

ROMAN PRAŻAKKatedra Biologii Roślin, Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Cechy morfologiczne i płodność mieszańców niektórych gatunków rodzaju *Aegilops* sp. z pszenicą heksaploidalną *Triticum aestivum* L.

Morphological traits and fertility of hybrids of some *Aegilops* species with hexaploid wheat *Triticum aestivum* L.

W warunkach polowych wykonano krzyżowania między gatunkami *Aegilops biuncialis* Vis., *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, *Ae. crassa* Boiss. 6x a odmianami *Triticum aestivum* L. (Begra, Legenda, Rusalka, Zyta). Celem krzyżowań było poszerzenie zmienności genetycznej pszenicy zwyczajnej. Z uzyskanych 18-dniowych mieszańcowych ziarniaków F₁ w warunkach *in vitro* izolowano zarodki i podkiełkowano je na pożywce MS z dodatkiem 10 mg dcm⁻³ IAA (kwas β-indolilo-3-octowy) i 0,04 mg dcm⁻³ kinetyny. Po 4 tygodniach rośliny mieszańcowe, które rozwinęły się z zarodków, przesadzono do doniczek, a następnie w połowie września wysadzono je na polu doświadczalnym. Na wiosnę po ruszeniu wegetacji rośliny mieszańcowe kolchicynowano. W fazie dojrzałości pełnej na roślinach mieszańcowych F₁ dokonano pomiarów następujących cech biometrycznych — krzewienia ogólnego, długości pędu głównego, średnicy drugiego od dołu międzywęźla, długości osadki kłosowej kłosa głównego, zbitości kłosa głównego (liczba kłosek na 1 dcm osadki kłosowej) i płodności kłosa głównego (liczba ziarniaków na 1 kłosek). Większość mieszańców F₁ charakteryzowały się silnym krzewieniem, podobnym do dzikich gatunków rodzicielskich (33,5–124,0 źdźbeł), zbliżoną do pszenic długością pędu głównego (87,0–98,0 cm) i osadki kłosowej (0,7–1,3 dcm), pośrednią średnicą 2. od dołu międzywęźla (2,2–3,7 mm) i zbitością kłosa głównego (10,4–14,9) oraz istotnie niższą płodnością (0,0–1,3). Wśród nich najwyższą płodnością wyróżnił się mieszańiec *T. aestivum* L. cv. Zyta × *Ae. cylindrica* Host. Uzyskanie mieszańców F₁ *Aegilops* sp. z *T. aestivum* L. jest pierwszym etapem umożliwiającym wyselekcjonowanie roślin o wysokiej zawartości białka i mikroelementów (żelaza i cynku) w ziarnie oraz tolerancyjnych na suszę i choroby grzybowe.

Słowa kluczowe: *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, *Ae. crassa* Boiss. 6x, cechy morfologiczne pędu i kłosa, mieszańce F₁, płodność, *Triticum aestivum* L.

In the field conditions crosses were carried out between *Aegilops biuncialis* Vis., *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, *Ae. crassa* Boiss. 6x and *Triticum aestivum* L. (cvs. Begra, Legenda, Rusalka, Zyta). The aim of the crosses was to broaden genetic diversity of common wheat. The 18-day-old F₁ hybrid embryos isolated from kernels were grown *in vitro* on the MS nutrient medium supplemented with 10 mg dcm⁻³ IAA (β-indolyl-3-

acetic acid) and 0.04 mg dcm⁻³ kinetin. After 4 weeks hybrids plants, which developed from isolated embryos, were transferred into pots. Next, in half of September they were planted in experimental field. In spring at the start of vegetation period the hybrid plants were treated with colchicine. In laboratory investigations, fully mature F₁ hybrid plants were analyzed for biometrical traits such as total tillering, length of main tiller, diameter of the second internode from the plant base, spike rachis length, main spike compactness (number of spikelets per 1 dcm of the spike rachis), main spike fertility (number of grains per 1 spikelet). Tillering of most hybrids was strong and similar as in the *Aegilops* species (33.5–124.0 tillers), length of main tiller (87.0–98.0 cm) and spike rachis (0.7–1.3 dcm) were similar to the wheat cultivars. Hybrids had intermediate diameter of the second internode (2.2–3.7 mm) and spike compactness (10.4–14.9) and significantly lower fertility (0.0–1.3) in comparison to parental forms. The fertility of *T. aestivum* L. cv. Zyta × *Ae. cylindrica* Host. hybrid was outstanding. Obtaining F₁ *Aegilops* sp. with *T. aestivum* L. hybrids is the first step allowing to select plants showing high content of protein and microelements (iron and zinc) in kernels and tolerance to drought and fungal diseases.

Key words: *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, *Ae. crassa* Boiss. 6x, F₁ hybrids, fertility, morphological traits of tiller and spike, *Triticum aestivum* L.

WSTĘP

W wyniku hodowli i selekcji odmiany uprawne pszenicy heksaploidalnej utraciły wiele korzystnych cech jakościowych i odpornościowych. Pula genów gatunku *Triticum aestivum* L. staje się niewystarczająca do wyhodowania nowych odmian pszenicy przewyższających pod względem ważnych rolniczo cech odmiany dotychczas uprawiane. Hodowcy od dawna wykorzystują gatunki z rodzaju *Aegilops* (kozieniec) do udoskonalania pszenicy zwyczajnej. Wybrane do krzyżowań gatunki *Aegilops* takie jak *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, *Ae. crassa* Boiss. 6x zawierają w ziarniakach znacznie więcej białka ogólnego, aminokwasu lizyny, mikroelementów żelaza i cynku od pszenicy zwyczajnej (Blüthner i Schumann, 1988; Prażak, 2004; Rawat i in., 2009). Kozieńce *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis (peregrina)* Eig wykazały się odpornością na rdze i mączniaka prawdziwego (Frauenstein i Hammer, 1985; Bai i in., 1994; Spetsov i in., 1997; Prażak, 2007). *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. crassa* Boiss. 6x, *Ae. triaristata* Willd. 4x i *Ae. variabilis (peregrina)* Eig. cechuje wysoka tolerancja na suszę i zasolenie (Gorham, 1990; Farooq i in., 1992; Molnár i in., 2004, 2008; Kilian i in., 2011). U *Ae. variabilis (peregrina)* Eig. zlokalizowano geny odporności na nicienie (Coriton i in., 2009).

