

EDYTA PACZOS-GRZĘDA**MARIA CHRZĄSTEK****DANUTA MIAZGA**

Instytut Genetyki i Hodowli Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie

Badania genetyczno-hodowlane mieszańców heksaploidalnego owsa *Avena sativa* L. × *Avena byzantina* Koch.

Genetic and breeding studies of hexaploid hybrids *Avena sativa* L. × *Avena byzantina* Koch.

Celem pracy były badania genetyczno-hodowlane nad mieszańcami heksaploidalnego owsa *Avena sativa* L. × *Avena byzantina* Koch. Do określenia mieszańcowego charakteru analizowanych kombinacji wykorzystano metodę RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). Z uwagi na duże podobieństwo genetyczne pomiędzy *A. sativa* i *A. byzantina* nie zidentyfikowano fragmentów DNA, które mogłyby potwierdzić mieszańcowy charakter analizowanych kombinacji. Stabilność cytogenetyczną mieszańców szacowano w oparciu o zachowanie się chromosomów w metafazie I, anafazie I oraz późnej telofazie II, a także na podstawie żywotności i wymiarów ziaren pyłku. Uzyskano wyniki świadczące o dobrej stabilności testowanych materiałów. Mieszańce były porównywane do form rodzicielskich pod względem niektórych cech ilościowych. Kombinacja Santor × *A. byzantina* przewyższała istotnie formy rodzicielskie pod względem średniej wysokości roślin i długości wiechy. Masa 1000 ziarniaków była wyższa u mieszańców niż u form wyjściowych. Ziarniaki mieszańcowe zawierały więcej białka ogółem w porównaniu z formą mateczną.

Słowa kluczowe: *Avena byzantina* Koch., *Avena sativa* L., mieszańce, mejoza, RAPD

The aim of the presented paper was genetic and breeding studies of F₂ hexaploid hybrids *Avena sativa* L. × *Avena byzantina* Koch. RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) method was used to confirm hybrid character of the analyzed cross combinations. Close similarity of *A. sativa* and *A. byzantina* was probably the reason of lack of DNA fragments, which could confirm hybrid pedigree of the analyzed forms. Behaviour of chromosomes in metaphase I, anaphase I and late telophase II of meiosis, viability and size of pollen grains were analyzed in order to estimate cytogenetic stability of the hybrids. The obtained results testify to good cytogenetic stability of the analyzed genotypes. The hybrids were compared to their parental forms regarding some quantitative traits. The plants of combination Santor × *A. byzantina* were significantly taller than the initial forms and had longer panicles. The weight of 1000 kernels of hybrids was higher than that of the initial forms. Kernels of the hybrids Santor × *A. byzantina* contained significantly more protein than the maternal variety.

Key words: *Avena byzantina* Koch., *Avena sativa* L., hybrids, meiosis, RAPD

WSTĘP

Wśród gatunków uprawnych owsa największe znaczenie ekonomiczne mają formy heksaploidalne: *Avena sativa* L. (owies zwyczajny) oraz *Avena byzantina* C. Koch. (owies bizantyjski). Na podstawie strukturalnego podobieństwa chromosomów oraz ich koniugacji w mieszańcach, skład genomowy wszystkich heksaploidów został opisany przez Rajhathego i Morrisona (1959) jako AACCCDD. Istnieje wiele kontrowersji odnośnie odrębności gatunków wśród heksaploidów. Ladizinsky i Zohary (1971) sugerują, że wszystkie heksaploidy należą do jednego gatunku *A. sativa*, natomiast według Rajhathego (1991) należy wyodrębnić cztery gatunki heksaploidalne, a mianowicie: *A. sativa*, *A. byzantina*, *A. fatua* i *A. sterilis*. Baum (1977), a następnie Leggett (1992) i Zeller (1998), wyróżniają siedem heksaploidów: *A. atheranta*, *A. fatua*, *A. hybrida*, *A. occidentalis*, *A. sativa*, *A. sterilis* oraz *A. trichophylla*. Z uwagi na duże podobieństwo morfologiczne do *A. sativa* autorzy nie wyodrębniają gatunku *A. byzantina*. Stosując markery morfologiczne, cytologiczne, izoenzymatyczne, a także molekularne Phillips i Murphy (1993), Zhou i wsp. (1999) oraz Jellen i Beard (2000) stwierdzili, że *A. sativa* i *A. byzantina* stanowią dwa różne ekotypy lub odmiany botaniczne, ale nie odrębne gatunki. Niemniej jednak genotypy określane nadal jako *A. byzantina* są często wykorzystywane w programach mających na celu wyprowadzenie materiałów wyjściowych do hodowli nowych odmian owsa zwyczajnego. U *A. byzantina* zidentyfikowano wiele interesujących genów, m.in. warunkujących odporność na rdzę koronową, skrzypionki zbożowe oraz niewrażliwość na długość dnia (Frey, 1986; Wight i in., 1994).

