

**AGNIESZKA STEPIEŃ**<sup>1,2</sup>

**TADEUSZ DRZAŻGA**<sup>1</sup>

**RENATA GALEK**<sup>2</sup>

**DARIUSZ ZALEWSKI**<sup>2</sup>

**ADA BIELA**<sup>2</sup>

**BARTOSZ KOZAK**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Małopolska Hodowla Roślin Sp. Z o.o. Oddział w Kobierzycach

<sup>2</sup> Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

## Porównanie meksykańskich genotypów oraz odmian krajowych pszenicy jarej pod względem ważniejszych cech plonotwórczych

### The comparison of Mexican genotypes and Polish varieties of spring wheat regarding the major yielding traits

Ważnym czynnikiem ograniczającym plonowanie pszenicy jarej jest susza. Stąd potrzeba większego nacisku w pracach hodowlanych na selekcję odmian dostosowanych do warunków z występującymi niedoborami wilgoci. W latach 2013–2015 przeprowadzono cykl doświadczeń polowych dla wybranych genotypów pszenicy jarej pochodzących ze szkółki CIMMYT (o podwyższonej tolerancji na stres suszy) oraz odmian z rejestru PL (odmiany zarejestrowane w Polsce): Harendra, Hewilla, Izera, Ostka Smolicka, Torridon, Trappe i Tybalt. Na podstawie uzyskanych wyników z doświadczeń wyliczono średnie dla lat oraz współczynniki korelacji fenotypowej pomiędzy plonem pszenicy jarej a cechami użytkowymi. Otrzymano ujemną korelację plonu z terminem kłoszenia. Ujemne związki z plonem stwierdzono również dla zawartości białka, glutenu oraz liczby sedimentacji. Uzyskane plony, średnie z 2-lecia mieściły się w zakresie od 69,7 dt/ha do 107,3 dt/ha. Kilka linii z CIMMYT plonowało na poziomie odmian krajowych. Linie pochodzące z CIMMYT charakteryzowały się wyższą masą 1000 nasion, korzystniejszymi parametrami wstępnej oceny technologicznej oraz lepszą odpornością na choroby grzybowe.

**Słowa kluczowe:** CIMMYT, korelacja, plon, pszenica jara, susza

Drought is an important limiting factor for crop yield improvement. Therefore, there is a need for more emphasis on selection of breeding material suited for conditions with frequent water deficits. In 2013–2015 field experiments were conducted for selected spring wheat genotypes from CIMMYT (with increased tolerance to drought stress) and varieties from the Polish register: Harendra, Hewilla, Izera, Ostka Smolicka, Torridon, Trappe and Tybalt. Based on the results obtained from the experiments, the mean yield of the years and the phenotypic correlation coefficients between the yield

and the functional characteristics were calculated. Negative correlation of yield with heading time was observed. Also negative correlations with yields were found for protein and gluten content and sedimentation. The 2-year average for the yield ranged from 69.7 dt / ha to 107.3 dt / ha. Several lines from CIMMYT yielded at the level of domestic varieties. The CIMMYT lines were characterized by a higher weight of 1000 grains, more favorable initial technological evaluation and a better resistance to fungal diseases.

**Key words:** CIMMYT, correlation, drought, wheat spring, yield

## WSTĘP

Na przełomie ostatnich 50 lat obserwuje się ocieplenie się klimatu, a wraz z nim wzrost ekstremalnych zjawisk pogodowych (Kundzewicz, 2011). Prognozy na przyszłość wskazują na dalsze ocieplenie i szereg efektów związanych z anomaliami pogodowymi. Susza jest najważniejszym czynnikiem abiotycznym limitującym plon i wzrost roślin (Lefebvre i in., 2009; Fleury i in., 2010).

Hodowla odmian tolerancyjnych na stresy abiotyczne jest coraz ważniejszym kierunkiem oraz celem w kontekście postępujących zmian klimatu (Arnell, 2003; Murphy i in., 2013). Ze względu na złożony charakter tolerancji, jak i odporności na suszę oraz istotność interakcji genotypowo-środowiskowej ( $G \times E$ ) selekcja odmian odpornych jest utrudniona (Budak i in., 2013). Nie mniej tolerancja odmian pszenicy i innych roślin na suszę, efektywność wykorzystania wody przez rośliny, a także stres temperatury są obecnie głównymi celami w hodowli pszenicy (CIMMYT, 2008). Możliwość zdolności adaptacyjnych do wzrostu w warunkach niedoboru wody można uzyskać poprzez wprowadzenie do hodowli odmian posiadających gen niewrażliwości fotoperiodycznej (Foulkes i in., 2004).