Najczęściej pierwszym etapem prac mających na celu transfer genów z gatunku *Aegilops* do *Triticum aestivum* L. jest krzyżowanie z tetra- lub heksaploidalnymi gatunkami pszenicy, pokonanie barier niekrzyżowalności i otrzymanie roślin mieszańcowych pierwszego pokolenia. Dalsze etapy polegają na kolejnych krzyżowaniach wstecznych mieszańców lub amfiploidów z pszenicą heksaploidalną, prowadzonych jednocześnie z wszechstronną oceną i selekcją. Mieszańce można identyfikować na podstawie cech morfologicznych, cytologicznych (analiza chromosomów) lub molekularnych (elektroforeza białek, analiza DNA).

Celem przeprowadzonych badań była ocena niektórych cech morfologicznych oraz płodności mieszańców F₁ *Aegilops* sp. z *Triticum aestivum* L. i ich form rodzicielskich. W pierwszym pokoleniu mieszańców szczególnie wyraźnie uzewnętrznia się wiele cech dzikich, co potwierdza ich mieszańcowość.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były mieszańce F₁ otrzymane w wyniku krzyżowania gatunków *Aegilops* — *Ae. biuncialis* Vis. (genomy *UM*), *Ae. columnaris* Zhuk. (*UM*), *Ae. cylindrica* Host (*CD*), *Ae. triaristata* Willd. 4x (*UM*), *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig (*US*), *Ae. crassa* Boiss. 6x (*DDM*) z odmianami *Triticum aestivum* L. (*ABD*) (Begra, Legenda, Rusalka, Zyta) oraz ich komponenty rodzicielskie. Skład genomowy gatunków *Aegilops* podano za Kimber i Feldman (1987).

Do założenia kolekcji komponentów rodzicielskich wykorzystano ziarniaki otrzymane z Instytutu Hodowli Roślin w Cambridge w Anglii, Instytutu Genetyki, Hodowli Roślin i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie oraz z Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR w Radzikowie. Badane formy wysiano w połowie września na polu doświadczalnym Wydziału Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Rośliny poszczególnych gatunków i odmian rosły na oddzielnych poletkach długości 2 m, w rozstawie 20 × 10 cm, na glebie brunatnej, dobrego kompleksu pszennego, w tych samych warunkach uprawy i nawożenia (NPK = 60–90–110 kg/ha).

Krzyżowanie roślin przeprowadzono ręcznie w warunkach polowych. Z uzyskanych 18-dniowych, mieszańcowych ziarniaków F₁, w laboratorium kultur tkankowych, izolowano zarodki i podkiełkowały je *in vitro* na pożywce MS (Murashige i Skoog 1962) z dodatkiem 10 mg dcm⁻³ IAA (kwas β-indolilo-3-octowy) i 0,04 mg dcm⁻³ kinetyny (Chueca i in., 1977). Pobierano korzenie zarodkowe i sporządzano preparaty acetokarminowe, aby zidentyfikować mieszańce. Kultury zarodków prowadzono w temperaturze 22–24°C i wilgotności 60%, przy 16 godzinnym fotoperiodzie, na świetle 36 μmol m⁻² s⁻¹ z lamp fluorescencyjnych. Po 4 tygodniach rośliny mieszańcowe, które rozwinęły się z zarodków, po aklimatyzacji wysadzono do doniczek wypełnionych wyjałowioną ziemią. Doniczki z roślinami umieszczono w temperaturze 20°C, w pomieszczeniu hodowlanym przy 16 godzinnym fotoperiodzie, na świetle 165 μmol m⁻² s⁻¹ z lamp fluorescencyjnych. Mieszańce wysadzono w połowie września na polu doświadczalnym. Kolchicynowanie roślin F₁ (2n=6x=42 — *Ae. crassa* Boiss. 6x × Rusalka i 2n=5x=35 — pozostałe mieszańce) przeprowadzono wiosną (po ruszeniu wegetacji) przez korzenie na wykopanych uprzednio roślinach. Stosowano 0,05% roztwór kolchicyny z 1,5% DMSO (dwumetylo-sulfo-tlenek). Podczas całego procesu kolchicynowania roztwór był napowietrzany. Po 4 godzinach korzenie były płukane pod bieżącą wodą wodociągową przez 30 min. Przed wysadzeniem w pole gdzie następował ich dalszy rozwój, traktowano je preparatem Seradix B. Rośliny zebrano z pola w fazie dojrzałości pełnej i przeprowadzono pomiary ich cech morfologicznych i plonotwórczych w warunkach laboratoryjnych. Na różnej liczbie pojedynków form mieszańcowych (od 1 do 4) oraz na

15 pojedynkach z każdej formy rodzicielskiej analizowano następujące cechy: krzewienie ogólne, długość pędu głównego, średnicę zewnętrzną 2. od dołu międzywęźla (pomiar suwmiarką w połowie międzywęźla), długość osadki kłosowej, zbitość kłosa głównego (liczba kłosek przypadających na 1 dcm osadki kłosowej), płodność kłosa głównego (liczba ziarniaków przypadających na 1 kłosek) (Tarkowski, 1994). Wyniki badań opracowano statystycznie i przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunkach 1–8. Istotność różnic oceniono za pomocą testu Tukeya przy $p = 0,05$ (Łomnicki, 2000).

