

MARIA CHRZĄSTEK¹
KATARZYNA KRUK
SYLWIA OKOŃ
EDYTA PACZOS-GRZĘDA
EMILIA WÓJTOWICZ

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin

¹ Katedra Biologii Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

Ocena mieszańców BC₁ (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L. pod względem stabilności cytogenetycznej i wybranych cech ilościowych

Estimation of BC₁ hybrids (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L. regarding cytogenetic stability and some quantitative traits

Przedmiotem pracy były mieszańce BC₁ (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L. oraz formy rodzicielskie. Na podstawie analizy wybranych stadiów mejozy i żywotności pyłku określono stabilność cytogenetyczną testowanych roślin. W mieszańcach obserwowano więcej zaburzeń w koniugacji i segregacji chromosomów niż w komponentach rodzicielskich. Mieszaniec (Góral × Clav 8330) × Góral wyróżniał się spośród wszystkich badanych form najwyższą frekwencją mikrojąder w tetradach (0,134/KMP). Analizowane kombinacje mieszańcowe charakteryzowały się wysoką żywotnością pyłku wahającą się od 96,90 do 99,68%. Mieszańce były zróżnicowane pod względem większości cech plonotwórczych. Najdłuższą wiechę obserwowano u mieszańca (Dragon × CN39621) × Dragon natomiast najwięcej kłosek wytwarzała wiecha kombinacji (Chwat × CN43136) × Chwat (82,00). Średnia liczba ziarniaków w wieszce głównej mieszańców wahała się od 45,55 do 201,43. Płodność kłosa u mieszańców była mało zróżnicowana i zbliżona do odmian matecznych. Mieszańce różniły się natomiast istotnie od siebie pod względem masy tysiąca ziarniaków oraz zawartości białka w ziarniakach. MTZ kombinacji mieszańcowych była niższa średnio o 5,8 g w porównaniu z komponentami matecznymi. W ziarniakach form mieszańcowych stwierdzono więcej białka niż u odpowiednich odmian matecznych. Pod względem większości analizowanych cech ilościowych pozytywnie wyróżniał się mieszaniec (Chwat × CN43136) × Chwat.

Słowa kluczowe: *Avena sativa* L., *Avena maroccana* Gdgr., cechy ilościowe, mejoza, mieszańce wsteczne, żywotność pyłku

The hybrids BC₁ (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L and their parental forms were subject of research. Cytogenetic stability of the tested plants was determined after studying some meiosis stages and pollen viability. Conjugation and segregation of chromosomes were more

disturbed in hybrids than in the parental forms. The highest frequency of micronuclei (0.134/PMC) was noted in tetrads of the Góral × Clav 8330 × Góral hybrid. Hybrid combinations showed high pollen viability, ranging from 96.90 to 99.68%. The tested hybrids were much differentiated regarding majority of quantitative traits. The longest main panicle was observed in the (Dragon × CN 39621) × Dragon hybrid while in the combination (Chwat × CN43136) × Chwat (82.00) panicle consisted of the highest number of spikelet. Mean number of kernels per panicle in the hybrids ranged from 45.55 to 201.43. Fertility of spikelet among the hybrids was not much differentiated and similar to the maternal cultivars. Significant differences among the hybrids were noticed for 1000 kernels weight and protein content. Weight of thousand kernels in the hybrid combinations was about 5.8 g lower than in the maternal forms but kernels contained more protein than the oat cultivars. The hybrid Chwat × CN43136 × Chwat was positively distinguishable, regarding most of the analyzed quantitative traits.

Key words: *Avena sativa* L., *Avena maroccana* Gdgr., BC₁, interspecific hybrids, meiosis, quantitative traits, pollen viability