W 1963 roku w Meksyku zespół badawczy przekształcił się w Międzynarodowy Ośrodek Badań nad Kukurydzą i Pszenicą (CIMMYT — International Maize and Wheat Improvement Centre) (Rozłucki, 1979). Oba programy wykorzystują metody hodowlane oraz techniki inżynierii genetycznej w celu usprawnienia wzrostu roślin w niekorzystnych warunkach środowiska (miejsca objęte suszą, chorobami, owadami oraz pozbawione składników niezbędnych do wzrostu roślin) (Bänziger i in., 1996). Obecnie, CIMMYT na podstawie dostępnej literatury opracował ogólny model koncepcyjny adaptacji pszenicy (*Triticum aestivum* L.) na obszarach zagrożonych suszą, obejmujący poprawę cech z możliwością wprowadzenia ich do hodowli (Reynolds i in., 2007).

Praca miała na celu przetestowanie oraz porównanie linii pszenicy jarej pochodzących ze szkółki CIMMYT z wybranymi odmianami zarejestrowanymi w Polsce pod kątem wybranych cech użytkowych. Genotypy z CIMMYT, które wchodziły w skład szkółki atestacyjnej przewidzianej do siewu na obszarach z niedoborami wilgoci, dlatego mogą one stanowić cenne źródło genów tolerancji na suszę w programie hodowli pszenicy jarej.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczym stanowiły odmiany pochodzące z Krajowego Rejestru Odmian COBORU (Harendra, Hewilla, Izera, Ostka Smolicka, Torridon, Trappe i Tybalt) oraz

linie pochodzące ze szkółki CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center), otrzymanej w ramach serii Semi-Arid Wheat Field Trial (21ST SAWYT \*6)

Badania realizowano w latach 2013–2015 w Kobierzycach k. Wrocławia. Doświadczenia polowe zlokalizowano na glebach należących do czarnych ziem pochodzenia pyłowego na podłożu żwirowym, zaliczane do klasy bonitacyjnej III a. Doświadczenie założono metodą bloków niekompletnych, w dwóch lub trzech powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 10,0 m<sup>2</sup>. W 2013 roku założono doświadczenie dla wszystkich 49 linii otrzymanych ze szkółki CIMMYT. Jako formy kontrolne wysiano odmiany z rejestru PL. Na podstawie otrzymanych wyników z roku 2013 wybrano 18 linii pochodzących z tej szkółki i badano je przez kolejne dwa sezony wegetacyjne.

W doświadczeniu określono plon ziarna (dt/ha). W trakcie wegetacji wykonano obserwację terminu kłoszenia (liczba dni od 01.04), odporności na choroby grzybowe oraz wyleganie oceniane w skali 9°. Wykonano pomiary wysokości roślin (cm), a po zbiorze oznaczono masę tysiąca ziaren (g). Dodatkowo oznaczono parametry technologiczne ziarna: zawartość białka ogólnego (%), glutenu (%), skrobi (%) oraz liczbę sedymentacji (ml) na analizatorze spektrofotometrycznym DA 7200.

Oznaczono również parametry technologiczne ziarna: zawartość białka ogólnego (%), glutenu (%), skrobi (%) oraz liczbę sedymentacji (ml) na analizatorze spektrofotometrycznym DA 7200.

Wykonano syntezę wyników doświadczeń polowych i analiz laboratoryjnych z ostatnich dwóch lat, otrzymując średnie arytmetyczne dla cech badanych odmian oraz obliczono współczynniki korelacji fenotypowej pomiędzy plonem ziarna i pozostałymi cechami. Dla uzyskanych wyników przeprowadzono analizę wariancji pod względem wszystkich analizowanych cech.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Niezależnie od warunków glebowych na plonowanie pszenicy jarej duży wpływ ma przebieg pogody w okresie wegetacji, a więc ilość opadów, światło i temperatura. W wielu pracach podkreśla się znaczenie kompleksowego działania opadów i temperatury na rozwój i plonowanie zbóż, gdyż od wzajemnego współukładu tych elementów zależy kierunek oddziaływania na plon. Ujemny wpływ temperatury może być łagodzony większą ilością opadów, a wysoka temperatura wyraźnie obniża nadmiar wody (Bombik i in., 1997). Rośliny zbóż jarych są wrażliwe na niedobór wody i reagują na to spadkiem plonu (Weber i in., 2007).

