

**ROMAN PRAŻAK**

Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Zmienność i współzależność niektórych cech w mieszańcach *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka

### Variability and interrelationship of some traits in *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka hybrids

Celem badań była ocena zmienności i współzależności niektórych cech ilościowych w ziarnie mieszańców F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka. Mieszańce F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> porównano z pszenicą odmiany Rusalka. Analizowano następujące cechy: liczbę pędów produkcyjnych, długość pędu głównego, średnicę 2-go od dołu międzywęźla, długość osadki kłosowej, liczbę kłosek w kłosie głównym, zbitość kłosa głównego, liczbę ziarniaków w kłosie głównym, masę ziarniaków z kłosa głównego, płodność kłosa głównego (liczba ziarniaków przypadających na 1 kłosek) i masę tysiąca ziarniaków oraz zawartość białka ogółem. Mieszańce F<sub>2</sub> *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka charakteryzowały się niską płodnością oraz niektórymi cechami kozienców, np. cienkimi źdźbłami, łamliwymi osadkami kłosowymi, twardymi plewami. W kolejnych pokoleniach fenotypy mieszańców przypominały coraz bardziej pszenicę. Wynikało to być może ze stopniowej eliminacji chromosomów *Aegilops kotschy* Boiss. przez chromosomy pszenicy. Wartość współczynnika zmienności (CV%) analizowanych cech ilościowych mieszańców F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> była zróżnicowana i wahała się od 13,87% do 243,58%, a u pszenicy Rusalka od 5,74% do 35,33%. Kłosa mieszańców różniły się zbitością, ościstością, kształtem i długością osadki kłosowej. Niektóre z nich wyróżniały się bardzo długimi (1,75 dcm) lub rozdwojonymi osadkami kłosowymi. W mieszańcach odnotowano istotne dodatnie korelacje pomiędzy długością osadki kłosowej a liczbą kłosek z kłosa głównego, liczbą i masą ziarniaków w kłosie głównym, płodnością i masą tysiąca ziarniaków (MTZ) oraz ujemną korelację pomiędzy długością osadki kłosowej a zbitością kłosa. Mieszańce *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka charakteryzowały się znacznie wyższą zawartością białka ogółem w ziarnie (18,3–24,3%) od pszenicy odmiany Rusalka (14,2–15,7%).

**Słowa kluczowe:** *Aegilops kotschy* Boiss., cechy ilościowe, *Triticum aestivum* L., zawartość białka, zmienność, współzależność

The investigations was undertaken to analyze the variability and interrelationship of some quantitative traits and total protein content in kernels of *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> hybrids. The F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> hybrids were compared with Rusalka cultivar. The following characters were analyzed: productive shoots number, length of main shoot, diameter of the 2<sup>nd</sup> bottom internode, length of spike rachis, number of spikelets in main spike, main spike density, kernel number and weight per main spike, fertility (number of kernels per 1 spikelet) of main spike and weight of 1000

kernels. The *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka F<sub>2</sub> hybrids were characterized by low fertility and some *Aegilops* characters, such as thin shoots, brittle spike rachis and indurate glumes. Proceeding advantage of wheat phenotypes in successive generations of *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka hybrids was noted. *Aegilops kotschy* Boiss. chromosomes were probably eliminated by wheat chromosomes in hybrid genome. In *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka hybrids the values of variability coefficients (CV%) for the quantitative traits analyzed were differentiated and ranged from 13.87% to 243.58%, and in wheat cv. Rusalka from 5.74% to 35.33%. The spikes of *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka hybrids differed in density, awning, shape and length of spike rachis. Some of them were distinctive for very long (1.75 dcm) or forked spike rachis. In *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka hybrids significant positive correlations were found between the length of spike rachis in main spike and the number of spikelets, the number of kernels per main spike, the weight of kernels per main spike, the fertility, the weight of 1000 kernels as well as significant negative correlation between the length of spike rachis and the spike density. *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka hybrids were characterized by much higher total protein content in kernels (18.3–24.3%) than Rusalka cultivar (14.2–15.7%).

**Key words:** *Aegilops kotschy* Boiss., protein content, quantitative traits, *Triticum aestivum* L., variability, interrelationship

#### WSTĘP

Obecnie najpoważniejszym zagrożeniem światowego systemu żywnościowego i paszowego jest erozja genetyczna (Arseniuk, 2005). W ostatnich dekadach szczególnemu zubożeniu uległa bioróżnorodność odmian pszenicy uprawnej (Chełkowski i in., 2004). Do zwiększenia bioróżnorodności odmian pszenicy uprawnej można wykorzystać gatunki oddalone, np. z rodzaju *Aegilops* L. (kozieniec) (Barloy i in., 2000; Harjit-Singh i in., 2000; Hsam i in., 2001, 2003; Huguet-Robert i in., 2001; Gatford i in., 2002; Kozub i in., 2003; Martin-Sanchez i in., 2003; Montes i in., 2003; Chhuneja i in., 2006; Rawat i in., 2009). Najbardziej znanym przykładem przeniesienia korzystnych cech z kozienca do pszenicy uprawnej jest translokacja z *Ae. ventricosa* Tausch. wprowadzona we Francji do linii pszenicy ozimej VPM1 dająca odporność — dzięki genom *Pch1* i *Pch2* — na łamliwość podstawy źdźbła (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton) (Doussinault i in., 1983). Na jej bazie Brytyjczycy wytworzyli odmianę Rendezvous, która znajduje się w rodowodach wielu brytyjskich, francuskich, niemieckich i szwajcarskich pszenic ozimych oraz pszenicach australijskich i północnoamerykańskich. Okazało się, że oprócz odporności na (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton) u wymienionych odmian występuje translokacja z *Ae. ventricosa* na chromosomie 2B, która zawiera grupę trzech genów odporności na rdze: geny *Lr 37*, *Yr 17* i *Sr 38* (Chełkowski i in., 2004). Krzyżowania oddalone wykorzystuje się również do otrzymania linii pszenicy ozimej o poprawionych parametrach plonotwórczych, wskaźnikach jakościowych oraz o zwiększonej tolerancji na stropy abiotyczne (Stefanowska i in., 1995; Pilch, 1997, 2002; Pilch i Głowacz, 1997; Tyrka i Stefanowska, 2001; Prażak, 2001, 2003, 2007 a).

Celem przeprowadzonych badań była ocena zmienności i współzależności niektórych cech ilościowych oraz analiza zawartości białka ogółem w ziarnie mieszańców F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka.