Tabela 1

Wartości średnie niektórych cech morfologicznych i płodności mieszańców F₁ gatunków *Aegilops* z *Triticum aestivum* L. oraz ich form rodzicielskich
Mean values of some morphological traits and fertility of *Aegilops* sp. and *Triticum aestivum* L. F₁ hybrids and their parental forms

Analizowana forma Form analyzed	Liczba roślin No. of plants	Skład genomowy Genome composition	Krzewienie ogólne Total tillering	Długość pędu głównego (cm) Length of main tiller (cm)	Średnica 2. od dołu międzywęźla (mm) Diameter of 2 nd bottom internode (mm)	Długość osadki kłosowej (dcm) Length of spike rachis (dcm)	Zbitość kłosa (kłoski/1 dcm osadki kł.) Spike compactness (spikelets/1 dcm spike rachis)	Płodność (ziarniaków/kłosek) Fertility (grains/spikelet)
Rusałka × <i>Ae. biuncialis</i>	2	ABDUM	4,5 ^P	44,0 ^{mp}	2,2 ^m	0,3 ^m	11,1 ^{mp}	0,0 ^{mp}
<i>Ae. columnaris</i> × Legenda	1	ABDUM	54,0	97,0 ^m	2,3 ^{mp}	1,1 ^m	12,7 ^{mp}	0,1 ^{mp}
Legenda × <i>Ae. columnaris</i>	1	ABDUM	124,0 ^{mp}	98,0 ^P	3,3 ^P	1,3 ^P	10,4 ^{mp}	0,4 ^{mp}
Zyta × <i>Ae. cylindrica</i>	4	ABDCD	33,5 ^P	93,0	3,1 ^P	1,2	10,9 ^m	1,3 ^{mp}
<i>Ae. triaristata</i> 4x × Begra	4	ABDUM	69,5 ^P	93,8 ^m	2,2 ^{mp}	0,6 ^P	12,5 ^{mp}	0,2 ^{mp}
<i>Ae. variabilis (peregrina)</i> × Rusałka	4	ABDUS	63,4 ^P	91,3 ^{mp}	3,1 ^m	0,8 ^m	14,9 ^{mp}	0,4 ^{mp}
Rusałka × <i>Ae. variabilis (peregrina)</i>	1	ABDUS	78,0 ^m	87,0 ^P	3,2 ^P	0,7 ^P	14,3 ^{mp}	0,2 ^{mp}
<i>Ae. crassa</i> 6x × Rusałka	1	ABDDDM	10,0	67,0	3,7	1,0	13,7 ^{mp}	0,0 ^{mp}
<i>Ae. biuncialis</i>	15	UM	145,0	63,9	1,4	0,3	5,2	2,0
<i>Ae. columnaris</i>	15	UM	55,2	46,6	1,2	0,5	6,4	2,1
<i>Ae. cylindrica</i>	15	CD	141,0	82,8	1,9	1,1	8,3	1,6
<i>Ae. triaristata</i> 4x	15	UM	108,8	62,3	1,5	0,5	4,4	1,8
<i>Ae. variabilis (peregrina)</i>	15	US	84,7	49,7	1,4	0,4	5,8	1,7
<i>Ae. crassa</i> 6x	15	DDM	34,0	65,6	3,6	1,1	8,7	1,9
Begra	15	ABD	12,0	87,3	3,9	1,0	21,8	2,8
Legenda	15	ABD	9,4	103,8	3,7	1,3	16,2	3,1
Rusałka	15	ABD	10,6	72,9	3,8	0,9	18,6	3,1
Zyta	15	ABD	13,4	100,2	3,5	1,0	18,1	2,7
NIR								
LSD			67,6	14,2	1,0	0,2	2,8	1,2

^m — Wynik istotnie różny od formy matecznej przy $p = 0,05$

^m — Result significantly different in relation to the maternal form at $p = 0,05$

^P — Wynik istotnie różny od formy ojcowskiej przy $p = 0,05$

^P — Result significantly different in relation to the paternal form at $p = 0,05$

WYNIKI

Wśród analizowanych mieszańców F₁ najwięcej pędów wytworzyły mieszańce Legenda × *Ae. columnaris* Zhuk. i Rusalka × *Ae. variabilis (peregrina)* Eig., odpowiednio 124,0 i 78,0. Najmniej pędów odnotowano u mieszańców Rusalka × *Ae. biuncialis* Vis. — 4,5 i *Ae. crassa* Boiss. 6x × Rusalka — 10,0. Pozostałe mieszańce krzewiły się podobnie do kowieńców. Większość mieszańców wytworzyła istotnie więcej pędów od komponentów rodzicielskich pszenicy (tab. 1).

Długość pędu głównego mieszańców była najczęściej bardziej zbliżona do długości pędów pszenicy i wahała się od 87,0 do 98,0 cm. Były to wartości istotnie większe od długości pędów kowieńców. Jedynie długość pędu mieszańca Rusalka × *Ae. biuncialis* Vis. wynosząca 44,0 cm była istotnie mniejsza od długości pędu pszenicy. Długość pędu mieszańca *Ae. crassa* Boiss. 6x × Rusalka nie różniła się istotnie od obu form rodzicielskich (tab. 1).

Średnica zewnętrzna 2. od dołu międzywęźla mieszańców mieściła się w granicach 2,2–3,7 mm. Była ona istotnie większa od średnicy 2. od dołu międzywęźla większości kowieńców (1,2–1,9 mm). Wśród mieszańców najgrubsze źdźbła miał *Ae. crassa* Boiss. 6x × Rusalka (tab. 1).



Rys. 1. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *T. aestivum* L. cv. Rusalka, mieszaniec F₁ *T. aestivum* L. cv. Rusalka × *Ae. biuncialis* Vis., forma ojcowska — *Ae. biuncialis* Vis.