Warunki pogodowe w poszczególnych latach doświadczeń były znacznie zróżnicowane (tab. 1). W latach 2013 i 2014 łączna suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacji przewyższyła normę wieloletnią odpowiednio o 17% i 7%, natomiast w 2015 roku suma opadów była o 104 mm niższa od sumy wielolecia. Szczególnie niekorzystny rozkład opadów panował w 2015 roku, kiedy to w kwietniu, wystąpił ich wyraźny niedobór (11,6 mm). Wieloletnie badania wskazują na istotny związek wielkości plonu ziarna z ilością opadów w maju i czerwcu oraz ich sumą w miesiącach kwiecień — lipiec (Jaskulski, 1999; Rudnicki i in., 1999). W okresie kwiecień — lipiec optymalna ilość

opadów dla pszenicy jarej wynosi 151–200 mm, przy czym ich suma poniżej 150 mm skutkuje większym spadkiem plonu ziarna niż ilość opadów przekraczająca 300 mm (Panek, 1987). We wszystkich latach badań, w okresie kwiecień–lipiec średnie miesięczne temperatury powietrza były wyższe w porównaniu do normy wieloletniej — średnio od 2,1°C (2014 rok) do 3,3°C (2015 rok). Najwyższy plon pszenicy uzyskano w 2013 roku (97,1 dt/ha) (tab.2). W kolejnych sezonach średnie plonowanie było niższe i wyniosło odpowiednio: 2014 — 73,2 dt/ha, 2015 — 79,3 dt/ha. Duże różnice plonów można tłumaczyć odmiennym przebiegiem pogody w analizowanych latach i ich wpływem na vegetację roślin. W swojej pracy Weber i Hryńczuk (1999) udowodnili, że deficyt wody w okresie końca krzewienia oraz kwitnienia pszenicy oddziałuje niekorzystnie na masę oraz liczbę ziarna z kłosa, długość kłosa oraz krzewistość produkcyjną. Wyniki z 2013 posłużyły do wytypowania linii ze szkółki CIMMYT, gdzie następnie badano je w kolejnych dwóch sezonach vegetacyjnych.

Tabela 1

**Sumy opadów i średnie dobowe temperatury powietrza w okresie vegetacji**  
**Amounts of precipitation and daily air temperatures during the vegetation period**

Rok Year	Miesiąc — Month				kwiecień — lipiec April — July
	kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	
Opady — Rainfalls (mm)					suma — sum
2013	52	83,0	123,4	30,4	288,8
2014	40,3	91,3	35,0	102,4	269,0
2015	11,6	35,0	67,2	21,4	143,6
LYM	39,0	60,7	65,9	82,0	247,6
Temperatura — Temperature (°C)					średnio — mean
2013	12,1	14,5	17,2	20,5	16,1
2014	11,6	13,9	17,2	20,6	15,8
2015	14,4	13,5	19,1	20,9	17,0
LYM	7,4	13,0	16,3	18,0	13,7

Tabela 2

**Plon ziarna odmian z KR oraz linii pszenicy jarej w zależności od roku badań (dt/ha)**  
**Grain yield of genotypes from CIMMYT and varieties from Polish register of wheat cultivars depending on years investigations (dt/ha)**

Rok Year	Odmiany z KR Varieties from Polish register	Linie pochodzące z CIMMYT Genotypes from CIMMYT	Średnia Average
2013	100,9	95,6	97,1
2014	90,2	66,7	73,2
2015	90,4	75,7	79,8

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji (tab. 3a i 3b) stwierdzono istotne różnicowanie badanych form pod względem analizowanych cech. Odnotowano również istotny wpływ na kształtowanie się poszczególnych cech interakcji genotypy × lata (z wyjątkiem wysokości oraz masy tysiąca nasion). Istotne interakcje pomiędzy genotypami i latami wskazują na znaczną zmienność cech badanych odmian oraz linii w poszczególnych latach.

Plon jest najważniejszą cechą każdej odmiany i pozostaje podstawowym celem hodowlanym. Powstaje jako ostateczny rezultat cyklu życiowego rośliny, dlatego też ma kompleksowy charakter, a na jego ostateczną wysokość wpływa bardzo duża liczba czynników.