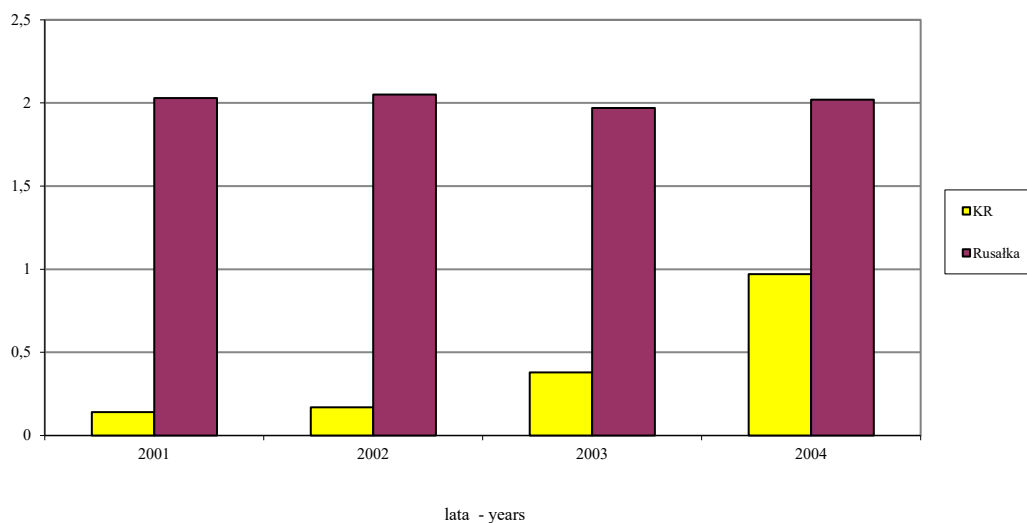
## MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były mieszańce F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> pszenicy ozimej odmiany Rusalka (genomy AABBDD) z dzikim gatunkiem trawy z rodzaju *Aegilops* L. — *Ae. kotschy* Boiss. (genomy UUSS). Skład genomowy krzyżowanych gatunków podano za Kimber i Feldman (1987).

Do krzyżowania z kozieńcem *Aegilops kotschy* Boiss. (genomy UUSS) wybrano pszenicę odmiany Rusalka ze względu na jej dobrą zdolność krzyżowania z żytem. Stefanowska (1986) na podstawie zdolności krzyżowania z żytem zakwalifikowała tę odmianę do grupy *Kr1 Kr1 kr2 kr2* (21,55% zawiązywania ziarniaków). Mieszańca F<sub>1</sub> *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka (rys. 3) otrzymano wykorzystując metodę hodowli niedojrzałych zarodków *in vitro* (Prażak, 1997 b). Kolejne pokolenia mieszańców uzyskano w wyniku samozapylenia.

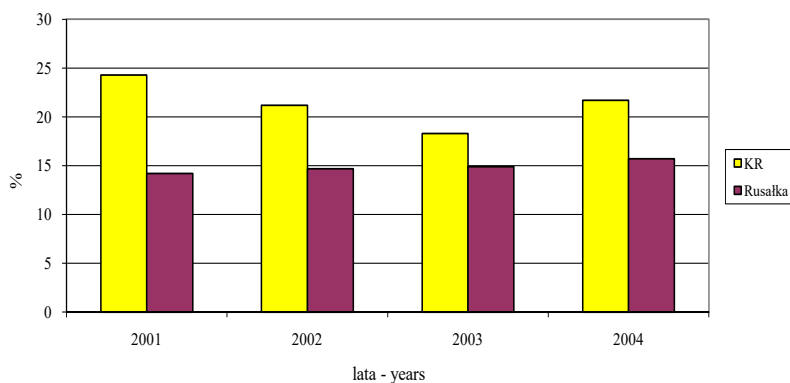
W latach 2000–2004 mieszańce i pszenicę wysiewano ręcznie, około 20 września, na polu doświadczalnym Wydziału Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, na glebie brunatnej wytworzonej z pyłów wodnego pochodzenia, dobrego kompleksu pszennego. Rośliny rosły na oddzielnych poletkach długości 2,0 m i szerokości 1,0 m, w rozstawie 20 × 10 cm. Wykonano podstawowe zabiegi agrotechniczne, nawożenie NPK = 60–90–110 kg/ha. Pomiarów cech ilościowych przeprowadzono na różnej liczbie pojedynków mieszańców F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> *Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka (liczba pojedynków w kolejnych pokoleniach – 11, 12, 31, 68) oraz na 20 pojedynkach formy rodzicielskiej odmiany Rusalka. Corocznie na wybranych roślinach, zebranych w fazie dojrzałości pełnej, analizowano liczbę pędów produkcyjnych, długość pędu głównego, średnicę 2-go od dołu międzywęzła, długość osadki kłosowej, liczbę kłosek w kłosie głównym, zbitość kłosa głównego (liczba kłosek przypadających na 1 dcm osadki kłosowej), liczbę ziarniaków w kłosie głównym, masę ziarniaków z kłosa głównego, płodność kłosa głównego (liczba ziarniaków przypadających na 1 kłosek) i masę tysiąca ziarniaków (MTZ). Pomiarów dokonano według metodyki stosowanej przy analizie laboratoryjnej pojedynków (Tarkowski, 1994). Wyniki badań opracowano statystycznie i przedstawiono w tabelach 1–2 oraz na rysunkach 1–8. Wyliczono średnie arytmetyczne oraz współczynniki zmienności (CV%) i korelacji fenotypowych. W celu wykazania różnic pomiędzy poszczególnymi cechami, wykonano analizę wariancji dla badanych cech, metodą klasyfikacji pojedynczej. Zastosowano wielokrotne przedziały Tukeya (Ansari i Bradley, 1960) dla stwierdzenia statystycznie istotnych różnic pomiędzy mieszańcami a pszenicą Rusalka.

Zawartość białka ogółem w ziarniakach mieszańców oraz pszenicy oznaczono w Centralnym Laboratorium Analitycznym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie metodą Kjeldahla stosując przelicznik białkowy 5,7 (PN-75/A-04018). Wyniki analizy białka przedstawiono na rysunku 2.



**Rys. 1.** Płodność kłosa głównego (liczba ziarniaków przypadających na 1 kłosek) mieszańców F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) i *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka w latach 2001–2004

**Fig. 1.** Main spike fertility (number of kernels per 1 spikelet) of F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) hybrids and *Triticum aestivum* L. from 2001 to 2004



**Rys. 2.** Zawartość białka ogółem w ziarnie mieszańców F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) i *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka w latach 2001–2004

**Fig. 2.** Total protein contents in grain of F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) hybrids and *Triticum aestivum* L. from 2001 to 2004

## WYNIKI I DYSKUSJA

Kimber i Feldman (1987) podkreślają wysoką odporność na suszę, wysokie temperatury i zasolenie kozięńca *Ae. kotschy* Boiss. Według Thiele i wsp. (2002) jest to gatunek, który może stanowić nowe źródło odporności na łamliwość podstawy źdźbła (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton). Pasquini (1980) oraz Frauenstein i Hammer (1985) stwierdzili u *Ae. kotschy* Boiss. odporność połową na mączniaka prawdziwego. W badaniach przeprowadzonych przez autora *Ae. kotschy* Boiss. wykazał się odpornością połową na rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego (Prażak, 1997 a, 2007 b), słabą podatnością na fuzariozę kłosów (Kiecana i Prażak, 1995) oraz zawierał dużo białka w ziarniakach (Prażak, 2004). Chhuneja i wsp. (2006) oraz Rawat i wsp. (2009) stwierdzili w ziarnie i liściach *Ae. kotschy* Boiss. 3–4 razy większą zawartość żelaza i cynku w porównaniu do odmian pszenic *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L. Wysoka istotna pozytywna korelacja pomiędzy zawartością tych mikroelementów w liściach i ziarnie pozwoliła autorom na szybkie wyselekcjonowanie płodnych mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *Triticum* o znacznie podwyższonej zawartości żelaza i cynku w ziarnie.