Fig. 1. Spikes (from the left): maternal form — *T. aestivum* L. cv. Rusalka, F₁ hybrid *T. aestivum* L. cv. Rusalka × *Ae. biuncialis* Vis., paternal form — *Ae. biuncialis* Vis.

Najdłuższe osadki kłosowe o długości 1,3 dcm odnotowano w mieszańcu Legenda × *Ae. columnaris* Zhuk. Nieco krótsze osadki kłosowe wytworzyły mieszańce Zyta × *Ae. cylindrica* Host — 1,2 dcm i *Ae. columnaris* Zhuk. × Legenda — 1,1 dcm. Najkrótsze osadki kłosowe miały mieszańce Rusałka × *Ae. biuncialis* Vis. — 0,3 dcm i *Ae. triaristata* Willd. 4x × Begra — 0,6 dcm. Większość mieszańców F₁ wytworzyła osadki kłosowe istotnie dłuższe od osadek kozińców. Mieszańce F₁ *T. aestivum* L. z *Ae. crassa* Boiss. 6x, *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host i *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig. miały osadki zbliżone do osadek pszenic, natomiast pozostałe — istotnie krótsze od pszenic (tab. 1, rys. 1–8).



Rys. 2. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *Ae. columnaris* Zhuk., mieszaniec F₁ — *Ae. columnaris* Zhuk. × *T. aestivum* L. cv. Legenda, forma ojcowska — *T. aestivum* L. cv. Legenda

Fig. 2. Spikes (from the left): maternal form — *Ae. columnaris* Zhuk., hybrid F₁ — *Ae. columnaris* Zhuk. × *T. aestivum* L. cv. Legenda, paternal form — *T. aestivum* L. cv. Legenda

Kształt dojrzałych kłosów mieszańców F₁ był pośredni w stosunku do form rodzicielskich (rys. 1–8). Największą liczbę kłosek przypadających na 1 dcm osadki kłosowej (zbitość kłosa) miały mieszańce *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig. × Rusałka — 14,9 i Rusałka × *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig. — 14,3. Pozostałe mieszańce charakteryzowały się pośrednią zbitością kłosów (od 10,4 do 13,7) w porównaniu do komponentów rodzicielskich. Zbitość kłosów kozińców wahała się od 4,4 (*Ae. triaristata* Willd. 4x) do 8,7 (*Ae. crassa* Boiss. 4x), a pszenic od 16,2 (Legenda) do 21,8 (Begra) (tab. 1).



Rys. 3. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *T. aestivum* L. cv. Legenda, mieszaniec F₁ — *T. aestivum* L. cv. Legenda × *Ae. columnaris* Zhuk., forma ojcowska — *Ae. columnaris* Zhuk.

Fig. 3. Spikes (from the left): maternal form — *T. aestivum* L. cv. Legenda, F₁ hybrid — *T. aestivum* L. cv. Legenda × *Ae. columnaris* Zhuk., paternal form — *Ae. columnaris* Zhuk.



Rys. 4. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *T. aestivum* L. cv. Zyta, mieszaniec F₁ *T. aestivum* L. cv. Zyta × *Ae. cylindrica* Host, forma ojcowska — *Ae. cylindrica* Host

Fig. 4. Spikes (from the left): maternal form — *T. aestivum* L. cv. Zyta, F₁ hybrid *T. aestivum* L. cv. Zyta × *Ae. cylindrica* Host, paternal form — *Ae. cylindrica* Host



Rys. 5. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, mieszaniec F₁ — *Ae. variabilis (peregrina)* Eig × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, forma ojcowska — *T. aestivum* L. cv. Rusalka
Fig. 5. Spikes (from the left): maternal form — *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, F₁ hybrid — *Ae. variabilis (peregrina)* Eig × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, paternal form — *T. aestivum* L. cv. Rusalka



Rys. 6. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *T. aestivum* L. cv. Rusalka, mieszaniec F₁ — *T. aestivum* L. cv. Rusalka × *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, forma ojcowska — *Ae. variabilis (peregrina)* Eig
Fig. 6. Spikes (from the left): maternal form — *T. aestivum* L. cv. Rusalka, F₁ hybrid — *T. aestivum* L. cv. Rusalka × *Ae. variabilis (peregrina)* Eig, paternal form — *Ae. variabilis (peregrina)* Eig



Rys. 7. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *Ae. triaristata* Willd. 4x, mieszaniec F₁ — *Ae. triaristata* Willd. 4x × *T. aestivum* L. cv. Begra, forma ojcowska — *T. aestivum* L. cv. Begra
Fig. 7. Spikes (from the left): maternal form — *Ae. triaristata* Willd. 4x, F₁ hybrid — *Ae. triaristata* Willd. 4x × *T. aestivum* L. cv. Begra, paternal form — *T. aestivum* L. cv. Begra



Rys. 8. Kłosy (od lewej): forma mateczna — *Ae. crassa* Boiss. 6x, mieszaniec F₁ — *Ae. crassa* Boiss. 6x × *T. aestivum* L. cv. Rusalka, forma ojcowska - *T. aestivum* L. cv. Rusalka
Fig. 8. Spikes (from the left): maternal form — *T. aestivum* L. cv. Rusalka, F₁ hybrid *T. aestivum* L. cv. Rusalka × *Ae. crassa* Boiss. 6x, paternal form — *Ae. crassa* Boiss. 6x

Mieszzańce F_1 charakteryzowały się istotnie niższą płodnością (liczba ziarniaków/1 kłosek) od form rodzicielskich. Największą płodność odnotowano u mieszańca $Zyta \times Ae. cylindrica$ Host. (1,3). Ziarniaki zawiązały również mieszańce pszenicy z *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig., *Ae. columnaris* Zhuk. i *Ae. triaristata* Willd. 4x (płodność 0,1–0,4). Mieszzańce pszenicy z *Ae. biuncialis* Vis. i *Ae. crassa* Boiss. 6x nie zawiązały ziarniaków.