WSTĘP

Poszukiwanie i wytwarzanie nowych źródeł zmienności genetycznej jest podstawowym warunkiem rozwoju hodowli owsa zwyczajnego (*Avena sativa* L.), bowiem odmiany uprawiane w kraju są mało zróżnicowane pod względem genetycznym (Paczos 2003a; Chrząstek i in., 2006). Dawcami pożądaných genów dla owsa zwyczajnego są najczęściej pokrewne gatunki dzikie z rodzaju *Avena*. Ich pula genowa nie zawsze jest jednak dostępna ze względu na bariery izolacyjne powodowane głównie odmiennym składem genomowym i różnym poziomem ploidalności (Stalker, 1980; Frey, 1986; Leggett, 1996; Loskutov, 2001). W oparciu o literaturę światową za najbardziej obiecujące źródła nowych, korzystnych genów można uznać gatunki heksaploidalne: *Avena sterilis* i *Avena fatua* o konstrukcji genomowej AACCCD oraz tetraploidy o składzie genomowym AACCC: *Avena maroccana* i *Avena murphyi*. Efektywność krzyżowania gatunków heksaploidalnych bywa wysoka a mieszańce są zazwyczaj żywotne i płodne. Transfer genów tą drogą z dzikich gatunków tetraploidalnych do owsa zwyczajnego jest znacznie trudniejszy. Do przełamania barier izolacyjnych często konieczna jest hodowla *in vitro* zarodków mieszańcowych. Uzyskane mieszańce pentaploidalne są najczęściej sterylne, dlatego chcąc przywrócić im płodność konieczne jest podwojenie liczby chromosomów poprzez kolchicynowanie, bądź przeprowadzenie wielokrotnych krzyżowań wstecznych. Efektywność krzyżowań oddalonych zależy nie tylko od metody przełamania barier genetycznych ale również od trafnego doboru komponentów rodzicielskich i właściwej oceny uzyskanych mieszańców. Ze względu na obecność wielu prymitywnych cech u mieszańców wczesnych pokoleń, konieczne jest wykonywanie krzyżowań wypierających.

Celem pracy była ocena mieszańców BC₁ [*Avena sativa* L. (2n = 6x = 42) × *Avena maroccana* Gdgr. (2n = 4x = 28)] × *Avena sativa* L. pod względem stabilności cytogenetycznej oraz niektórych cech plonotwórczych.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem pracy były komponenty rodzicielskie i mieszańce międzygatunkowe owsa BC₁ uzyskane w 2007 roku w Instytucie Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie według poniższego schematu:

- [*A. Sativa* (2n = 6x = 42) cv. Chwat × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN43136] × cv. Chwat,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Dukat × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN39621] × cv. Dukat,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Dragon × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN39621] × cv. Dragon,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Góral × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) Clav.8330] × cv. Góral,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Komes × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN39621] × cv. Komes.

Krzyżowania przeprowadzono w warunkach polowych. Wszystkie mieszańce i formy rodzicielskie były wysiewane punktowo w Gospodarstwie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Czesławicach koło Nałęczowa na poletkach pięciorzędowych o długości jednego metra w rozstawie 10 × 20 cm.

Mieszańce uzyskane z krzyżowań wstecznych były zróżnicowane pod względem liczby chromosomów w komórkach somatycznych. Do badań wybrano rośliny, których liczebność była wystarczająca do przeprowadzenia analiz cytologicznych i oceny cech ilościowych.

W okresie wegetacji z form rodzicielskich oraz mieszańców 38- i 40- chromosomowych pobrano materiał do badań cytologicznych. Młode wiechy oraz dojrzałe pylniki do analizy mejozy i żywotności pyłku utrwalano w roztworze Carnoya, a następnie wykonywano preparaty rozmazowe w 2% acetokarminie. W około 100 komórkach macierzystych pyłku (KMP) każdej formy analizowano konfiguracje chromosomów w metafazie I oraz częstotliwość chromosomów opóźnionych i mostów chromatydowych w anafazie I. Ponadto określono frekwencję mikrojąder na podstawie obserwacji około 3000 tetrad w mieszańcach i formach rodzicielskich. We wszystkich genotypach oznaczono żywotność pyłku na podstawie stopnia wypełnienia cytoplazmą około 3000 ziaren. Za żywotne uznawano ziarna pyłku, w których cytoplazma stanowiła więcej niż 75% objętości. Średnie wymiary pyłku ustalono mierząc długość i szerokość 50 ziaren.

Po zbiorze przeprowadzono ocenę laboratoryjną losowo wybranych 30 wiech głównych ze wszystkich kombinacji mieszańcowych i odmian matecznych. Analizowano długość wiechy, liczbę kłosek i ziarniaków, masę ziarniaków, płodność kłoska, masę 1000 ziarniaków. We wszystkich testowanych genotypach oznaczono metodą Kjeldahla procentową zawartość białka ogółem w ziarniakach pozbawionych plewki.

Do analizy statystycznej wyników wykorzystano test F-Snedecora, a istotność różnic pomiędzy obiektami stwierdzono przy pomocy przedziałów ufności Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

O wartości mieszańców międzygatunkowych i możliwości ich wykorzystania w praktycznej hodowli w dużym stopniu decyduje ich stabilność cytogenetyczna. Zaburzenia w przebiegu mejozy głównie w koniugacji i segregacji chromosomów oraz nieprawidłowo wykształcone tetrady mogą prowadzić do powstawania wadliwych komórek rozrodczych a w dalszej konsekwencji do sterility mieszańców. W formach mieszańcowych, u których brak pełnej homologii genomów obserwuje się często, szczególnie we wczesnych pokoleniach, uniwalenty i multiwalenty w metafazie I, chromosomy opóźnione i mosty chromatydowe w anafazie I, a także mikrojądra w tetradach (McMullen i in., 1982).