Gatunki z rodzaju *Aegilops* L. charakteryzują się silnym krzewieniem (Prażak, 1992). W pokoleniach F<sub>2</sub>–F<sub>4</sub> liczba pędów produkcyjnych, czyli pędów zakończonych normalnie rozwiniętym kłosem, mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka była istotnie mniejsza od liczby pędów produkcyjnych pszenicy Rusałka (tab. 1).

W pokoleniu F<sub>5</sub> nie odnotowano już istotnej różnicy w liczbie pędów produkcyjnych pomiędzy roślinami mieszańcowymi a pszenicą Rusałka (tab. 1). W ciągu 4 lat badań wartość współczynnika zmienności krzewienia produkcyjnego wahała się u mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka od 80,57% do 243,58%, a u pszenicy Rusałka od 26,90% do 34,70% (tab. 1). Krzewienie produkcyjne mieszańców było istotnie dodatnio skorelowane z długością pędu, a ujemnie ze zbitością kłosa głównego (tab. 2). Według Stefanowskiej (1995) silniejsze krzewienie pszenicy ozimej jest korzystne, gdyż przy małym zagęszczeniu bądź dużych stratach roślin w okresie zimowym intensywne krzewienie wypełnia powstałe luki w obsadzie roślin, co w pewnym stopniu zmniejsza straty w plonach. Araki i wsp. (1999) zlokalizowali w chromosomie 4AS pszenicy QTL-e (*loci* warunkujące cechy ilościowe) sprzężone z liczbą źdźbeł z rośliny. Liczba źdźbeł i liczba kłosów z rośliny charakteryzuje się dużą zmiennością (Nawracała, 2004). Dlatego też, jako cecha kształtowana w dużej mierze przez środowisko, warunkowana jest prawdopodobnie w większej części przez nieaddytywne działanie genów (Węgrzyn i in., 1979).

W pokoleniu F<sub>2</sub> odnotowano bardzo duże zróżnicowanie w długości pędów mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka (tab. 1). Wartość współczynnika zmienności długości pędu mieszańców była blisko 4 razy większa (CV = 26,07%) od współczynnika zmienności pszenicy Rusałka (CV = 6,32%) (tab. 1).

Tabela 1

**Wartości średnie i współczynnik zmienności (CV%) niektórych cech ilościowych mieszańców F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) i *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka**  
**Mean values and variability coefficients (CV%) of some quantitative traits of F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) hybrids and *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka**

Formy Forms	Lata Years	Krze- wienie produk- cyjne Productive tillering	Długość pędu głównego (cm) Length of main shoot (cm)	Średnica 2-go od dołu między- węzła (mm) Diameter of 2nd bottom internode (mm)	Długość osadki kłosowej (dm) Length of spike rachis (dm)	Liczba kłosków w kłosie głównym No. of spikelets in main spike	Zbitość kłosa głównego <sup>1</sup> Main spike density <sup>1</sup>	Liczba ziaren w kłosie głównym No. of kernels per main spike	Masa ziaren z kłosa głównego (g) Weight of kernels per main spike (g)	Płodność kłosa głównego <sup>2</sup> Main spike fertility <sup>2</sup>	Masa tysiąca ziaren (g) Weight of 1000 kernels (g)
F <sub>2</sub> KR	2001	8,91* (91,38)	66,69* (26,07)	2,71* (28,78)	0,79* (29,11)	12,82* (40,33)	16,38* (26,56)	2,09* (75,69)	0,06* (83,33)	0,14* (64,29)	18,46* (39,92)
F <sub>3</sub> KR	2002	7,50* (243,58)	68,46* (19,56)	3,38* (15,09)	0,81* (22,22)	16,08* (23,22)	20,51 (22,18)	3,58* (209,50)	0,11* (218,18)	0,17* (205,88)	8,51* (152,17)
F <sub>4</sub> KR	2003	5,81* (103,02)	68,50 (24,64)	3,63* (18,46)	0,89 (27,48)	16,90* (19,10)	18,67* (23,09)	6,19* (112,96)	0,17* (124,50)	0,38* (117,08)	18,54* (67,44)
F <sub>5</sub> KR	2004	15,07 (80,57)	89,96* (18,86)	4,43 (15,74)	1,08* (16,56)	18,16 (13,87)	16,13* (17,67)	17,94* (76,76)	0,62* (87,47)	0,97* (76,58)	26,61* (35,94)
Rusalka	2001	16,00 (32,38)	79,93 (6,32)	5,01 (11,48)	0,98 (11,75)	19,65 (8,30)	19,07 (5,58)	39,45 (13,97)	2,15 (15,83)	2,03 (16,49)	35,30 (10,33)
Rusalka	2002	15,50 (26,90)	77,30 (14,93)	4,69 (17,80)	0,96 (11,41)	19,35 (7,36)	19,29 (5,74)	39,50 (10,28)	2,26 (10,30)	2,05 (10,23)	36,08 (16,49)
Rusalka	2003	13,70 (33,33)	73,48 (14,05)	4,39 (18,73)	0,86 (18,25)	18,90 (9,54)	21,15 (10,21)	37,25 (19,65)	1,86 (22,73)	1,97 (16,18)	41,36 (21,98)
Rusalka	2004	12,65 (34,70)	77,50 (11,45)	4,51 (15,37)	0,88 (17,04)	19,08 (8,77)	20,95 (11,89)	38,10 (25,72)	2,10 (35,33)	2,02 (28,20)	41,58 (30,39)
NIR <sub>0,05</sub>	2001	5,32	11,31	0,54	0,11	1,95	2,20	13,46	0,49	0,58	4,87
	2002	7,56	8,04	0,52	0,10	1,88	r.n.	10,44	0,51	0,99	7,08
LSD <sub>0,05</sub>	2003	3,49	r.n.	0,48	r.n.	1,76	2,14	9,09	0,37	0,43	7,42
	2004	r.n.	9,77	r.n.	0,10	r.n.	1,92	8,30	0,40	0,43	6,20

<sup>1</sup> Liczba kłosków na 1 dm osadki kłosowej; Number of spikelets per 1 dm of the spike rachis

<sup>2</sup> Liczba ziarniaków na 1 kłosek; Number of kernels per 1 spikelet

r.n. — Różnica nieistotna; Difference not significant

\*Wynik istotnie różny od pszenicy Rusalka przy p = 0,05; Result significantly different from that for wheat cv. Rusalka at p = 0.05