Tabela 3a

**Średnie kwadraty zmienności analizowanych cech pszenicy jarej**  
**The mean squares of variability for analyzed characteristics of spring wheat**

Źródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Plon Yield (dt/ha)	Wysokość Plant height (cm)	MTZ TKW (g)	Zawartość Białka Protein content (%)	Zawartość Skrobi Starch content (%)	Zawartość glutenu Gluten content (%)	Liczba sedymentacji Sedimentation value (ml)
Rok Year	2	657,3**	261,2**	171,2**	13,13**	16,83**	82,77**	414,8**
Genotyp Genotype	24	8719,4**	3524,1**	660,9**	32,40**	3,48**	1115,79**	604,9**
Rok × genotypy Year × genotype	48	200,0**	60,5	22,4	0,79**	1,23**	5,75**	25,8**
Błąd Error	144	46,4	55,3	30,21	0,24	0,40	2,46	13,14

\* Istotność na poziomie  $\alpha = 0,05$ ; Significant at the level  $\alpha = 0.05$

\*\* Istotność na poziomie  $\alpha = 0,01$ ; Significant at the level  $\alpha = 0.01$

Tabela 3b

**Średnie kwadraty zmienności analizowanych cech pszenicy jarej**  
**The mean squares of variability for analyzed characteristics of spring wheat**

Źródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Termin kłoszenia (liczba dni od 01.04) Heading time (days)	Wyleganie Lodging (1-9)	Rdza żółta Yellow rust (1-9)	Mączniak Powdery mildew (1-9)	Rdza brunatna Brown rust (1-9)	Fusarium kłosa Head blight (1-9)
Rok Year	2	6,50**	7,51**	0,98*	0,78	1,09**	3,18**
Genotyp Genotype	24	575,54**	665,47**	148,84**	87,60**	138,72**	134,67**
Rok × genotypy Year × genotype	48	4,21**	4,86**	1,08**	0,85*	0,95**	2,78**
Błąd Error	144	1,17	1,21	0,46	0,45	0,06	0,11

\* Istotność na poziomie  $\alpha = 0,05$ ; Significant at the level  $\alpha = 0.05$

\*\* Istotność na poziomie  $\alpha = 0,01$ ; Significant at the level  $\alpha = 0.01$

Ze strony genotypu jest to olbrzymia liczba genów warunkujących cechy wpływające pośrednio na plon (np. długość okresu wegetacji, odporność na choroby) lub bezpośrednio determinujących poszczególne komponenty plonu (np. liczba roślin na m<sup>2</sup>, MTZ, liczba ziaren w kłosie, liczba kłosów z rośliny). Wszystkie wymienione komponenty plonu mają charakter tzw. cech ilościowych, podlegających zmiennemu wpływowi

środowiska. Czynniki te mają istotny wpływ na realizację genetycznego potencjału plonowanie. Dużą rolę odgrywa także interakcja genotyp  $\times$  środowisko (Górny i in., 2004). W tabeli 4a przedstawiona została średnia wartość plonu z dwóch lat badań dla badanych odmian oraz linii. Badane odmiany pszenicy jarej plonowały w zakresie od 69,7 q/ha do 107,3 q/ha (tab. 4a).

Tabela 4a

**Średnie wartości badanych cech odmian /linii w kolekcji pszenicy jarej**  
**Mean values of tested traits of varieties/lines of spring wheat collection**

Genotypy Genotypes	Plon Yield (dt/ha)	Masa 1000 ziaren TKW (g)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Wylega- nie Lodging (1-9)	Termin kłoszenia (liczba dni od 01.04) Heading time (days)	Fusarium kłosa (1-9) Head blight	Mączniak (1-9) Powdery mildew	Rdza żółta (1-9) Yellow rust	Rdza brunatna (1-9) Brown rust
*Harenda	107,3	44,3	100,0	4,3	169	6,0	8,3	8,6	8,7
Hewilla	93,1	45,3	105,0	3,7	168	3,5	6,3	6,8	6,3
Izera	87,5	39,3	106,5	3,2	168	4,0	5,3	5,8	5,3
Ostka_Smolicka	80,8	40,4	102,5	4,8	169	2,5	5,0	5,3	5,0
*Torridon	92,3	42,6	95,5	6,5	171	4,0	7,3	7,8	7,3
Trappe	95,0	40,5	100,0	5,8	173	4,0	5,3	7,2	5,3
*Tybalt	100,6	44,7	97,5	5,8	172	4,5	8,3	9,0	8,3
Średnie dla odmian z KR Mean values of varieties from KR	93,8	42,5	101,0	4,9	170	4,1	6,5	7,2	6,6
M_14	85,4	47,1	101,5	1,7	163	8,0	6,7	7,3	6,7
M_15	84,5	51,0	98,0	3,2	165	8,0	6,7	7,8	6,7
M_21	79,9	40,6	102,0	2,3	167	8,5	6,3	7,5	6,3
M_26	86,1	48,2	105,0	4,3	166	9,0	8,0	7,7	8,0
M_28	83,6	47,7	97,5	3,8	166	7,5	7,7	7,5	7,7
M_31	87,8	45,1	97,0	1,0	163	8,0	7,7	7,5	7,7
M_33	79,9	57,3	99,0	2,5	163	7,5	8,0	8,0	8,0
M_35	83,8	52,0	98,5	3,0	164	7,5	6,7	7,5	6,7
M_36	78,5	48,2	97,5	5,5	166	8,0	7,7	7,2	7,7
M_46	72,4	47,3	97,5	1,6	163	8,0	7,7	7,5	7,7
M_47	71,9	57,0	97,0	4,1	163	6,0	7,0	7,5	7,0
M_49	69,7	50,8	96,0	3,4	166	4,0	7,0	7,7	7,0
M_5	79,2	43,4	102,5	3,4	166	5,0	7,3	7,5	7,3
M_50	80,6	47,0	97,5	1,7	164	6,5	6,7	7,3	6,7
M_6	82,8	52,9	106,5	2,8	166	6,5	6,0	7,2	6,0
M_7	72,2	42,1	95,0	4,7	165	5,0	8,0	8,3	8,0
M_8	71,5	43,0	98,5	2,3	163	8,0	8,0	8,2	8,0
M_9	78,2	48,3	97,5	1,8	166	8,5	7,7	7,8	7,7
Średnie dla linii pochodzą- cych ze szkółki CIMMYT Mean values for CIMMYT lines	79,3	48,3	99,1	2,9	165	7,2	7,3	7,6	7,3
Średnia ogólna Grand mean	83,4	45,4	100,1	3,9	167	5,6	6,9	7,4	6,9
NIR — LSD	11,0								