Celem pracy było potwierdzenie mieszańcowego charakteru kombinacji *Avena sativa* L. × *Avena byzantina* Koch przy pomocy metody RAPD oraz określenie stabilności cytogenetycznej mieszańców i ich ocena pod względem niektórych cech ilościowych.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem pracy były uzyskane w Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie mieszańce F₂ heksaploidalnego owsa:

- *Avena sativa* L. cv. Farys × *Avena byzantina* Koch.
- *Avena sativa* L. cv. Góral × *Avena byzantina* Koch.
- *Avena sativa* L. cv. Santor × *Avena byzantina* Koch.

oraz formy rodzicielskie: trzy polskie odmiany *A. sativa* L. i genotyp 50468 *A. byzantina* sprowadzony z Banku Genów IHAR w Radzikowie. Krzyżowanie roślin przeprowadzono w warunkach szklarniowych. Z kłosek w wiechach roślin matecznych, na kilka dni przed kwitnieniem, usuwano wszystkie kwiaty, pozostawiając jedynie pierwszy, z którego następnie wrywano pylniki. Tak przygotowane wiechy izolowano. Po około trzech dniach na dojrzałe znamiona nanoszono świeży pyłek z kwitnących roślin *A. byzantina*. W roku następnym ziarniaki mieszańcowe F₁ wysadzono w wazonach w hali wegetacyjnej AR w Lublinie. Jednocześnie dokonano rozmnożenia form rodzicielskich. Rośliny zebrano w fazie dojrzałości pełnej. W kolejnym roku na poletkach doświadczalnych Gospodarstwa Doświadczalnego Akademii Rolniczej w Czesławicach

wysiano mieszańce F_2 i formy wyjściowe. Doświadczenie polowe założono metodą bloków losowanych, w trzech powtórzeniach.

W trakcie wegetacji roślin młode wiechy do analizy mejozy oraz dojrzałe pylniki do oceny żywotności pyłku pobierano i utrwalano w roztworze Carnoya. Preparaty rozmazowe wykonywano 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. Frekwencję mikrojąder określono obserwując ok. 2500 tetrad u każdej z badanych form, zaś żywotność pyłku oceniano na podstawie stopnia wypełnienia cytoplazmą ok. 3000 ziarn pyłku każdej formy. Ziarna, w których cytoplazma stanowiła od 75 do 100% objętości klasyfikowano jako pyłek żywotny. Średnie wymiary pyłku ustalono mierząc długość i szerokość 50 ziaren z każdej formy.

Po zbiorze przeprowadzono ocenę laboratoryjną 30 losowo wybranych pojedynków z każdej formy rodzicielskiej oraz po 60 mieszańców. Ponieważ doświadczenie założono w trzech powtórzeniach z jednego poletka pobierano po 10 pojedynków form rodzicielskich lub po 20 mieszańców. Analizowano wysokość roślin, liczbę pędów produkcyjnych, długość wiechy, liczbę kłosek w wiesze, liczbę i masę ziarniaków z wiechy, płodność kłosa (liczba ziarniaków przypadających na jeden kłosek w wiesze) oraz MTZ (masa ziarniaków z wiechy / liczba ziarniaków z wiechy $\times$ 1000). Zawartość białka w ziarniakach oznaczono metodą Kjeldahla stosując przelicznik 5,7.