Knezevic i wsp. (2000) analizując 50 odmian pszenicy pochodzących z różnych rejonów świata, oszacowali dla cechy długości pędu bardzo niski współczynnik zmienności fenotypowej (CV = 7,4%) i bardzo wysoki współczynnik odziedziczalności wynoszący (0,96). Według Węgrzyna i in. (2002) odziedziczalność tej cechy była średnio wysoka i wysoka (0,49 i 0,89). Średnia długość pędu roślin mieszańcowych *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka zwiększyła się z 66,69 cm w pokoleniu F<sub>2</sub> do 89,96 cm w pokoleniu F<sub>5</sub> (tab. 1). Długość pędu roślin mieszańcowych była istotnie dodatnio skorelowana z wieloma innymi cechami ilościowymi — ze średnicą 2-go od dołu międzywęzła, długością osadki kłosowej, liczbą kłosków w kłosie głównym, liczbą i masą

ziarniaków w kłosie głównym, płodnością i MTZ oraz ujemnie — ze zbitością kłosa głównego (tab. 2). Według Tarkowskiego (1995) krótkosłome odmiany pszenicy są odporniejsze na wyleganie. Tyrka i Stefanowska (2001) odnotowali znaczne zróżnicowanie długości pędów głównych wśród mieszańców pszenicy z *Ae. ventricosa* Tausch. (69,8–112,5 cm) i *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. (65,4–118,8 cm). Na wysokość roślin wpływa duża liczba genów. W roślinach pszenicy o normalnej wysokości (bez genów *Rht*) Ahmed i wsp. (2000) znaleźli w chromosomach *1A*, *1D*, *2B*, *2D* i *4B* siedem QTL-i i markerów RFLP związanych z wysokością roślin.

Tabela 2  
Wartości istotnych współczynników korelacji liniowej dla badanych cech ilościowych mieszańców F<sub>2</sub>-F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) i *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka z lat 2001–2004

Significant values of correlation coefficients of the investigated quantitative traits of F<sub>2</sub>-F<sub>5</sub> KR (*Aegilops kotschy* Boiss. × *Triticum aestivum* L. cv. Rusalka) hybrids and *Triticum aestivum* L. from 2001 to 2004

Cechy Traits	Formy Forms	X <sub>2</sub> Długość pędu głównego (cm) Length of main shoot (cm)	X <sub>3</sub> Średnica 2-go międzywęźla (mm) Diameter of 2nd bottom internode (mm)	X <sub>4</sub> Długość osadki kłosowej (dcm) Length of spike rachis (dcm)	X <sub>5</sub> Liczba kłosek w kłosie głównym No. of spikelets per main spike	X <sub>6</sub> Zbitość kłosa głównego <sup>1</sup> Main spike density <sup>1</sup>	X <sub>7</sub> Liczba ziaren w kłosie głównym No. of kernels in main spike	X <sub>8</sub> Masa ziaren z kłosa głównego (g) Weight of kernels per main spike (g)	X <sub>9</sub> Płodność kłosa głównego <sup>2</sup> Fertility of main spike <sup>2</sup>	X <sub>10</sub> Masa tysiąca ziaren (g) Weight of 1000 kernels (g)
X <sub>1</sub>	KR	0,267**				-0,210*				
	Rusalka	0,515**	0,556**	0,637**	0,551**	-0,532**	0,355**	0,273**		-0,471**
X <sub>2</sub>	KR		0,393**	0,499**	0,418**	-0,239**	0,470**	0,472**	0,444**	0,395**
	Rusalka		0,537**	0,653**	0,586**	-0,519**	0,221*	0,202*		-0,479**
X <sub>3</sub>	KR			0,382**	0,498**		0,503**	0,471**	0,474**	0,360**
	Rusalka			0,501**	0,357**	-0,502**	0,209*	0,251*		-0,255*
X <sub>4</sub>	KR				0,541**	-0,548**	0,354**	0,351**	0,315**	0,353**
	Rusalka				0,857**	-0,834**	0,331**	0,339**		-0,591**
X <sub>5</sub>	KR					0,282**	0,408**	0,367**	0,293**	0,356**
	Rusalka					-0,466**	0,235*	0,201*		-0,537**
X <sub>6</sub>	KR								-0,204*	-0,178*
	Rusalka						-0,326**	-0,338**		0,482**
X <sub>7</sub>	KR							0,966**	0,972**	0,514**
	Rusalka							0,838**	0,751**	
X <sub>8</sub>	KR								0,940**	0,486**
	Rusalka								0,614**	
X <sub>9</sub>	KR									0,517**
	Rusalka									0,213*

X<sub>1</sub> – Krzewienie produkcyjne; productive tillering

<sup>1</sup> liczba kłosek na 1 dcm osadki kłosowej; number of spikelets per 1 dcm of the spike rachis

<sup>2</sup> liczba ziarniaków na 1 kłosek, \* p≤0,05, \*\* p≤0,01; number of kernels per 1 spikelet, \* p≤0.05, \*\* p≤0.01

Według Dolińskiego (1986) odmiany pszenicy heksaploidalnej odporne na wyleganie wyróżniają się większą średnicą 2-go od dołu międzywęźla. Gatunek *Ae. kotschy* Boiss. wytwarza cieńsze źdźbła od pszenicy (Prażak, 1992). W pokoleniach F<sub>2</sub>-F<sub>5</sub> odnotowano zwiększenie średnicy 2-go od dołu międzywęźla u mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T.*

*aestivum* L. cv. Rusalka z 2,71 mm do 4,43 mm (tab. 1). W pokoleniu F<sub>2</sub> wartość współczynnika zmienności tej cechy mieszańców była wyższa, a w pokoleniach F<sub>3</sub>–F<sub>5</sub> zbliżona do pszenicy Rusalka (tab. 1). Poza tym, średnica 2-go od dołu międzywęźla mieszańców była dodatnio skorelowana z większością analizowanych cech (tab. 2). Średnica 2-go od dołu międzywęźla czterech odmian pszenicy badanych przez Dolińskiego (1995) wahała się od 3,04 mm do 4,07 mm. Keller i wsp. (1999) wykazali obecność dziewięciu *loci* odporności na wyleganie w chromosomach *IBS*, *2AS*, *2D*, *3AS*, *4AS*, *5AL*, *5BL*, *6BL*, *7BL* pszenicy. Według Luthry (1987) dość wysoka odziedziczalność (0,56) dla średnicy drugiego od dołu międzywęźla wskazuje, że ta cecha powinna być brana pod uwagę w czasie selekcji.



