Sci.* 52: 1316–1329.
- Berzonsky W., Ding H., Haley S., Harrish M., Lamb R., McKenzie R. 2003. Breeding wheat for resistance to insects. *Plant Breed. Rev.* 22: 221–234.
- Bruckner P.L., Berg J.E., Kushnak G.D., Stougaard R.N., Eckhoff J.L., Carlson G.R., Wichman D.M., Kephart K.D., Riveland N., Nash D.L. 2006. Registration of Genou wheat. *Crop Sci.* 46: 982–983.

- Bruckner P.L., Kushnak G.D., Berg J.E., Wichman D.M., Carlson G.R., Stallknecht G.F., Stougaard R.N., Eckhoff J.L., Bowman H.R., Morrill W.L., Hockett E.A., Tilley K.A. 1997. Registration of Rampart wheat. *Crop Sci.* 37: 1004.
- Cárcamo H.A., Beres B.L., Clarke F., Byers R.J., Mündel H.-H., May K., Depauw R. 2005. Influence of plant host quality on fitness and sex ratio of the wheat stem sawfly (*Hymenoptera: Cephidae*). *Environ. Entomol.* 34: 1579–1592.
- Clarke F.R., Clarke J.M., Knox R.E. 2002. Inheritance of stem solidness in eight durum wheat crosses. *Can. J. Plant Sci.* 82: 661–664.
- COBORU (www.coboru.pl).
- DePauw R.M., Read D.W.L. 1982. The effect of nitrogen and phosphorus on the expression of stem solidness in Canuck wheat at four locations in southwestern Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 62: 593–598.
- Eckroth E.G., McNeal F.H. 1953. Association of plant characters in spring wheat with resistance to the wheat stem sawfly. *Agron. J.* 45: 400–404.
- Gałęzewski M., Rosiak K. 2009. Żdzieblarz pszeniczny (*Cephus pygmaeus* L.) na przestrzeni wielolecia w Polsce. *Prog. Plant Prot.* 49(3): 1179–1182.
- Hayat M.A., Martin J.M., Lanning S.P., McGuire C.F., Talbert L.E. 1995. Variation for stem solidness and its association with agronomic traits in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 75: 775–780.
- Knodel J., Shanower T., Beauzay P. 2010. Integrated pest management of wheat stem sawfly in North Dakota. NDSU Extension Service, North Dakota State University: 1–8.
- Larson R.I. 1959. Inheritance of the type of solid stem in Golden Ball (*Triticum durum*). I. Early generations of a hybrid with Rescue (*T. aestivum*). *Can. J. Botany* 37: 889–896.
- Larson R.I., MacDonald M.D. 1962. Cytogenetics of solid stem in common wheat. IV. Aneuploid lines of the variety Rescue. *Can. J. Genet. Cytol.* 4: 97–104.
- Larson R.I., MacDonald M.D. 1963. Inheritance of type of solid stem in Golden Ball (*Triticum durum*). III. The effect of selection for solid stem beyond F₅ in hexaploid segregates of the hybrid Rescue (*T. aestivum*) x Golden Ball. *Can. J. Genet. Cytol.* 5: 437–444.
- Larson R.I., MacDonald M.D. 1966. Cytogenetics of solid stem in common wheat. V. Lines of S615 with whole chromosome substitutions from apex. *Can. J. Genet. Cytol.* 8: 64–70.
- Lin H., Huijun G., Shihe X., Guoliang J., Xiuying Z., Changsheng Y., Zhiyong X., Jizeng J. 2005. Quantitative trait loci (QTL) of stem strength and related traits in a doubled-haploid population of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 141: 1–9.
- McKenzie H. 1965. Inheritance of sawfly reactions and stem solidness in spring wheat crosses. *Can. J. Plant Sci.* 45: 591–600.
- Miller R.H., El Masri S., Al Jundi K. 1993. Plant density and wheat stem sawfly (*Hymenoptera: Cephidae*) resistance in Syrian wheats. *Bull. Entomol. Res.* 83: 95–102.
- Nawracała J. 2004. Genetyczne podstawy hodowli pszenicy (*Triticum aestivum* L.). W: „Zarys Genetyki Zbóż”. Górny A. (red.). Wyd. IGR PAN Poznań 183–327.
- Özberka İ., Atı A., Yücel A., Özberka F., Coşkun Y. 2005. Wheat stem sawfly (*Cephus pygmaeus* L.) damage; impacts on grain yield, quality and marketing prices in Anatolia. *Crop Prot.* 24: 1054–1060.
- Shanower T., Hoelmer K.A. 2004. Biological control of wheat stem sawflies: past and future. *J. Agric. Urban Entomol.* 21: 197–221.
- Tomar S.M.S., Nair S.K., Renu S., Vinod S., Bhanwer S. 2006. Genetic analysis of stem solidness in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Indian J. Genet. Plant Breed.* 66: 299–302.
- Weiss M.J., Morrill W.L. 1992. Wheat stem sawfly (*Hymenoptera: Cephidae*) revisited. *Am. Entomol.* 38: 241–245.

J. NAWRACAŁA, D. KURASIAK-POPOWSKA, M. PLUTA

STEM FILLING BY PITH OF SELECTED VARIETIES AND LINES OF WINTER WHEAT**Summary**

The aim of the study was to assess the degree of stem filling by pith of solid stem variety and lines with different stem filling in comparison to Polish varieties with hollow stem. Field experiment was conducted at Agricultural Research Station Dłoń, Poznan University of Life Sciences in the years 2010–2013. The analysis of stem filling was carried out according to COBORU methodology and USA methodology. The results showed that the biggest stem filling is at stem bases. The Rampart variety confirmed their stem solidness in the Polish conditions – the stem filling exceeded 75% at the stem bases and halfway between base of ear and stem node below and 50% in other internodes. Then Polish varieties (Fregata and Ostroga) had hollow stem and almost hollow stem in all internodes. Doubled haploid lines were characterized by an intermediate stem filling. In DH lines the degree of stem filling by pith had the highest variability. The degree of stem filling by pith differ significantly between the years of experiment and was the highest in the warmest year of the experiment.

Key words: winter wheat, solid stem, hollow stem

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 3.10.2015

Do cytowania – *For citation*:

Nawracała J., Kurasiak-Popowska D., Pluta M. 2015. Wypełnienie źdźbła rdzeniem u wybranych odmian i linii pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 32(3): 64–72.