Koniugacja chromosomów w roślinach stanowiących przedmiot badań przebiegała bez większych zakłóceń. W metafazie I chromosomy tworzyły głównie biwalenty w postaci pierścieni (tab. 1).

Tabela 1

Zachowanie się chromosomów w mejozie oraz żywotność i wymiary ziaren pyłku u mieszańców BC₁ (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. i form rodzicielskich
Chromosomes behaviour in meiosis and viability and size of pollen grains in BC₁ hybrids (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. and their parental forms

Mieszańce Formy rodzicielskie Hybrids Parental forms	Metafaza I — Metaphase I		Anafaza I — Anaphase I			Średnia liczba mikro- jąder w tetradzie Mean number of micro- nuclei per tetrad	Ziarna pyłku — Pollen grains		
	biwalenty bivalents		średnia liczba uniwalen- tów mean number of univalents	średnia liczba mostów chromaty- dowych mean number of chromatid bridges	średnia liczba chromosomów opóźnionych mean number of lagging chromosomes		żywot- ność viability (%)	średnia długość mean length (µm)	średnia szerokość mean width (µm)
	pręty rods (%)	pierścienie rings (%)							
<i>Avena sativa</i> L.									
cv. Chwat	6,58	93,42	0,00	0,19	0,02	0,006	99,06	55,15	46,93
cv. Dukat	5,86	94,14	0,00	0,04	0,07	0,024	96,96	55,48	48,51
cv. Dragon	6,08	93,92	0,00	0,08	0,03	0,004	98,58	58,24	53,37
cv. Góral	5,43	94,57	0,00	0,07	0,05	0,033	98,94	57,70	52,70
cv. Komes	7,55	92,45	0,00	0,08	0,09	0,032	99,27	57,22	52,20
<i>(Avena sativa</i> L. × <i>Avena maroccana</i> Gdgr.) × <i>Avena sativa</i> L.									
(Chwat × CN 43136) × Chwat	11,00	89,00	0,27	0,23	0,04	0,026	96,90	60,86	56,50
(Dukat × CN 39621) × Dukat	11,87	90,13	0,39	0,38	0,07	0,018	97,68	57,23	53,44
(Dragon × CN 39621) × Dragon	11,98	88,02	0,10	0,53	0,06	0,082	98,10	61,69	54,84
(Góral × Clav 8330) × Góral	8,82	91,12	0,09	0,29	0,10	0,134	98,09	60,27	56,24
(Komes × CN 39621) × Komes	11,08	88,92	0,06	0,13	0,02	0,017	99,61	58,55	52,07
<i>Avena maroccana</i> Gdgr.									
Clav 8330	4,86	95,14	0,00	0,10	0,02	0,007	94,57	48,79	44,56
CN 39621	8,81	91,19	0,06	0,11	0,05	0,020	92,57	54,32	48,75
CN 43136	13,69	86,31	0,03	0,15	0,01	0,011	99,25	49,09	44,22
NIR (p = 0,05)	4,58	4,39	0,18	0,22	0,08	0,080	3,85	6,05	5,61
LSD (p = 0,05)									

Mieszzańce nie różniły się istotnie od siebie pod względem procentowego udziału biwalentów otwartych, który wahał się od 8,82 do 11,98. W płytkach metafazowych wszystkich mieszańców stwierdzono więcej biwalentów w kształcie prętów niż w odpowiednich odmianach matecznych i formach ojcowskich *A. maroccana*, ale różnice te nie były statystycznie istotne. U analizowanych odmian owsa obserwowano wyłącznie biwalentną koniugację chromosomów. Wcześniejsze badania dowodzą, że owies zwyczajny *Avena sativa* L. zachowuje się jak diploid i w procesie mejozy tworzy dwadzieścia jeden biwalentów (Rajhathy, Thomas, 1974). Mechanizmy genetycznej kontroli koniugacji chromosomów u tego gatunku są słabo poznane, według Thomas i Ansari (1980) mają charakter poligeniczny.