Rys. 3. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *Ae. kotschy* Boiss., mieszańiec F<sub>1</sub> — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, forma ojcowska - *T. aestivum* L. cv. Rusalka

Fig. 3. Spikes (from the left): female form — *Ae. kotschy* Boiss., F<sub>1</sub> hybrid — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, male form - *T. aestivum* L. cv. Rusalka

Morfologia kłosa (długość osadki kłosowej, liczba kłosek w kłosie głównym, zbitość kłosa) wpływa na liczbę i wypełnienie ziarniaków. Formy zbitokłose mają na ogół mniejsze i drobniejsze nasiona. Są one jednak odporniejsze na osypywanie się od form o kłosach luźnych (Stefanowska, 1995). W badaniach własnych mieszańce miały kłosy luźniejsze od pszenicy. Średnia długość osadek kłosowych mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka zwiększyła się w ciągu czterech lat badań z 0,79 dcm w pokoleniu F<sub>2</sub> do 1,08 dcm w pokoleniu F<sub>5</sub> (tab. 1). W tym czasie zmienność tej cechy uległa obniżeniu z 29,11% do 16,56% (tab. 1). W pokoleniach F<sub>2</sub>–F<sub>3</sub> średnia długość osadki kłosowej mieszańców była istotnie mniejsza od długości osadki kłosowej pszenicy, w pokoleniu F<sub>4</sub> nie różniła się istotnie od pszenicy, natomiast w pokoleniu F<sub>5</sub> okazała się istotnie większa.



Długość osadek kłosowych roślin mieszańcowych wahała się od 0,60 dcm do 1,75 dcm (rys. 5, 6).



Rys. 4. Kłosy mieszańców F<sub>2</sub> *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka  
Fig. 4. Spikes of F<sub>2</sub> *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka hybrids



Rys. 5. Kłosy (od lewej): 1–10 mieszańce F<sub>5</sub> — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka  
Fig. 5. Spikes (from the left): 1–10 F<sub>5</sub> hybrids — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka

Długość osadki kłosowej mieszańców  $F_2$ – $F_5$  *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka była istotnie dodatnio skorelowana z liczbą kłosek z kłosa głównego, liczbą i masą ziarniaków w kłosie głównym, płodnością i MTZ oraz ujemnie — ze zbitością kłosa (tab. 2). Niektóre rośliny mieszańcowe miały rozdwojone osadki kłosowe (rys. 5). Ta cecha umożliwia uzyskanie większej liczby ziarniaków na 1 m<sup>2</sup>. Jednak jak dotychczas mieszańce o rozgałęzionych kłosach wytwarzały bardzo drobne, pomarszczone ziarniaki (Rajaram, 2001).

W przypadku mieszańców odnotowano bardzo dużą zmienność nie tylko długości kłosa, ale jego kształtu, ościstości i zbitości (rys. 4–6). Friebe i wsp. (1995 a, b, 1996) również odnotowali dużą zmienność fenotypową kłosek mieszańców oddalonych *T. aestivum* L. × *Ae. umbellulata* Zhuk., *T. aestivum* L. × *Ae. searsii* M. Feldman & M. Kislev i *T. aestivum* L. × *Ae. variabilis* Eig. Według Muramatsu (1986) na kształt kłosa mają wpływ geny *Q* i *C*. Dominujący allel *Q* odpowiada za wykształcenie cylindrycznego, wymłacalnego kłosa, o niełamiwej osadce kłosowej i wpływa plejotropowo na jego długość. Natomiast recesywny allel *q* determinuje długi, speltoidalny (piramidalny) kształt kłosa z łamliwą osadką kłosową i oplewionym ziarnem. Allel *Q* nie dominuje w pełni nad allelem *q*, ponieważ heterozygota *Qq* ma kształt pośredni pomiędzy cylindrycznym a piramidalnym. Gen *C* warunkuje kłos zbity (maczugowaty). Geny *Q* i *C* są zlokalizowane odpowiednio na chromosomach 5A i 2D (Sears, 1947; Rao, 1972). Faris i Gill (2002) zlokalizowali gen *Q* na długim ramieniu chromosomu 5A. Pilch i Głowacz (1997) donoszą o wyselekcjonowaniu mieszańców pszenicy z *Ae. speltoides* Tausch. i *Ae. triumvidis* L. charakteryzujących się bardzo długimi kłosami. Długość osadki kłosowej decyduje o długości całego kłosa. Tę cechę warunkuje wiele genów, z których największy wpływ mają geny położone na chromosomach genomów *A* i *B*, tj. *1AL*, *1BS*, *4AL*, *7AL* i *7BL*. Występuje sprzężenie z genami wysokiej liczby kłosek w kłosie znajdującymi się w chromosomie *7AL* (Li i in., 2002). Zanetti i wsp. (2000), analizując potomstwo z kombinacji krzyżówkowych pomiędzy *T. aestivum* L. i *T. spelta* L., znaleźli trzy *QTL*-e związane z długością kłosa, z których jeden o największym wpływie na długość kłosa znajdował się w chromosomie *5AL*, w regionie lokalizacji allelu *q*.

Pokolenia  $F_2$ – $F_4$  *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka zawierały istotnie mniej kłosek w kłosie od pszenicy Rusałka (tab. 1). W pokoleniu  $F_5$  mieszańców liczba kłosek z kłosa nie różniła się już istotnie od pszenicy, a zmienność tej cechy uległa zmniejszeniu z 40,33% (pokolenie  $F_2$ ) do 13,87% (pokolenie  $F_5$ ) (tab. 1). Liczba kłosek w kłosie głównym mieszańców  $F_2$ – $F_5$  była dodatnio skorelowana ze zbitością kłosa głównego, liczbą i masą ziarniaków z kłosa głównego, płodnością i MTZ (tab. 2). Pilch (1997) odnotował u mieszańców pszenicy z *Ae. speltoides* Tausch. 28 kłosek w kłosie. Liczba kłosek w kłosie jest dodatnio skorelowana z długością kłosa. Duża liczba kłosek w kłosie związana jest z chromosomami *2DS* i *7DL* z dominującym efektem genu *Ppd-D1* niewrażliwości fotoperiodycznej znajdującymi się również w chromosomie *2DS* (Li i in., 2002). Odziedziczalność liczby kłosek w kłosie głównym w szerokim sensie jest wysoka, powyżej 80% (Nawracała, 2004).



Rys. 6. Kłosy (od lewej): 1–10 mieszańce F<sub>5</sub> — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka

Fig. 6. Spikes (from the left): 1–10 F<sub>5</sub> hybrids — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka

U pszenicy istnieje ujemna korelacja między zbitością kłosa a masą ziarniaków. Odmiany o zbitym kłosie mają często drobne ziarniaki i odwrotnie o kłosie luźnym — grube, dorodne (Tarkowski, 1995). W pokoleniach F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> zbitość kłosów mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka charakteryzowała się dużą zmiennością (tab. 1). Jednak najczęściej kłosy mieszańców były istotnie luźniejsze od kłosów pszenicy Rusalka. Zbitość kłosa mieszańców była ujemnie skorelowana z płodnością i MTZ (tab. 2). Zbitość kłosa jest uwarunkowana klasycznym epistatycznym działaniem genów. Dziedziczenie cechy luźności, zbitości i maczugowatego kształtu określono u pszenicy *Triticum dicoccum* L. już kilkadziesiąt lat temu. W pokoleniu F<sub>2</sub> *Triticum dicoccum* L. otrzymano rośliny o kłosach luźnych, maczugowatych i zbitych w stosunku 12:3:1. Epistatycznym jest gen warunkujący luźność kłosa (Nawracała, 2004).