\*wzorzec — \*standard

Średnie plonowanie odmian zarejestrowanych było wyższe o prawie 15 q/ha od średniego plonowania linii meksykańskich. Najwyższymi plonami wykazały się odmiany: Harenda (107,3 q/ha) i Tybalt (100,6 q/ha). Linie M\_15, M\_26, M\_35, M\_36, M\_5 i M\_6 plonowały na poziomie polskiej odmiany Ostka Smolicka (78,8 q/ha) i odmiany Izera (80,9 q/ha). Niższe plonowanie tych odmian związane jest z ich wysoką podatnością na rdzę żółtą. Najwyżej plonującą linią meksykańską była linia M\_31 (87,4 q/ha), jej plon był niższy o 23% w porównaniu do średniego wzorca odmian zarejestrowanych w Polsce.

Ważnym czynnikiem, który wpływa na wysokość plonu, jest masa 1000 ziaren. Cecha ta informuje również o dorodności ziarna. Odmiany zarejestrowane charakteryzowały się niższą MTZ w stosunku do genotypów z CIMMYT (tab. 4a). Należy przy tym zwrócić uwagę na fakt, iż wśród analizowanych genotypów występowały takie, u których wartości omawianych cech przekraczały 50 g, co czyni z nich wartościowy materiał hodowlany. Prace Ługowskiej i in. (2004) oraz Jedyńskiego (2001) dotyczące zależności analizowanych cech od budowy oraz uwarunkowania genetycznego, wskazują na możliwość selekcji form o wysokiej plenności i dorodnym ziarnie.

Obie grupy odmian nie różniły się wysokością roślin. Odmiany krajowe wykazały się lepszą odpornością na wyleganie. W obrębie populacji linii meksykańskich zidentyfikowano formy o wysokiej sztywności źdźbła (tab. 4a). Wyleganie jest cechą, która wpływa bardzo niekorzystnie na plon i jakość ziarna. U pszenicy wyleganie może obniżyć plon ziarna o 20% (Briggs, 1990), 30% (Pinthus, 1973) lub nawet o 40% (Easson in., 1993).

Linie meksykańskie były średnio o 5 dni wcześniejsze od odmian zarejestrowanych. Jest to związane przystosowaniem tych form do obszarów o skróconym okresie wegetacyjnym połączonym, z często występującymi niedoborami wilgoci (tab. 4a).

W warunkach Kobierzyc zaobserwowano bardzo silne porażenie kłosów przez fuzariozę. Odmiany krajowe wykazały się dużą podatnością na tego patogena. W obrębie linii meksykańskich zaobserwowano bardzo duże zróżnicowanie pod względem odporności na tę chorobę. Do genotypów o bardzo wysokiej odporności na fuzariozę kłosa należą: M\_26, M\_21 i M\_9, które mogą być źródłem genów odporności oraz cennym materiałem w programach hodowlanych (tab. 4a).