W komórkach dwóch spośród trzech analizowanych form tetraploidalnego gatunku *A. maroccana* sporadycznie poza płytą metafazową występowały uniwalenty. Znacznie częściej pojedyncze chromosomy obserwowano w komórkach form mieszańcowych. Najwięcej uniwalentów przypadających na komórkę macierzystą pyłku stwierdzono u mieszańców (Dukat \times CN 39621) \times Dukat (0,39) i (Chwat \times CN 39621) \times Chwat (0,27). Mieszzańce te istotnie przewyższały pozostałe kombinacje pod względem analizowanej cechy. W dwóch komórkach kombinacji (Dragon \times CN 39621) \times Dragon stwierdzono obecność kwadriwalentów. Z wcześniejszych badań cytologicznych owsa wynika, że natężenie zakłóceń w mejozie u mieszańców uzyskanych z krzyżowania gatunków o takim samym poziomie ploidalności i składzie genomowym jest stosunkowo niewielkie (Chrzęstek, Paczos-Grzęda, 2003; Paczos-Grzęda, 2003 b). Nieliczne uniwalenty i multiwalenty w metafazie I obserwowali także McMullen i wsp. (1982) u mieszańców *A. sativa* \times *A. sterilis* oraz Ladizinsky (1971) u *A. sativa* \times *A. byzantina*. Analizując wewnątrzgatunkowe zróżnicowanie pod względem zachowania się chromosomów w mejozie Autorzy obserwowali większą regularność w obrębie *A. sterilis* niż u *A. sativa*.

Krzyżowanie gatunków o różnym stopniu ploidalności i odmiennym składzie genomowym jest mało efektywne (Loskutov, 2001; Chrzęstek i in., 2007) i skutkuje większą frekwencją pojedynczych chromosomów i multiwalentów w metafazie I. Zjawisko to obserwuje się zarówno w pokoleniu F_1 , jak i u mieszańców uzyskanych w wyniku krzyżowań wstecznych. Podwojenie liczby chromosomów u mieszańców F_1 poprzez kolchicynowanie prowadzi do biwalentnej koniugacji w kolejnych pokoleniach (Katsiotis, Forsberg, 1995 a).

Segregacja chromosomów w anafazie I u testowanych w pracy mieszańców była bardziej zaburzona niż w odmianach uprawnych i ekotypach *A. maroccana* (tab. 1). Średnia liczba mostów chromatydowych w komórkach badanych odmian owsa zwyczajnego wahała się od 0,02 do 0,09, natomiast u *A. maroccana* zawierała się w przedziale 0,10–0,15. Wszystkie mieszzańce charakteryzowały się większą częstotliwością mostów chromatydowych w porównaniu z formami rodzicielskimi. Największe istotne różnice dotyczyły kombinacji (Dukat \times CN 39621) \times Dukat i (Dragon \times CN 39621) \times Dragon. Najmniej zaburzeń tego typu zanotowano w komórkach mieszańca (Komes \times CN 39621) \times Komes.

We wszystkich analizowanych mieszańcach i formach rodzicielskich w anafazie I z różną częstotliwością występowały chromosomy opóźnione. Według McMullena i wsp.

(1982) oraz Katsiotisa i Forsberga (1995 a) liczba takich chromosomów ma związek z frekwencją uniwalentów obserwowanych w metafazie I. W analizowanych mieszańcach i komponentach rodzicielskich nie stwierdzono takiej prostej zależności. Chromosomy opóźnione obserwowano we wszystkich testowanych formach, również tych u których miała miejsce wyłącznie biwalentna koniugacja. Liczba chromosomów opóźnionych przypadających na komórkę u mieszańców wahała się od 0,02 do 0,10. Najwięcej zaburzeń tego rodzaju stwierdzono w komórkach mieszańca (Góral × Clav 8330) × Góral. Istotnie mniej chromosomów opóźnionych w porównaniu z tym mieszańcem zanotowano tylko u *A. maroccana* CN 43136.

Zaburzenia w początkowych stadiach mejozy mogą prowadzić do powstawania źle wykształconych tetrad (McMullen i in., 1982; Katsiotis, Forsberg, 1995a). We wszystkich badanych w pracy mieszańcach i komponentach rodzicielskich w tetradach obecne były mikrojądra. W odmianach matecznych ich frekwencja wynosiła od 0,004 (cv. Dragon) do 0,032 (cv. Góral), natomiast w badanych formach *A. maroccana* wahała się od 0,007 do 0,020. Analizowane mieszańce były zróżnicowane pod względem badanej cechy. Średnia liczba mikrojąder w kombinacjach (Dukat × CN 39621) × Dukat i (Komes × CN 39621) × Komes była niższa w porównaniu z odpowiednimi formami rodzicielskimi. W pozostałych mieszańcach na tetradę przypadało więcej mikrojąder niż w odmianach matecznych i formach ojcowskich. Uwzględniając wszystkie kombinacje mieszańców wstecznych i formy rodzicielskie najwyższą ich frekwencję wynoszącą 0,134/KMP stwierdzono u mieszańca (Góral × Clav 8330) × Góral. Kombinacja ta różniła się istotnie od wszystkich odmian, form ojcowskich i pozostałych mieszańców z wyjątkiem kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon.