Ziarniaki mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka we wcześniejszych pokoleniach były pośrednie w stosunku do form rodzicielskich, często pomarszczone, później coraz bardziej przypominały ziarniaki pszenicy (rys. 7, 8). Mimo, że średnia ich liczba z kłosa głównego w pokoleniach F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> mieszańców zwiększyła się z 2,09 do 17,94, to jednak pozostała istotnie mniejsza od pszenicy Rusalka (37,25–39,45) (tab. 1). Zmienność tej cechy wśród pojedynków *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka była bardzo wysoka i wahała się od 75,69% do 209,50% (tab. 1). Odnotowano istotną dodatnią korelację pomiędzy liczbą ziarniaków w kłosie głównym mieszańców a masą ziarniaków z kłosa głównego, płodnością i MTZ (tab. 2). W badaniach przeprowadzonych przez Dolińskiego (1995) liczba ziarniaków w kłosach głównych

analizowanych odmian pszenicy i ich mieszańców wahała się od 37,0 do 60,2, przy czym w przypadku mieszańców było ich mniej niż u pszenic. Według Pilcha (1997), liczba i masa ziarniaków z kłosa niektórych form mieszańcowych pszenic z gatunkami *Aegilops*, znacznie przewyższała wartości tych cech charakterystyczne dla pszenic, np. liczba ziarniaków z kłosa dochodziła do 135, a ich masa sięgała 4,6 g. Duże ziarniaki miały mieszańce z *Ae. speltoides* Tausch., natomiast znacznie mniejsze — mieszańce z *Ae. squarrosa* L. Liczba ziaren z kłosa charakteryzuje się stosunkowo wysoką odziedziczalnością w szerokim sensie (0,87 i 0,71), podobnie jak odziedziczalność masy ziarniaków z kłosa (0,86 i 0,72) (Nawracała, 2004)



Rys. 7. Ziarniaki (od lewej): górny rząd — *Ae. kotschy* Boiss., mieszaniec F<sub>1</sub> — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka, dolny rząd — mieszańce F<sub>2</sub> *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka (1–9)

Fig. 7. Kernels (from the left): upper row — *Ae. kotschy* Boiss., F<sub>1</sub> hybrid — *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka, lower row — F<sub>2</sub> hybrids of *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka (1–9)

W pokoleniach F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> średnia masa ziarniaków z kłosa głównego mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka zwiększyła się z 0,06 g do 0,62 g (tab. 1). Współczynnik zmienności tej cechy w przypadku mieszańców był bardzo wysoki i wahał się od 83,33% do 218,18% (tab. 1). Rusalka charakteryzowała się istotnie większą średnią masą ziarniaków z kłosa głównego (1,86–2,26 g) i znacznie niższą zmiennością tej cechy (CV = 10,30–35,33%) od mieszańców (tab. 1). Odnotowano istotną dodatnią korelację pomiędzy masą ziarniaków z kłosa głównego mieszańców a ich płodnością i MTZ (tab. 2).

Mieszańce F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka miały istotnie niższą płodność (0,14–0,97) od pszenicy Rusalka (1,97–2,05) (tab. 1, rys. 1). Współczynnik zmienności tej cechy mieszańców był bardzo wysoki (CV = 64,29–205,88%) (tab. 1).



Gruszecka (1998) odnotowała dużą zmienność płodności roślin mieszańcowych generacji B<sub>2</sub>/F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> *Ae. crassa* 4× Boiss. i *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. z *X Triticosecale* Wittmack. Rośliny mieszańcowe pszenżyta z *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. charakteryzowały się większą zmiennością płodności, a mieszańce z *Ae. crassa* 4× Boiss. — mniejszą. Odziedziczalność liczby ziaren przypadających na jeden kłosek jest wysoka, ponad 80% (Goldringer i in., 1997).



Rys. 8. Ziarniaki (od lewej): górny rząd — 1–5 mieszańce F<sub>5</sub> *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, dolny rząd 1–4 mieszańce F<sub>5</sub> *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka

Fig. 8. Kernels (from the left): upper row — 1–5 F<sub>5</sub> hybrids of *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, lower row 1–4 F<sub>5</sub> hybrids of *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, *T. aestivum* L. cv. Rusalka

Masa tysiąca ziarniaków należy u zbóż do cech najbardziej skorelowanych z plonem ziarna i jest w wysokim stopniu odziedziczalna (Doliński, 1995). Według Węgrzyna i in. (2002) MTZ należy, podobnie jak długość pędu głównego, do cech o odziedziczalności od średnio wysokiej do wysokiej (0,47–0,93). Otrzymywana dla MTZ, w wynikach wielu doświadczeń, wysoka odziedziczalność świadczy o silnej genetycznej determinacji tej cechy (Nawracała, 2004). W wyniku prowadzonej selekcji średnia masa tysiąca ziarniaków mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusalka zwiększyła się z 18,46 g w pokoleniu F<sub>2</sub> do 26,61 g w pokoleniu F<sub>5</sub>. Była ona jednak nadal istotnie niższa od MTZ pszenicy Rusalka. Współczynnik zmienności MTZ mieszańców, który w pokoleniu F<sub>3</sub> osiągał 152,17%, w pokoleniu F<sub>5</sub> obniżył się do 35,94% (tab. 1).

Gatunki *Aegilops* L. charakteryzują się wysoką zawartością białka ogółem w ziarnie (Blüthner i Schumann, 1988; Holubec i in., 1992; Prażak, 2004), np. średnia zawartość białka w ziarniakach *Ae. kotschy* Boiss. wynosiła 25,74% (Prażak, 2004). Ziarniaki

mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka zawierały istotnie więcej białka ogółem od pszenicy odmiany Rusałka. W pokoleniach F<sub>2</sub>–F<sub>5</sub> średnia zawartość białka w ziarniakach mieszańców wyniosła odpowiednio — 24,3%, 21,2%, 18,3% i 21,7%. Zawartość białka w ziarnie pszenicy Rusałka wahała się od 14,2% do 15,7% (rys. 2).

#### WNIOSKI

1. Mieszańce *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka mogą być wykorzystane do poprawienia niektórych cech w pszenicy, np. do zwiększenia długości osadek kłosowych, skrócenia źdźbeł, czy zwiększenia zawartości białka w ziarnie.
2. Z mieszańców *Ae. kotschy* Boiss. × *T. aestivum* L. cv. Rusałka o kłosach ościstych można wyhodować odmiany polecane do uprawy w rejonach zagrożonych przez zwierzęta leśne.
3. Gatunek *Ae. kotschy* Boiss. ze względu na swoją wysoką odporność na choroby i stresy abiotyczne można wykorzystywać do tworzenia linii mieszańcowych, a następnie odmian przydatnych dla gospodarstw ekologicznych.