DYSKUSJA

Do krzyżowań wybrano gatunki kozięńców, które miały genomy homologiczne (*D*), homeologiczne (*S*) lub w niewielkim stopniu homeologiczne (*UM*) do genomów (*ABD*) pszenicy heksaploidalnej (Sears, 1981). Pszenica zwyczajna, mimo że jest gatunkiem alloheksaploidalnym ($2n=6x=42$) mającym 3 homeologiczne genomy *ABD*, wykazuje w mejozie koniugację diploidalno-homologiczną chromosomów. Koniugują ze sobą chromosomy homologiczne w obrębie każdego genomu. Supresja homeologicznej koniugacji kontrolowana jest przez grupę genów dominujących *Ph* — *Ph1* na chromosomie *5BL*, *Ph2* na chromosomie *3DS* oraz inne niezidentyfikowane geny na chromosomach *3AS*, *4D* i *5A*, *5B*, *5D*. Wśród nich gen *Ph1* wykazuje najsilniejszy efekt działania. Introgresja obcych genów do pszenicy może nastąpić poprzez inaktywację genów *Ph* systemu homeologicznej koniugacji w *T. aestivum* L. (Pilch, 2005).

Gatunki *Ae. cylindrica* Host. i *Ae. crassa* Boiss. 6x zawierają genomy *D* homologiczne do genomów *D* pszenicy, dzięki ich obecności mogą łatwiej krzyżować się z pszenicami heksaploidalnymi. W takim przypadku przeniesienie genów, np. tolerancyjności na zasolenie z *Ae. cylindrica* Host. (Farooq i in., 1992), czy genów odporności na herbicydy (Zaharieva i Monnavaux, 2005) może nastąpić na zasadzie prostego crossing-over. Ma to ogromne znaczenie w przypadku upraw transgenicznej pszenicy odpornej na herbicydy, np. w Hiszpanii, USA i Kanadzie (Schoenenberger, 2006; Loureiro i in., 2007). *Ae. cylindrica* Host. przeniesiony do USA z Europy już w latach dwudziestych ubiegłego wieku został zaliczony do chwastów występujących w zasiewach pszenicy (Morisson i in., 2002).

Dawcą genomu *D* dla *Ae. cylindrica* Host. i innych kozięńców oraz dla pszenicy heksaploidalnej był *Ae. squarrosa* L. (Kihara i Lilienfeld, 1951; Kimber i Feldman, 1987). O podobieństwie genomów *D* pszenicy i kozięńca *Ae. squarrosa* L. świadczy położenie genu łamliwości osadki kłosowej *Br₁* na krótkim ramieniu chromosomu *3D* *T. aestivum* L. i genu *Br^f*, którego *locus* znajduje się na krótkim ramieniu chromosomu *3D* *Ae. squarrosa* L. (Watanabe i in., 2005, 2006).

Genom *B* pszenicy pochodzi od *Ae. speltoides* Tausch ($2n = 2x = 14$, *SS*), w pszenicy został on wtórnie zmodyfikowany (Kihara, 1944; McFadden i Sears, 1946). Świadczy o tym, między innymi, takie samo położenie genu *Br₃* łamliwości osadki kłosowej na krótkim ramieniu chromosomu *3S* u *Ae. speltoides* Tausch. (Watanabe i in., 2003) i na krótkim ramieniu chromosomu *3B* u pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. (Watanabe i in., 2006). Riley i in. (1973) zidentyfikowali u kozięńca *Ae. speltoides* Tausch dominujące geny supresory *Ph1* na chromosomie *5S*. Ze względu na podobieństwo genomu *S* *Ae. speltoides* Tausch do genomu *S* *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig., taki system może u niego również

występować. Fernández-Calvín i Orellana (1991) donoszą o homeologicznej koniugacji pomiędzy chromosomami *Ae. variabilis* Eig. a chromosomami pszenicy u pentaploidalnych mieszańców pszenicy z tymi gatunkami. W obecności genów supresorów, mimo obecności genu *Ph1*, zachodzi synapsis homeologicznych chromosomów obcych gatunków z chromosomami pszenicy *T. aestivum* L.

Cechy morfologiczne mieszańców F₁ *Aegilops* sp. z *T. aestivum* L. są najczęściej pośrednie w porównaniu do form rodzicielskich (Prażak, 1997). Gatunki *Aegilops* należą do form silnie krzewiących się, wytwarzających bardzo dużo ziarniaków (Prażak, 1992). Przykładowo *Ae. cylindrica* Host wytwarza ponad 100 źdźbeł i ponad 3 tys. ziarniaków. Ziarniaki kozińców pozostają w glebie nawet do 3–5 lat zachowując zdolność kiełkowania, co pozwala poszczególnym populacjom szybko kolonizować nowe tereny (Zaharieva i Monneveux, 2005). Pszenice krzewią się znacznie słabiej.

Mieszańce *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig. z *T. aestivum* L. wytworzyły istotnie więcej pędów od komponentów rodzicielskich pszenicy. W przypadku mieszańców *Ae. biuncialis* Vis. i *Ae. crassa* Boiss. 6x z *T. aestivum* L. odnotowano podobną liczbę źdźbeł jak u odmian pszenicy. Podobnie było w badaniach Loureiro i in. (2007) w przypadku mieszańców *Ae. biuncialis* Vis. z *T. aestivum* L.