Biorąc pod uwagę bonitacje porażenia na mączniaka prawdziwego, rdzę brunatną i żółtą, wiele genotypów meksykańskich wykazało się kompleksową wysoką odpornością na te patogeny w warunkach Polski (tab. 4a). Te formy mogą być wykorzystane jako nowe źródła efektywnych genów odporności. Choroby te występują powszechnie i w wypadku wczesnego porażenia mogą powodować zamieranie i zasychanie liści, a przez to jakościową i ilościową obniżkę plonu. Są one rozpowszechnione i występują każdego roku w mniejszym lub większym nasileniu. Przy silnym porażeniu MTZ może obniżyć się nawet o 30% (Strebeyko, 1976).

Genotypy meksykańskie wykazały się zdecydowanie wyższymi wartościami pod względem parametrów jakościowych w porównaniu do odmian zarejestrowanych. Średnia zawartość białka dla odmian krajowych wyniosła 12,5%, dla linii z CIMMYT była ona wyższa i wyniosła 14%. W obrębie tej grupy otrzymano bardzo duże zróżnicowanie pod względem cech jakościowych. Zawartość białka w ziarnie pszenicy waha się w szerokich granicach od 9% do 20% (Dupont i in., 2003). Jest to cecha

kontrolowana przez bardzo dużą liczbę genów, na którą silnie wpływa szereg czynników środowiskowych. W warunkach klimatyczno-glebowych w jakich prowadzono uprawę pszenicy, zawartość białka wahała się od 11,9% do 16,7%. Zawartość glutenu wynosiła od 25,8% do 38,1%, a liczba sedymentacji od 32 do 50 ml (tab. 4b).

Tabela 4b

**Średnie wartości cech jakościowych badanych odmian w kolekcji pszenicy jarej**  
**Mean values of qualitative characteristics in spring wheat collection**

Genotypy Genotypes	Zawartość białka Protein content (%)	Zawartość skrobi Starch content (%)	Zawartość glutenu Gluten content (%)	Liczba sedymentacji Sedimentation value (ml)
*Harenda	13,0	67,2	29,7	35
Hewilla	12,7	66,9	28,8	33
Izera	12,6	67,6	29,2	32
Ostka Smolicka	12,0	67,7	26,5	28
*Torridon	12,9	65,7	28,2	36
Trappe	11,9	67,7	26,2	29
*Tybalt	12,5	66,0	27,8	35
Średnie dla odmian z KR Mean values of varieties from KR	12,5	67,0	28,1	33
M_14	14,4	64,8	32,0	45
M_15	14,9	66,0	34,6	50
M_21	14,4	64,6	32,5	45
M_26	13,5	65,3	30,2	40
M_28	13,4	66,0	30,3	41
M_31	14,2	65,0	32,2	47
M_33	14,6	64,9	33,3	48
M_35	13,5	65,6	30,2	40
M_36	12,6	66,4	27,6	34
M_46	13,8	64,3	30,8	41
M_47	15,8	63,0	35,3	50
M_49	14,1	64,5	31,3	42
M_5	12,4	66,5	25,8	32
M_50	13,9	64,3	31,3	45
M_6	12,8	67,5	29,0	35
M_7	13,5	64,9	31,9	48
M_8	13,7	65,8	30,7	42
M_9	16,7	62,8	38,1	45
Średnie dla linii pochodzących ze szkółki CIMMYT Mean values for CIMMYT lines	14,0	65,1	31,5	43
Średnia ogólna Grand mean	13,3	66,0	29,8	38

\*wzorzec — \*standard

Linie pochodzące ze szkółek CIMMYT były testowane w ramach serii SAWYT (Semi-Arid Wheat Field Trial) w latach 1994–2010 w 17 miejscowościach obejmujące rejony Afryki, Środkowej i Zachodniej Azji, Europy, Meksyku, Północnej i Południowej Ameryki (Manes i in., 2012). Rejony te charakteryzują się niskimi opadami i często występującym stresem suszy. Pomimo niesprzyjających warunków dla plonowania pszenicy jarej, plon był zadowalający. Średnia ogólna ze wszystkich miejscowości w latach wyniosła 36,5 dt/ha i mieściła się w zakresie od 28,2 dt/ha do 39,9 dt/ha. Naj-



wyższy średni plon otrzymano w 2004 roku, gdzie średnia z 16 miejscowości wyniosła 60,2 dt/ha.

W celu poznania związków pomiędzy plonem a pozostałymi cechami wykonano obliczenia współczynników korelacji fenotypowej (tab. 5).