#### LITERATURA

- Ahmed T. A., Tsujimoto H., Sasakuma T. 2000. QTLs associated with plant height and related characters in hexaploid wheat. *Breed. Sci.* 50 (4): 267 — 273.
- Ansari A. R., Bradley R. A. 1960. Rank-sum tests for dispersions. *Annals of mathematical statistics* 31: 1174 — 1189.
- Araki E., Miura H., Sawada S. 1999. Identification of genetic loci affecting amylose content and agronomic traits on chromosome 4A of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 98: 977 — 984.
- Arseniuk E. 2005. IHAR szansą dla polskiej hodowli i nasiennictwa roślin rolniczych. *Agro Serwis* 1–2 (304 — 305): 28 — 55.
- Barloy D., Lemoine J., Dredryver F., Jahier J. 2000. Molecular markers linked to the *Aegilops variabilis*-derived root-knot nematode resistance gene *Rkn-mn1* in wheat. *Plant Breed.* 119(2): 169 — 172.
- Blüthner W. D., Schumann E. 1988. Use of *Aegilops* and tetraploid wheat for wheat protein improvement. *Hod. Roślin, Aklim. i Nasien.* 32 (1/2): 203 — 206.
- Chełkowski J., Stępień Ł., Błaszczuk L. 2004. Możliwości wykorzystania markerów DNA w hodowli odpornościowej pszenicy. *Hod. Rośl. Nasien.* 2: 8 — 13.
- Chhuneja P., Dhaliwal H. S., Bains N. S., Singh K. 2006. *Aegilops kotschy* and *Aegilops tauschii* as sources for higher levels of grain iron and zinc. *Plant Breeding* 125 (5): 529 — 531.
- Doliński R. 1986. Wpływ środowiska na parametry mechaniczne i cechy geometryczne źdźbła 14 odmian pszenicy ozimej. *Hodowla pszenicy. Prace Grupy Problemowej w 1984 r. IHAR Radzików*: 47 — 69.
- Doliński R. 1995. Zmienność, dziedziczalność i współzależność właściwości mechanicznych i cech morfologicznych źdźbła pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) warunkujących odporność na wyleganie. *Rozprawy Naukowe. Wyd. AR w Lublinie*.
- Doussinault G., Delibes A., Sanchez-Monge R., Garcia-Olmedo F. 1983. Transfer of a dominant gene for resistance to eyespot disease from a wild grass to hexaploid wheat. *Nature* 303: 698 — 700.
- Faris J. D., Gill B. S. 2002. Genomic targeting and high-resolution mapping of the domestication gene *Q* in wheat. *Genome* 45: 706 — 718.
- Frauenstein K., Hammer K. 1985. Prüfung von *Aegilops* — Arten auf Resistenz gegen Echten Mehltau, *Erysiphe graminis* D. C., Braunrost, *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. und Spelzenbraune, *Septoria nodorum* Berk. *Kulturpflanze* 33: 155 — 163.

- Friebe B., Jiang J., Tuleen N., Gill B. S. 1995 a. Standard karyotype of *Triticum umbellulatum* and the characterization of derived chromosome addition and translocation lines in common wheat. *Theor. Appl. Genet.* 90 (1) : 150 — 156.
- Friebe B., Tuleen N.A., Gill B.S. 1995 b. Standard karyotype of *Triticum searsii* and its relationship with other S-genome species and common wheat. *Theor. Appl. Genet.* 91: 248 — 254.
- Friebe B., Tuleen N. A., Badaeva E. D., Gill B. S. 1996. Cytogenetic identification of *Triticum peregrinum* chromosomes added to common wheat. *Genome* 39: 272 — 276.
- Gatford K. T., Hearnden P., Ogbonnaya F., Eastwood R. F., Halloran G. M. 2002. Novel resistance to pre-harvest sprouting in Australian wheat from the wild relative *Triticum tauschii*. *Euphytica* 126: 67 — 76.
- Goldringer I., Brabant P., Gallais A. 1997. Estimation of additive and epistatic genetic variance for agronomic traits in a population of doubled-haploid lines of wheat. *Heredity* 79: 60 — 71.
- Gruszecka D. 1998. Charakterystyka niektórych cech mieszańców X *Triticosecale* Wittmack z *Aegilops* sp. generacji B<sub>2</sub>/F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub>. *Biul. IHAR* 205/206: 163 — 173.
- Harjit-Singh, Tsujimoto H., Sakhuja P. K., Singh T., Dhaliwal H. S. 2000. Transfer of resistance to wheat pathogens from *Aegilops triuncialis* into bread wheat. *Wheat Inf. Serv.* 91: 5 — 10.
- Holubec V., Hanušová R., Kostkanová E. 1992. The collection in the Praha-Ruzyně (Czechoslovakia) Gene Bank: collecting, evaluation and documentation. *Hereditas* 116: 271 — 276.
- Hsam S. L. K., Kieffer R., Zeller F. J. 2001. Significance of *Aegilops tauschii* glutenin genes on bread making properties of wheat. *Cereal Chem.* 78 (5): 521 — 525.
- Hsam S. L. K., Lapochkina I. F., Zeller F. J. 2003. Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell.) 8. Gene *Pm 32* in a wheat-*Aegilops speltoides* translocation line. *Euphytica* 133: 367 — 370.
- Huguet-Robert V., Dedryver F., Röder M. S., Korzun V., Abélard P., Tanguy A. M., Jaudeau B., Jahier J. 2001. Isolation of a chromosomally engineered durum wheat line carrying the *Aegilops ventricosa Pch1* gene for resistance to eyespot. *Genome* 44: 345 — 349.
- Keller M., Karutz Ch., Schmid J. E., Stamp P., Winzeler M., Keller B., Messmer M. M. 1999. Quantitative trait loci for lodging resistance in a segregating wheat x spelt population. *Theor. Appl. Genet.* 98 (6/7): 1171 — 1182.
- Kiecana I., Prazak R. 1995. Fuzarioza kłosów kozięców. *Hod. Roślin, Aklim. i Nasien.* 39 (6): 111 — 121.
- Kimber G., Feldman M. 1987. Wild Wheat: An Introduction. College of Agriculture, University of Missouri, Columbia, Special Report 353: 1 — 146.
- Knezevic D., Zenevic V., Dmitrijevic M., Petrovic S. 2000. Variability of yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). Eucarpia XI<sup>th</sup> Meeting of the Section Biometrics in Plant Breeding. Quantitative Genetics and Breeding Methods: The way ahead. Abstracts of presentations: 104 — 105.
- Kozub N. A., Sozinov I. A., Sozinov A. A. 2003. Recombination of gliadin genes of chromosome 1D in the common wheat hybrid carrying the introgression from *Aegilops cylindrica*. *Plant Breed.* 122: 86 — 88.
- Li W. L., Nelson J. C., Chu C. Y., Shi L. H., Huang S. H., Liu D. J. 2002. Chromosomal locations and genetic relationships of tiller and spike characters in wheat. *Euphytica* 125: 357 — 366.
- Luthra O. P. 1987. Genetic architecture of characters related to lodging in wheat. *Wheat Information Servis* 64: 21 — 22.
- Martin-Sanchez, J. A., Gomez-Colmenarejo M., Del Moral J., Sin E., Montes M. J., Gonzalez-Belinchon C., Lopez-Brana I., Delibes A. 2003. A new Hessian fly resistance gene (H30) transferred from the wild grass *Aegilops triuncialis* to hexaploid wheat. *Theor. Appl. Genet.* 106: 1248 — 1255.
- Montes M. J., López-Braña I., Romero M. D., Sin E., Andrés M. F., Martín-Sánchez J. A., Delibes A. 2003. Biochemical and genetic studies of two *Heterodera avenae* resistance genes transferred from *Aegilops ventricosa* to wheat. *Theor. Appl. Genet.* 107: 611 — 618.
- Muramatsu M. 1986. The vulgare super gene, *Q*: its universality in durum wheat and its phenotypic effects in tetraploid and hexaploid wheats. *Can. J. Genet. Cytol.* 28: 30 — 41.