W środowisku naturalnym kozińce osiągają wysokość 15–75 cm (Kilian i in., 2011). Długość pędu głównego mieszańców była najczęściej bardziej zbliżona do długości pędów pszenicy (około 90 cm) i istotnie większa od długości pędów kozińców. Jedynie mieszańiec Rusałka × *Ae. biuncialis* Vis. miał istotnie krótsze pędy od pszenicy. W badaniach Stefanowskiej (1995) długość pędu głównego u mieszańców pszenicy z *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. i *Ae. ventricosa* Tausch. wahała się od 44,4 do 92,0 cm. W innych badaniach mieszańce *T. aestivum* L. z *Ae. cylindrica* Host i *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. wytworzyły dłuższe pędy, większą średnicę drugiego od dołu międzywęźla oraz długość osadki kłosowej w porównaniu do form rodzicielskich (Prażak, 1997). Mieszańce Chinese Spring × *Ae. sharonensis* Eig. badane przez Millera i in. (1982) były niższe od pszenicy i miały sztywne źdźbła.

Średnica zewnętrzna źdźbła odgrywa dużą rolę w odporności roślin zbożowych na wyleganie, a szczególnie duże znaczenie ma średnica drugiego od dołu międzywęźla. Odmiany pszenicy heksaploidalnej *T. aestivum* L. odporne na wyleganie wyróżniają się większą grubością tego międzywęźla (Tarkowski, 1994). Średnica zewnętrzna 2. od dołu międzywęźla mieszańców F₁ pszenicy z *Ae. cylindrica* Host, *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig., *Ae. crassa* Boiss. 6x dorównywała odmianom pszenicy. Badane przez Dolińskiego (1995) odmiany pszenicy oraz ich mieszańce miały średnicę 2. od dołu międzywęźla w granicach od 3,04 do 4,07 mm.

Kształt kłosów mieszańców F₁ był pośredni w stosunku do form rodzicielskich, ale barwa najczęściej zbliżona do formy dzikiej (rys. 1–8). Podobnie jak we wcześniejszych badaniach nad mieszańcami *Ae. cylindrica* Host., *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig., *Ae. triaristata* Willd. 6x z *T. aestivum* L., *Ae. ventricosa* Tausch. z *T. durum* Desf., *Ae. triaristata* Willd. 6x z *X Triticosecale* (Prażak, 1997, 2000), czy w badaniach Wojciechowskiej i Pudelskiej (2002 a, b) nad mieszańcami *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. kotschyi* Boiss., *Ae. ovata* L. z *Secale*

cereale L., Berzonskiego i Kimbera (1989) nad mieszańcami *Ae. ventricosa* Tausch. × *T. turgidum* (L.) Thell., Simeone i in. (1989) nad mieszańcami *Ae. caudata* L. × *T. turgidum* (L.) Thell.

Długość osadek kłosowych mieszańców F₁ zależała od kombinacji krzyżówkowej. Większość mieszańców F₁ wytworzyła osadki kłosowe istotnie dłuższe od osadek kozieńców. Cechy morfologiczne kłosa są uwarunkowane przez geny jądrowe (Pilch, 2003). Odmiany o zbitym kłosie mają często drobne ziarniaki i odwrotnie o kłosie luźnym — grube, dorodne (Tarkowski, 1995). Najbardziej zbite kłosy (liczba kłosek/1 dcm osadki kłosowej) miały mieszańce *Ae. variabilis (peregrina)* Eig. z pszenicą odmiany Rusałka. Pozostałe mieszańce charakteryzowały się pośrednią zbitością kłosek w porównaniu do komponentów rodzicielskich. Według Stefanowskiej (1995) kłosy mieszańców pszenicy z *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. i *Ae. ventricosa* Tausch. były nieco luźniejsze niż u pszenic. Liczba kłosek w kłosie jest dodatnio skorelowana z długością kłosa. Duża liczba kłosek w kłosie pszenicy zwyczajnej związana jest z chromosomami 2DS i 7DL z dominującym efektem genu *Ppd-D1* niewrażliwości fotoperiodycznej położonym również na chromosomie 2DS (Li i in., 2002; Pilch, 2003).

We wcześniejszych badaniach (Prażak, 1997) kłosy mieszańców *Ae. cylindrica* Host. × *T. aestivum* L. i *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. × *T. aestivum* L. były dłuższe od form rodzicielskich, a kłosy *Ae. ventricosa* Tausch. × *T. durum* Desf. i *Ae. triaristata* Willd. 6x × *T. aestivum* L. pośrednie w porównaniu do kłosek form rodzicielskich. Mieszańce *Ae. caudata* L. × *T. turgidum* (L.) Thell. miały kłosy dłuższe od pszenicy i zbliżone do kozieńca (Simeone i in., 1989). Długość kłosek mieszańców *Ae. biuncialis* Vis. × *Secale cereale* L., *Ae. ovata* L. × *S. cereale* L. była pośrednia w stosunku do form rodzicielskich (Wojciechowska i Pudelska, 2002 a, b, 2005). Kłosy innych mieszańców *Ae. kotschyi* Boiss. × *S. cereale* L., *Ae. triaristata* Willd. 6x × *X Triticosecale* dorównywały formie ojcowskiej (Wojciechowska i Pudelska, 2002 a, Prażak, 2000), a kłosy *Ae. ventricosa* Tausch. × *T. turgidum* (L.) Thell. były krótsze od kłosek pszenicy (Berzonski i Kimber, 1989).

Pilch i Głowacz (1997) otrzymali mieszańce pszenicy z *Ae. speltoides* Tausch, o bardzo długich kłosach. Długość osadki kłosowej decyduje o długości całego kłosa. Tę cechę u pszenicy warunkuje wiele genów, z których największy wpływ mają geny położone na chromosomach genomów A i B, tj. *IAL*, *1 BS*, *4 AL*, *7 AL* i *7 BL*. Występuje sprzężenie z genami wysokiej liczby kłosek w kłosie położonymi na chromosomie *7 AL* (Li i in., 2002; Pilch, 2003).

Płodność kłosek głównych mieszańców F₁ była niska i wahała się od 0,0 do 1,3. Była ona istotnie niższa od form rodzicielskich. Największą płodnością wśród nich charakteryzował się mieszaniec *Zyta* × *Ae. cylindrica* Host. Ziarniaków nie zawiązały mieszańce pszenicy z *Ae. biuncialis* Vis. i *Ae. crassa* Boiss. 6x.