Tabela 5

**Współczynniki korelacji fenotypowej pomiędzy plonem ziarna a badanymi cechami pszenicy jarej w latach 2014 i 2015**  
**Coefficients of correlation between the grain yield and investigated traits of the spring wheat in 2014 and 2015**

Cechy skorelowane z plonem ziarna Traits correlated with grain yield	Współczynniki korelacji Coefficients of correlation	
	2014	2015
Wysokość roślin (cm) Plant height	0,367	0,087
Wyleganie (1-9) Lodging (1-9)	0,638**	0,298
Mączniak (1-9) Powdery mildew	-0,025	-
Rdza żółta (1-9) Yellow rust	0,367	-
Rdza brunatna (1-9) Brown rust	0,192	-
Fusarium kłosa (1-9) Fusarium head blight	0,367	-
Termin kłoszenia (liczba dni od 01.04) Heading time (days from 01.04)	0,818**	0,667**
Masa 1000 ziaren (g) TKW	-0,486*	-0,279
Zawartość białka (%) Protein content	-0,535**	-0,618**
Zawartość skrobi (%) Starch content	0,483*	0,528**
Zawartość glutenu (%) Gluten content	-0,538**	-0,571**
Liczba sedymentacji (ml) Sedimentation value	-0,597**	-0,534**

\* istotne na poziomie  $\alpha = 0,05$ ; significant at  $\alpha = 0,05$  level, wartość krytyczna 0,3961; critical value 0.3961

\*\* istotne na poziomie  $\alpha = 0,01$ ; significant at  $\alpha = 0,01$  level, wartość krytyczna 0,5052; critical value 0.5052

Zaobserwowano zmienność wartości korelacji pomiędzy analizowanymi cechami zależnie od roku. Wyleganie oraz masa 1000 nasion były istotnie skorelowane tylko w 2014 roku. W dwuletnich badaniach stwierdzono istotne związki plonu z wczesnością. Podobne wyniki badań otrzymali Singh i in. (1998), gdzie plon był dodatnio skorelowany z terminem kłoszenia, co wskazuje na generalnie wyższy plon dla odmian późniejszych. Wpływ odporności na choroby na poziom plonowania okazał się w zasadzie nieistotny. Jest to zgodne z wynikami badań Pochaby i Węgrzyna (2000), którzy także nie stwierdzili istotnego związku plonu z odpornością na mączniaka i rdzę brunatną. Otrzymano istotne ujemne związki pomiędzy plonem ziarna a wskaźnikami wartości technologicznej: liczbą sedymentacji, zawartością białka oraz glutenu. Podobne wyniki

otrzymano w doświadczeniach Woźniak (2006) oraz Śmiałowski i in. (2006), w których stwierdzono istotnie ujemną korelację pomiędzy plonem ziarna a zawartością białka i glutenu.

#### WNIOSKI

1. Badane genotypy pszenicy jarej pochodzące ze szkółki CIMMYT plonowały na niższym poziomie w porównaniu do odmian krajowych.
2. Genotypy meksykańskie wykazywały lepszą wartość pod względem wskaźników technologicznych w stosunku do odmian krajowych.
3. W obu latach badań stwierdzono istotnie dodatnią korelację jedynie pomiędzy plonem a terminem kłoszenia.
4. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie dla badanych odmian oraz linii pszenicy jarej pod względem wszystkich badanych cech.
5. Najdorodniejsze ziarno (najwyższa MTZ) miały linie CIMMYT. Ich wartość przekraczała 50 g.
6. Pomimo niższego plonowania genotypy meksykańskie mogą być cennym źródłem genów odporności i jakości technologicznej do wykorzystania w programach hodowli pszenicy jarej, dlatego powinny zostać włączone do krzyżowań w programach hodowli pszenicy jarej