Określenie żywotności i wielkości ziaren pyłku pozwala wnioskować o płodności roślin oraz przyczynach powstawania i funkcjonowania niezredukowanych gamet męskich obserwowanych u niektórych gatunków owsa (Katsiotis, Forsberg, 1995 b). Nie stwierdzono istotnych różnic w żywotności pyłku badanych w pracy mieszańców wstecznych (tab. 1). Pyłek żywotny stanowił od 96,90% w kombinacji (Chwat × CN 39621) × Chwat do 99,61% w (Komes × CN 39621) × Komes. Guang-Bing i wsp. (2005) obserwowali natomiast bardzo niską żywotność pyłku w pokoleniu F₁ u mieszańców międzygatunkowych *A. sativa* (6x) × *A. maroccana* (4x) oraz *A. orientalis* (6x) × *A. maroccana*, która wynosiła odpowiednio 1% i 0,8%. Odmiany owsa zwyczajnego z wyjątkiem cv. Dukat wytwarzały nieznacznie więcej żywotnego pyłku niż ich mieszańce z *A. maroccana*. Największa różnica wynosiła 2,16% i dotyczyła mieszańca (Chwat × CN 39621) × Chwat. Znacznie większe różnice pod względem żywotności pyłku obserwowano pomiędzy ojcowskimi formami gatunku *A. maroccana*. Wartość analizowanej cechy zawierała się w przedziale od 92,57% (CN 39621) do 99,25% (CN 43136). Mieszańce z wyjątkiem kombinacji (Chwat × CN 39621) × Chwat przewyższały odpowiednie komponenty ojcowskie pod względem badanej cechy, a w trzech przypadkach różnice były statystycznie istotne. Mieszaniec (Komes × CN 39621) × Komes wytwarzał o ponad 7% więcej żywotnego pyłku w porównaniu z *A. maroccana* CN 39621.

W obrębie rodzaju *Avena* występuje zróżnicowanie pomiędzy gatunkami a nawet odmianami pod względem wielkości i kształtu ziaren pyłku. Z wcześniejszych badań

wynika, że wielkość pyłku jest pozytywnie skorelowana z poziomem ploidalności roślin, a ich kształt jest najczęściej eliptyczny, rzadziej okrągły (Gornall, 1977; Katsiotis, Forsberg, 1995 b; Chrząstek i in., 2004). Ziarna pyłku wszystkich analizowanych w pracy form rodzicielskich i mieszańcowych charakteryzowały się owalnym kształtem. Największe różnice pomiędzy średnią długością i szerokością ziarna pyłku zanotowano dla odmiany Chwat (8,22 μm) i Dukat (6,97 μm) (tab. 1). Pyłek najbardziej zbliżony pod względem kształtu do okrągłego wytwarzały mieszańce (Dukat \times CN 39621) \times Dukat (57,23 \times 53,44 μm) i (Góral \times Clav 8330) \times Góral (60,27 \times 56,24) μm . Pyłek wszystkich testowanych mieszańców miał większe wymiary w porównaniu z formami rodzicielskimi. Średnia długość ziarna pyłku wahała się u nich od 57,23 μm do 61,69 μm , natomiast szerokość mieściła się w przedziale 52,07–56,50 μm . Średnie wymiary ziarna pyłku pięciu testowanych odmian owsa wynosiły 56,76 \times 50,54 μm . Spośród kombinacji mieszańcowych jedynie (Chwat \times CN 43136) \times Chwat wytwarzał pyłek istotnie szerszy niż odpowiednia forma mateczna. Pyłek analizowanych form ojcowskich *A. maroccana* miał średnie wymiary 50,73 \times 45,84 μm . Mieszańce (Chwat \times CN 43136) \times Chwat, (Dragon \times CN 39621) \times Dragon i (Góral \times Clav 8330) \times Góral charakteryzowały się istotnie większą średnią długością i szerokością ziarna pyłku niż odpowiednie komponenty ojcowskie.