W innych badaniach mieszańce F₁ gatunków *Ae. cylindrica* Host. i *Ae. triaristata* Willd. 6x × *T. aestivum* L. również charakteryzowały się niską płodnością (Miller i in., 1982; Bai i in., 1994). Słaba płodność mieszańców F₁ pszenicy z gatunkami *Aegilops* wynika najczęściej z niskiego poziomu koniugacji chromosomów w mejozie (Bai i in., 1994; Sharma, 1995).

WNIOSKI

1. Mieszzańce F₁ *Ae. columnaris* Zhuk., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. triaristata* Willd. 4x, *Ae. variabilis* (*peregrina*) Eig. z *Triticum aestivum* L. charakteryzowały się bardzo silnym krzewieniem zbliżonym do dzikich gatunków rodzicielskich, co umożliwiłoby im wytworzenie bardzo dużej liczby ziarniaków w przypadku większej płodności.
2. Długość pędu głównego i osadki kłosowej mieszańców F₁ *Aegilops* sp. z *Triticum aestivum* L. była zbliżona do komponentów rodzicielskich pszenicy. Mieszzańce miały istotnie grubsze źdźbła i bardziej zbite kłosa od gatunków *Aegilops*.
3. Większość badanych mieszańców F₁ *Aegilops* sp. z *Triticum aestivum* L. charakteryzowała się niską płodnością lub była sterylna. Najwyższą płodność odnotowano u mieszańca pszenicy *Zyta* × *Aegilops cylindrica* Host., co może potwierdzać możliwość transferu genów np. tolerancyjności na zasolenie z dzikiego gatunku do pszenicy, jak i genów niepożądanych z pszenicy do kozięcia (np. odporności na herbicydy z transgenicznych odmian pszenicy).
4. Ocenę mieszańców F₁, w której ujawniły one cechy pośrednie pomiędzy *Triticum aestivum* L. a kozięciami, ewentualnie dominację wartości cech kozięć lub pszenic można potraktować jako wstępną. Ze względu na segregację cech pełniejszy wpływ genów kozięć na fenotyp mieszańców ujawni się w kolejnych pokoleniach. Wówczas, po uzyskaniu większej liczby mieszańców, będzie możliwa ich dokładniejsza statystyczna ocena i selekcja.

LITERATURA

- Bai D., Scoles G. J., Knott D. R. 1994. Transfer of leaf rust and stem rust resistance genes from *Triticum triaristatum* to durum and bread wheat's and their molecular cytogenetic localization. *Genome* 37 (3): 410 — 418.
- Berzonsky W. A., Kimber G. 1989. The tolerance to aluminium of *Triticum* N-genome amphiploides. *Plant Breed.* 103: 37 — 42.
- Blüthner W. D., Schumann E. 1988. Use of *Aegilops* and tetraploid wheat for wheat protein improvement. *Hod. Roślin, Aklim.* 32 (1/2): 203 — 206.
- Chueca M., Cauderon Y., Tempe J. 1977. Techniques d'obtention d'hybrides Blé tender × *Aegilops* par culture *in vitro* d'embryons immatures. *Ann. Amélior. Plantes* 27 (5): 539 — 547.
- Coriton O., Barloy D., Huteau V., Lemoine J., Tanguy A., Jahier J. 2009. Assignment of *Aegilops variabilis* Eig chromosomes and translocations carrying resistance to nematodes in wheat. *Genome* 52 (4): 338 — 346.
- 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.*
- Farooq S., Iqbal N., Asghar M., Shah T. M. 1992. Intergeneric hybridization for wheat improvement — IV. Expression of salt tolerance gene (s) of *Aegilops cylindrica* in hybrids with hexaploid wheat. *Cer. Res. Comm.* 20 (1-2): 111 — 118.
- Fernández-Calvín B., Orellana J. 1991. Metaphase-I bound-arm frequency and genome analysis in wheat-*Aegilops* hybrids. 1. *Ae. variabilis*-wheat and *Ae. kotschyi*-wheat hybrids with low and high homoeologous pairing. *Theor. Appl. Genet.* 83: 264 — 272.
- Frauenstein K., Hammer K. 1985. Prüfung von *Aegilops* — Arten auf Resistenz gegen Echten Mehttau, *Erysiphe graminis* D. C. , Braunrost, *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. und Spelzenbraune, *Septoria nordum* Berk. *Kulturpflanze* 33: 155 — 163.