- Nawracała J. 2004. Genetyczne podstawy hodowli pszenicy. W: „Zarys genetyki zbóż” Tom I. Jęczmień, pszenica i żyto (praca zbior., red. A. G. Górny). Wyd. IGR PAN Poznań: 181 — 327.
- Pasquini M. 1980. Disease resistance in wheat: Behaviour of *Aegilops* species with respect to *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*. Genet. Agr. 34: 133 — 148.
- Pilch J. 1997. Performance of interspecific and intergeneric hybrids of *Triticum aestivum* L. for wheat improvements. Plant Breeding and Seed Sci. 41/1: 3 — 15.
- Pilch J. 2002. Wartość technologiczna introgressywnych form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 223/224: 95 — 109.
- Pilch J., Głowacz E. 1997. Międzygatunkowe i międzyrodzajowe krzyżowania jako sposób ulepszania cech kłosa w hodowli pszenicy heksaploidalnej *Triticum aestivum* L. Biul. IHAR 204: 15 — 31.
- PN-75/A-04018. Produkty rolno-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kiejdahla i przeliczanie na białko.
- Prażak R. 1992. Cechy morfologiczne gatunków rodzaju *Aegilops* oraz pszenicy ozimej odmiany Rusalka. Biul. IHAR 183: 107 — 117.
- Prażak R. 1997a. Evaluation of brown rust (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) infection in *Aegilops* species and *Triticum aestivum* L. cv. Gama. J. Appl. Genet. 38 B: 123 — 127.
- Prażak R. 1997b. Zastosowanie kultur *in vitro* niedojrzałych zarodków w otrzymywaniu mieszańców międzyrodzajowych *Triticum* z *Aegilops*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 318/50: 47 — 53.
- Prażak R. 2001. Ocena tolerancji siewek mieszańców *Aegilops ventricosa* Tausch. i *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. z *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L. na toksyczne stężenia jonów glinu. Biul. IHAR, 218/219: 161 — 167.
- Prażak R. 2003. Ocena tolerancji mieszańców międzygatunkowych pszenicy (*Triticum* sp.) na stres solny. Biul. IHAR 230: 95 — 102.
- Prażak R. 2004. Porównanie zawartości białka w ziarnie gatunków *Aegilops* i *Triticum*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 497: 509 — 516.
- Prażak R. 2007a. Zmienność i współzależność niektórych cech ilościowych oraz zawartość białka ogółem w ziarnie mieszańców *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. i *Aegilops ventricosa* Tausch. z wybranymi gatunkami (4x, 6x) *Triticum* L. Biul. IHAR 244: 111 — 126.
- Prażak R. 2007b. Ocena zimotrwałości, wczesności i porażania przez rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego gatunków *Aegilops* w warunkach Polski wschodniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 517: 603 — 612.
- Rajaram S. 2001. Prospects and promise of wheat breeding in the 21<sup>st</sup> century. Euphytica 119: 3 — 15.
- Rao M. V. P. 1972. Mapping of the compactum gene *C* on chromosome 2D of wheat. Wheat Information Service 35: 9.
- Rawat N., Tiwari V. K., Singh N., Randhawa G. S., Singh K., Chhuneja P., Dhaliwal H. S. 2009. Evaluation and utilization of *Aegilops* and wild *Triticum* species for enhancing iron and zinc content in wheat. Genet. Resour. Crop Evol. 56: 53 — 64.
- Sears E. R. 1947. The spherococcum gene in wheat. Genetics 32: 102 — 103.
- Stefanowska G. 1986. Wpływ *Triticum aestivum* L. i *Secale cereale* L. na niektóre genetyczno-hodowlane właściwości *Triticale*. Rozprawy Naukowe. Wyd. AR w Lublinie.
- Stefanowska G. 1995. Charakterystyka niektórych cech morfologicznych i plonotwórczych mieszańców *Triticum aestivum* L. z *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. i z *Aegilops ventricosa* Tausch. Biul. IHAR, 194: 35 — 43.
- Stefanowska G., Prażak R., Strzembicka A., Masłowski J. 1995. Transfer genów z *Aegilops ventricosa* Tausch. i *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. do *Triticum aestivum* L. Biul. IHAR 194 : 45 — 52.
- Tarkowski Cz. 1994. Przewodnik do ćwiczeń z genetyki, hodowli roślin i nasiennictwa. Wyd. AR w Lublinie.
- Tarkowski Cz. 1995. Genetyka, hodowla roślin i nasiennictwo. Wyd. AR w Lublinie.
- Thiele A., Schumann E., Peil A., Weber W.E. 2002. Eyespot resistance in wheat x *Aegilops kotschyi* backcross lines. Plant Breed. 121: 29 — 35.



- Tyrka M., Stefanowska G. 2001. Ocena zróżnicowania cech plonotwórczych mieszańców *Aegilops juvenalis* i *Aegilops ventricosa* z pszenicą. Biul. IHAR 218/219: 57 — 68.
- Węgrzyn S., Nalepa S., Pochaba L. 1979. Ogólna i swoista wartość kombinacyjna dla plonu i jego komponentów u pszenicy ozimej. Hod. Roślin Aklim. 23: 61 — 72.
- Węgrzyn S., Wojas T., Śmiałowski T. 2002. Uwarunkowania genetyczne oraz współzależność plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 223/224: 77 — 86.
- Zanetti S., Winzeler M., Keller M., Keller B., Messmer M. 2000. Genetic analysis of pre-harvest sprouting resistance in a wheat x spelt cross. Crop. Sci. 40: 1406 — 1417.