#### LITERATURA

- Arnell N. W. 2003. Relative effects of multidecadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future stream flows in Britain. *J. Hydrol.* 270: 195 — 213.
- Bänziger M., Edmeades G. O., Mickelson H. R., Peña-Valdivia C. B. 1996. Developing Drought and Low N-Tolerant Maize. *Proceedings of a Symposium. March 25–29: 2.*
- Briggs K. G. 1997. Badanie i ocena odrębności, wyrównania i trwałości odmian. *Wiadomości odmianoznawcze COBORU: 3 — 13.*
- Budak H., Kantar M., Kurtoglu K. Y. 2013. Drought tolerance in modern and wild wheat. *The Scientific World Journal DOI 548246: 16 p.*
- Bombik A., Jankowska J., Starczewski J. 1997. Wpływ czynników meteorologicznych na plonowanie zbóż w warunkach produkcyjnych. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 313: 27 — 36.
- CIMMYT. 2008. Wheat genetic resources enhancement by the International Maize and Wheat Improvement Center. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 1095 — 1140.
- Dupont F. M., Altenbach S. B. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science* 38 (2): 133 — 146.
- Easson D. L., White E. M., Pickles S. J. 1973. The effect of weather, seeding rate and variety on loading and yield in winter wheat. *J. Agric. Sci.* 121: 145 — 156.
- Foulkes M. J., Sylvester-Bradley R., Worland A. J., Snape J. W. 2004. Effects of a photoperiod-response gene Ppd-D1 on yield potential and drought resistance in UK winter wheat. *Euphytica* 135: 63 — 73.
- Fleury D., Jeeries S., Kuchel H., Langridge P. 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *J. Ex. Bot. Vol 61. No. 12: 3211 — 3222.*
- Górny A. G. 2004. *Zarys genetyki zbóż. T. 1.* Wydawnictwo IGR Poznań.
- Jaskulski D. 1999. Wpływ terminu siewu i gęstości siewu oraz nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej w warunkach małej ilości opadów. *Pam. Puł.* 118: 167 — 172.
- Jedyński S. 2001. Odziedziczalność i analiza ściekowa komponentów plonu pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 218/219: 203 — 209.

- Kundzewicz Z. W. 2011. Zmiany klimatu, ich przyczyny i skutki — obserwacje i projekcje. *Landform Analysis* 15: 39 — 49.
- Lefebvre V., Kiani S. P., Durand-Tardif M. 2009. A focus on natural variation for abiotic constraints response in the model species *Arabidopsis thaliana*. *Int. J. Mol. Sci.* 10: 3547 — 3582.
- Ługowska B., Banaszak Z., Wójcik Z., Grzmil W. 2004. Zależność plonu ziarna pszenicy ozimej skróconym żdźble od jego składowych. *Biul. IHAR* 231: 5 — 10.
- Manes Y., Gomez H. F., Puhl L., Reynolds M., Braun H. J., Trethowan R. 2012. Genetic Yield Grains of the CIMMYT International Semi-Arid Wheat Yield Trails from 1994 to 2010. *Crop Sci.* 52: 1543 — 1552.
- Murphy K. M., Carter A. H., Jones S. S. 2013. Evolutionary Breeding and Climate Change. *Genomics and Breeding for Climate — resilient crops*. Springer Verlag: 377 — 389.
- Panek K. 1987. Wpływ ilości opadów na plonowanie zbóż w zależności od poziomu nawożenia, zwiążności gleby i rejonu uprawy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 314: 119 — 136.
- Pinthus M. J. 1973. Lodging in wheat, barley and oats: The phenomenon its causes and preventative measures, *Adv. Agron.* 25: 210 — 256.
- Pochaba L., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i współzależność kilku cech pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 216: 261 — 266.
- Reynolds M. P., Saint Pierre C., Saad A. S. I., Vargas M., Condon A. G. 2007. Evaluating potential genetic gains in wheat associated with stress-adaptive trait expression in elite genetic resources under drought and heat stress. *Crop Sci.* 47: 172 — 189.
- Rozłucki W. 1979. Modernizacja rolnictwa tradycyjnego na przykładzie zielonej rewolucji w Indiach. *IGiPZ PAN*, 133: 20.
- Rudnicki F., Jaskulski D., Dębowski G. 1999. Reakcje odmian pszenicy jarej na termin siewu i nawożenie azotem w warunkach posusznych. *Rocz. Nauk Rol. A* 114 (3–4): 97 — 108.
- Singh R. P., Mujeeb-Kazi A., Huerta-Espino J. 1998. Lr46: a gene conferring slow-rusting resistance to leaf rust in wheat. *Phytopathology* 88: 890 — 894.
- Strebyko P. 1976. *Biologia pszenicy*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- Śmiałowski T., Nita Z., Witkowski E. 2006. Ocena współzależności cech pszenicy ozimej na podstawie analizy ścieżek. *Biul. IHAR* 240/241: 43 — 50.
- Weber R., Hryńczuk B. 2007. Plon i komponenty plonu pszenżyta w zależności od sposobu uprawy roli po wieloletnim odłogu. *Fragm. Agron. Vol. 2 No. 94*: 381 — 389.
- Weber R., Hryńczuk B. 1999. Reakcja wybranych odmian pszenic jarych na niedobory wody w krytycznych okresach rozwoju. *Biul. IHAR* 211: 97 — 103.
- Woźniak A. 2006. Wpływ przedplonów na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Acta Scientiarum Polonorum Vol. 5 No. 2*: 99 — 106.