- Gorham J. 1990. Salt Tolerance in the *Triticeae*: K/Na discrimination in *Aegilops* species. J. Exp. Bot. 41/226: 615 — 621.
- Kiihara H., 1944 Discovery of the DD-analyzer, one of the ancestors of vulgare wheats. Agric. Hort. 19: 889 — 890.
- Kihara H., Lilienfeld F. A. 1951. Genome analysis in *Triticum* and *Aegilops*. Concluding review. Cytologia 16: 101 — 123.
- Kilian B., Mammen K., Millet E., Sharma R., Graner A., Salamini F., Hammer K., Özkan H. 2011. *Aegilops*. In: Kole C. (Eds.). Wild crop relatives: genomic and breeding resources. Cereals. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Kimber G., Feldman M. 1987. Wild wheat: an introduction. college of agriculture. University of Missouri, Columbia, Special Report 353: 1 — 146.
- 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.
- Loureiro I., Escorial M. C., García-Baudin J. M., Chueca M. C. 2007. Hybridization between wheat (*Triticum aestivum*) and the wild species *Aegilops geniculata* and *A. biuncialis* under experimental field conditions. Agriculture, Ecosystems and Environment 120: 384 — 390.
- Łomnicki A. 2000. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN, Warszawa.
- McFadden E. S., Sears E.R. 1946. The origin of *Triticum spelta* and its free-threshing hexaploid relatives. J. Hered. 37: 81 — 89.
- Miller T., Hutchinson E., Chapman V. 1982. Investigation of a preferentially transmitted *Aegilops sharonensis* chromosome in wheat. Theor. Appl. Genet. 61: 27 — 33.
- Molnár I., Gáspár L., Sárvári E., Dulai S., Hoffmann B., Molnár-Láng M., Galiba G. 2004. Physiological and morphological responses to water stress in *Aegilops biuncialis* and *Triticum aestivum* genotypes with differing tolerance to drought. Functional Plant Biology 31 (12): 1149 — 1159.
- Molnár I, Dulai S, Molnár-Láng M. 2008. Can the drought tolerance traits of *Ae. biuncialis* manifest even in the wheat genetic background ? Acta Biol. Szeged. 52: 175 — 178 .
- Morrison L. A., Riera-Lizarazu O., Crémieux L., Mallory-Smith C. A. 2002. Jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica* Host) × wheat (*Triticum aestivum* L.) hybrids. Crop Sci. 42: 1863 — 1872.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473 — 497.
- 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.
- Pilch J. 2003. Uwarunkowanie genetyczne cech morfologicznych kłosa pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 228: 21 — 31.
- Pilch J. 2005. Możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego w hodowli pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. Część I. Zastosowanie systemów genetycznych pszenicy *T. aestivum* L. do otrzymania mieszańców pomostowych F₁. Biul. IHAR 235: 31 — 41.
- Prażak R. 1992. Cechy morfologiczne gatunków rodzaju *Aegilops* oraz pszenicy ozimej *Triticum aestivum* odmiany Rusalka. Biul. IHAR 183: 107 — 117.
- Prażak R. 1997. Charakterystyka morfologiczna mieszańców F₁ *Triticum aestivum* L. i *Triticum durum* Desf. z wybranymi gatunkami *Aegilops* sp. Biul. IHAR 204: 33 — 42.
- Prażak R. 2000. Mieszańce F₁ *Aegilops triaristata* 6x z pszenżytem (*X Triticosecale* Wittmack) i pszenicą (*Triticum aestivum* L.). Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura (82): 231 — 236.
- Prażak R. 2004. Porównanie zawartości białka w ziarnie gatunków *Aegilops* i *Triticum*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 497: 509 — 516.
- Prażak R. 2007. 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.
- 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.
- Riley R., Chapman V., Miller T. E. 1973. The determination of meiotic chromosome pairing. Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Univ. Columbia. MO: 731 — 738.

- Schoenenberger N., Guadagnuolo R., Savova-Bianchi D., K pfer P., Felber F. 2006. Molecular analysis, cytogenetics and fertility of introgression lines from transgenic wheat to *Aegilops cylindrica* Host. *Genetics* 174: 2061 — 2070.
- Sears E.R. 1981. Transfer of alien genetic material to wheat. P. 75-89. In: Evans L.T. Peacock W. J. (Eds.). *Wheat Science — Today and Tomorrow*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sharma H. C. 1995. How wide can a wide cross be ? *Euphytica* 82: 43 — 64.
- Simeone R., Pignone D., Blanco A., Attolico M. 1989. Cytology and fertility of hybrids and amphiploids between *Aegilops caudata* L. \times *Triticum turgidum* (L.) Thell. *Plant Breed.* 103: 189 — 195.
- Spetsov P., Mingeot D., Jacquemin J. M., Samardijeva K., Marinova E. 1997. Transfer of powdery mildew resistance from *Aegilops variabilis* into bread wheat. *Euphytica* 93: 49 — 54.
- Stefanowska G. 1995. Charakterystyka niektórych cech morfologicznych i plonotw6rczych miesza6c6w *Triticum aestivum* L. z *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. i z *Aegilops ventricosa* Tausch. *Biul. IHAR* 194: 35 — 43.
- Tarkowski Cz. (red.) 1994. Przewodnik do 6wicze6 z genetyki, hodowli ro6lin i nasiennictwa. Wyd. AR w Lublinie.
- Tarkowski Cz. 1995. Genetyka, hodowla ro6lin i nasiennictwo. Wyd. AR w Lublinie.
- Watanabe N., Sugiyama K., Yamagishi Y., Sakata Y. 2003. Comparative telosomic mapping of homoeologous genes for brittle rachis in tetraploid and hexaploid wheat. *Hereditas* 137: 180 — 185.
- Watanabe N., Takesada N., Shibata Y., Ban T. 2005. Genetic mapping of the genes for glaucous leaf and tough rachis in *Aegilops tauschii*, the D-genome progenitor of wheat. *Euphytica* 144: 119 — 123.
- Watanabe N., Fuji Y., Kato N., Ban T., Martinek P. 2006. Microsatellite mapping of the genes for brittle rachis on homoeologous group 3 chromosomes in tetraploid and hexaploid wheats. *J. Appl. Genet.* 47 (2): 93 — 98.
- Wojciechowska B., Pudelska H. 2002a. Production and morphology of the hybrids *Aegilops kotschy* \times *Secale cereale* and *Ae. biuncialis* \times *S. cereale*. *J. Appl. Genet.* 43 (3): 279 — 285.
- Wojciechowska B., Pudelska H. 2002b. Hybrids and amphiploids of *Aegilops ovata* L. with *Secale cereale* L.: production, morphology and fertility. *J. Appl. Genet.* 43 (4): 415 — 421.
- Wojciechowska B., Pudelska H. 2005. Production and characterization of amphiploids and of backcross hybrids of *Ae. biuncialis* \times *Secale cereale* amphiploids with 2x and 4x *S. cereale*. *J. Appl. Genet.* 46 (2): 157 — 161.
- Zaharieva M., Monneveux P. 2005. Spontaneous hybridization between bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and its wild relatives in Europe. *Crop Sci.* 46 (2): 512 — 527.