Podczas selekcji pożądanych form z populacji mieszańcowych poza stabilnością cytogenetyczną uwzględnia się szereg cech ilościowych determinujących ich wartość użytkową. Na ekspresję tych cech oprócz genotypu rośliny wpływają w różnym stopniu czynniki środowiskowe. Testowane kombinacje mieszańcowe różniły się zarówno między sobą jak i w porównaniu z komponentami matecznymi pod względem większości analizowanych cech plonotwórczych (tab. 2). Średnia długość wiechy głównej badanych mieszańców BC₁ wahała się od 17,04 do 23,85 cm. Największą zmienność pod względem analizowanej cechy stwierdzono w obrębie kombinacji (Dragon \times CN 39621) \times Dragon. Kombinacja ta oraz (Chwat \times CN 43136) \times Chwat charakteryzowały się istotnie dłuższą wiechą niż odpowiednie odmiany mateczne. Według Petr i Frey (1966) istnieje pozytywna korelacja pomiędzy długością wiechy i liczbą kłosek, natomiast z badań Chae i Forsberga (1975) wynika, że obie te cechy są kodowane przez geny recesywne. Dla większości testowanych w pracy kombinacji mieszańcowych i komponentów rodzicielskich nie obserwowano takich zależności. Stwierdzono istotne różnice zarówno pomiędzy kombinacjami mieszańcowymi jak i pomiędzy formami matecznymi pod względem liczby kłosek w wieszce głównej. Najwyższą średnią liczbą kłosek (82,00) wyróżniała się kombinacja (Chwat \times CN 43136) \times Chwat. W jej obrębie obserwowano także największe zróżnicowanie pod względem badanej cechy, przyjmującej wartości od 44 do 144. Najgorszy wynik zanotowano dla kombinacji (Dragon \times CN 39621) \times Dragon. Liczba kłosek w wieszce roślin mieszańcowych tej kombinacji wahała się od 15 do 58 wynosząc średnio 32,24. Wśród form matecznych najwięcej kłosek w wieszce zanotowano u odmiany Chwat (76,92).

Tabela 2

Wartości średnie i zakres zmienności wybranych cech ilościowych wiechy głównej u mieszańców BC1 (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. oraz wartości średnie dla odmian matecznych
Mean values and variability range of some quantitative traits of main panicle in BC1 hybrids (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. and mean values for the maternal cultivars

Formy mateczne Mieszańce Maternal forms Hybrids	Długość wiechy Panicle length (cm)	Liczba kłosek Number of spikelets per panicle	Liczba ziarniaków Number of kernels per panicle	Masa ziarniaków Weight of kernels per panicle (g)	Płodność kłoska Fertility of spikelet	Masa 1000 ziarniaków 1000 kernels weight (g)	Zawartość białka ogółem w ziarniakach Total protein content in kernels (%)
<i>Avena sativa</i> L.							
cv. Chwat	20,60	76,92	139,50	4,29	1,86	30,93	14,00
cv. Dukat	21,53	63,67	120,73	3,88	1,90	32,21	13,93
cv. Dragon	20,05	57,30	110,47	3,77	1,92	34,50	16,69
cv. Góral	18,78	65,33	98,17	3,03	1,50	31,13	15,98
cv. Komes	19,58	45,40	90,77	2,78	2,00	30,79	14,83
<i>(Avena sativa</i> L. × <i>Avena maroccana</i> Gdgr.) × <i>Avena sativa</i> L.							
(Chwat × CN 43136) × Chwat	23,49 19,8–27,9	82,00 44–149	201,43 100–322	4,08 2,2–11,6	2,45 1,8–3,3	21,54 12,8–48,9	15,20 14,9–15,5
(Dukat × CN 39621) × Dukat	20,98 16,0–25,2	39,07 22–59	83,76 35–153	2,41 1,4–5,0	2,15 1,6–2,9	28,34 16,4–35,9	16,72 16,5–17,2
(Dragon × CN 39621) × Dragon	23,85 14,0–30,4	32,24 15–58	45,55 15–157	1,39 0,5–6,3	1,42 0,3–2,5	28,67 11,7–44,6	18,93 18,5–19,4
(Góral × Clav 8330) × Góral	17,04 11,2–21,0	43,18 18–82	83,89 18–232	2,20 0,4–5,4	1,83 0,6–2,6	24,78 13,8–36,5	16,38 15,9–16,7
(Komes × CN 39621) × Komes	19,21 15,7–23,7	39,57 20–66	72,80 22–138	2,02 0,6–4,2	1,84 0,7–2,9	27,24 16,6–35,9	16,80 15,7–16,0
NIR (p = 0,05)	1,87	10,10	28,72	0,86	0,32	4,75	1,95
LSD (p = 0,05)							

Średnia liczba ziarniaków w wieszce głównej analizowanych mieszańców była bardzo zróżnicowana i wahała się od 45,55 (Dragon × CN 39621 × Dragon) do 201,43 (Chwat × CN 43136 × Chwat). Obserwowano duże różnice pomiędzy roślinami w obrębie wszystkich kombinacji mieszańcowych. Największą zmienność tej cechy stwierdzono w kombinacji Chwat × CN 43136 × Chwat (od 100 do 322 ziarniaków) i (Góral × Clav 8330) × Góral (od 18 do 232). Mniejsze różnice, ale również istotne obserwowano porównując formy mieszańcowe z odmianami matecznymi. Mieszaniec (Chwat × CN 43136) × Chwat istotnie przewyższał odmianę pod względem analizowanej cechy, natomiast w wiechach kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon i (Dukat × CN 39621) × Dukat zanotowano istotnie mniej ziarniaków. Najwyższą średnią masę ziarniaków z wiechy głównej wśród mieszańców, zbliżoną do odmiany matecznej zanotowano dla kombinacji (Chwat × CN 43136) × Chwat (4,08 g). W obrębie tej kombinacji obserwowano największe różnice pomiędzy poszczególnymi roślinami sięgające 9,4 g. Wiechy dwóch kombinacji mieszańców dawały istotnie niższy plon ziarniaków niż odmiany mateczne. Dziedziczenie liczby i masy ziarniaków z wiechy jest skomplikowane i dużym stopniu zależy od czynników środowiskowych. Z licznych badań wynika, że wartości tych cech zależą

głównie od lokalizacji kwiatu zawiązującego ziarniaki w obrębie kłoska (Takeda, Frey, 1980; Palagyi, 1983).

Nie stwierdzono istotnych różnic wśród macecznych form rodzicielskich oraz pomiędzy analizowanymi mieszańcami pod względem średniej płodności kłoska (tab. 2). Wartość tej cechy wahała się od 1,42 do 2,45 u mieszańców, natomiast u odmian macecznych zawierała się w przedziale 1,50–2,00. Kombinacje mieszańcowe (Chwat × CN 43136) × Chwat i (Dukat × CN 39621) × Dukat charakteryzowały się istotnie wyższą płodnością kłoska niż odpowiednie odmiany owsa. Największe zróżnicowanie pod względem tej cechy obserwowano w obrębie kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon i (Komes × CN 39621) × Komes. Według Gąsiorowskiego i Cierniewskiej (1995) dla rolnictwa pożądane są odmiany, których kłoski zawiązują maksymalnie 2 ziarniaki w kwiatach pierwszorzędowych. Masa tysiąca ziarniaków testowanych kombinacji mieszańcowych wahała się od 21,54 do 28,67 g i była niższa średnio o 5,8 g w porównaniu z komponentami macecznymi. Odmiany były podobne pod względem średniej MTZ, natomiast pomiędzy mieszańcami zanotowano istotne różnice. W obrębie każdej kombinacji mieszańcowej obserwowano zmienność międzyosobniczą. Najbardziej jednorodna była kombinacja (Komes × CN 39621) × Komes zaś największe zróżnicowanie obserwowano wśród mieszańców kombinacji (Chwat × CN 43136) × Chwat.

Średnia zawartość białka ogółem w ziarniakach mieszańców wahała się od 15,20% (Chwat × CN 43136) × Chwat do 18,93% (Dragon × CN 39621 × Dragon). Wszystkie kombinacje mieszańcowe charakteryzowały się wyższą zawartością białka niż odpowiednie odmiany maceczne. Według niektórych autorów (Pomeranz i in., 1973; Elliot i in., 1985; Loskutov, 2000) procentowa zawartość białka u odmian uprawnych *A. sativa* wynosi od 12% do 15%. W badanych w pracy odmianach wartość tej cechy była nieco wyższa i mieściła się w przedziale 14,00–16,69%.

WNIOSKI

1. Koniugacja i segregacja chromosomów w mejozie u testowanych mieszańców międzygatunkowych owsa pokolenia BC₁ była mniej regularna niż u komponentów rodzicielskich. Mieszaniec (Góral × Clav 8330 × Góral) wyróżniał się spośród wszystkich odmian, form ojcowskich i pozostałych mieszańców, z wyjątkiem kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon istotnie wyższą frekwencją mikrojąder w tetradach.
2. Żywotność pyłku testowanych mieszańców była wysoka i zawierała się w przedziale od 96,90 do 99,61%. Ziarna pyłku wszystkich analizowanych kombinacji mieszańcowych charakteryzowały się większymi średnimi wymiarami niż u form rodzicielskich.
3. Najbardziej regularnym przebiegiem podziałów redukcyjnych oraz najwyższą żywotnością pyłku charakteryzował się mieszaniec (Komes × CN 39621) × Komes.
4. Pod względem większości analizowanych cech wiechy głównej, pozytywnie wyróżniała się kombinacja mieszańcowa (Chwat × CN 43136) × Chwat. U mieszańca

- (Dragon × CN 39621) × Dragon stwierdzono największą masę tysiąca ziarniaków oraz najwyższą procentową zawartość białka w ziarniakach pozbawionych plewki.
5. Stosunkowo regularna mejoza i wysoka żywotność pyłku oraz zróżnicowanie w obrębie kombinacji mieszańcowych pod względem wartości analizowanych cech plonotwórczych stwarza możliwość selekcji interesujących materiałów wyjściowych dla hodowli owsa.

LITERATURA

- Chae Y., Forsberg R. A. 1975. Inheritance of node, branch, and spikelet number in oat panicles. Diallel analysis of F₁ and F₂. *Crop Sci.* 15: 457 — 460.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E. 2003. Analiza molekularna i cytologiczna oraz ocena niektórych cech ilościowych mieszańców międzygatunkowych *Avena sativa* L. × *A. fatua* L. *Biul. IHAR* 230: 387 — 397.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E., Miazga D. 2004. Charakterystyka cytologiczna i molekularna niektórych gatunków z rodzaju *Avena*. *Rozprawy i monografie IGR PAN Genetyka w ulepszaniu roślin użytkowych*, Poznań: 67 — 74.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E., Kruk K. 2006. Ocena zróżnicowania genetycznego polskich odmian owsa (*Avena sativa* L.). *Acta Agrophysica* 8: 319 — 326.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E., Kruk K. 2007. Efektywność krzyżowań wstecznych mieszańców międzygatunkowych owsa. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 517: 819 — 826
- Elliot A. L., Thro A. M., Frey K. J. 1985. Inheritance of groat-oil content and several other traits in inter- and intra-specific oat mating. *Iowa State J. Research* 60: 13 — 24.
- Frey K.J. 1986. Genetic resources and their use in oat breeding. *Proc. of the 2nd Int. Oat Conf.* 1985, Aberystwyth, U.K.: 9 — 15.
- Gąsiorowski H., Cierniewska A. 1995. *Morfologia i anatomia*. W: *Owies — chemia i technologia*, PWRiL, Poznań: 36 — 46.
- Gornall R. J. 1977. Notes on the size and exine ornamentation of *Avena* pollen grains. *Can. J. Bot.* 55: 2622 — 2629.
- Guang-Bing D., Zhi-Fen P., Xu-Guang Z., Mao-Qun Y. 2005. Morphologic and cytogenetic characterization of F₁ from interspecies cross in oat. *Acta Agron. Sin.* 31: 1186 — 1191.
- Katsiotis A., Forsberg R. A. 1995 a. Production and cytogenetics of tetraploid-octoploid *Avena* hybrids. *Plant Breed.* 114: 137 — 143.
- Katsiotis A., Forsberg R. A. 1995 b. Pollen grain size in four ploidy levels of genus *Avena*. *Euphytica* 83: 103 — 108.
- Ladizinsky G. 1971. Chromosome rearrangements in the hexaploid oats. *Heredity* 25: 457 — 461.
- Leggett J. M. 1996. Using and conserving *Avena* genetic resources. *Proc. of 5th Int. Oat Conf.*, Canada, 128 — 132.
- Loskutov I. G. 2000. Some quality groat characters in oat wild species. *Proc. 6th Int. Oat Confer.*, Lincoln Univ., N.Z.: 248 — 253.
- Loskutov I. G. 2001. Interspecific crosses in the genus *Avena* L. *Rus. J. Genet.* 37: 467 — 475.
- McMullen M. S., Phillips R. L., Stuthman D. D. 1982. Meiotic irregularities in *Avena sativa* L./*A. sterilis* L. hybrids and breeding implications. *Crop Sci.* 22: 890 — 897.
- Paczos-Grzęda E. 2003. Pedigree, RAPD and simplified AFLP-based assessment of genetic relationships among *Avena sativa* L. cultivars. *Euphytica* 138: 13 — 22.
- Paczos-Grzęda E. 2003 b. Badania cytogenetyczne i molekularne mieszańców międzygatunkowych heksaploidalnego owsa *Avena sativa* L. × *Avena sterilis* L. oraz form wyjściowych. *Biul. IHAR* 229: 33 — 41.
- Palagyi A. 1983. Tertiary seed proportions in the grain yield of several oat varieties. *Cereal Res. Comm.* 11: 269 — 274.
- Petr F. C., Frey K. J. 1966. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. *Crop Sci.* 6: 259 — 262.

- Pomeranz Y., Youngs V. L., Robbins G. S. 1973. Protein content and amino acid composition of oat species and tissues. *Cereal Chem.* 50: 702 — 707.
- Rajhathy T., Thomas H. 1974. Cytogenetic of oats (*Avena L.*). Misc. Publ. Genet. Soc., No. 2. Ottawa, Ontario, Canada: 5 — 90.
- Stalker H. T. 1980. Utilization of wild species for crop improvement. *Advances in Agronomy* 33: 111 — 147.
- Takeda K., Frey K. J. 1980. Tertiary seed set in oat cultivars. *Crop Sci.* 20: 771 — 774.
- Thomas H., Al-Ansari N. 1980. Genotypic control of chromosome pairing in amphiploids involving the cultivated oat *Avena sativa L.* *Euphytica* 37: 37 — 45.