Ekstrakcję DNA przeprowadzono metodą Milligana (1992) dla każdego genotypu z pięciu koleoptyli kilkudniowych siewek. Amplifikację markerów RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) przeprowadzono zmodyfikowaną metodą Williamsa i wsp. (1990) (Paczos-Grzęda, 2003 a). Reakcje wykonywano w dwóch powtórzeniach dla każdej analizowanej formy, jednocześnie prowadząc reakcję kontrolną bez matrycy DNA. Uzyskane produkty rozdzielano na 1,5% żelu agarozowym z 0,01% EtBr w buforze TBE (89 mM Tris-borate, 2.5 mM EDTA) przez 2 h przy napięciu 100V. Rozdzielone fragmenty DNA stawały się widoczne po podświetleniu żelu na transiluminatorze UV. W celu dokumentacji wyników uzyskany obraz fotografowano na filmach Polaroid. Zdjęcia skanowano i analizowano.

Do analizy statystycznej otrzymanych wyników wykorzystano program opracowany przez Ośrodek Informatyki AR w Lublinie. Zastosowano test F-Snedecora, a istotności różnic pomiędzy obiektami stwierdzono przy pomocy wielokrotnych przedziałów ufności Tukeya.

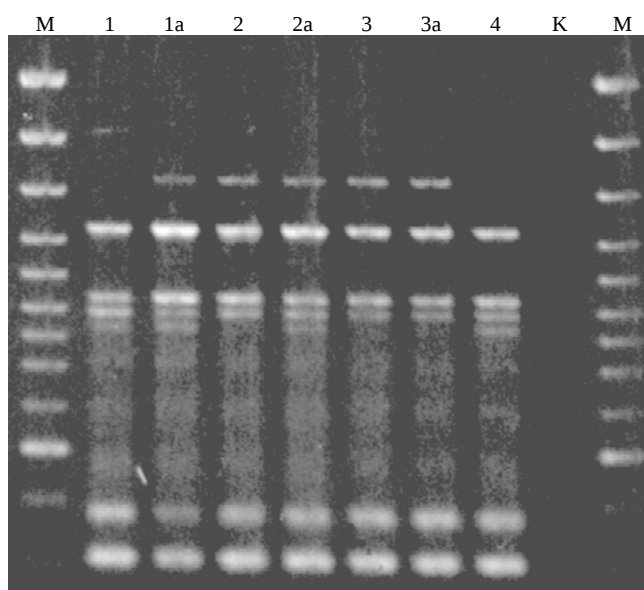
WYNIKI I DYSKUSJA

Według Souza i Sorrells (1991) *A. byzantina* może stanowić łatwo dostępne dla hodowców źródło zmienności. Dystans genetyczny pomiędzy odmianami owsa oceniony przez wyżej wymienionych autorów na podstawie cech ilościowych wskazuje, że pula genów odmian *A. byzantina* jest bardziej zróżnicowana niż pula genów odmian *A. sativa*. W programach hodowlanych *A. byzantina* wykorzystywany jest przede wszystkim jako dawca genów odporności na niektóre choroby. Gatunek ten stanowił również źródło genów

niewrażliwości na długość dnia w hodowli kanadyjskich odmian: Donald, Newman i AC Lotta (Wight i in., 1994).

W trakcie selekcji korzystnych genotypów z populacji mieszańców nieodzowne jest testowanie roślin pod względem stabilności cytogenetycznej, a zastosowanie technik molekularnej analizy DNA umożliwia skrócenie procesu hodowlanego pod warunkiem wcześniejszej identyfikacji stabilnych markerów, silnie sprzężonych z pożądanym genem lub genami.

U badanych w pracy mieszańców *A. sativa* × *A. byzantina* dla 80 testowanych starterów RAPD nie obserwowano amplifikacji odcinków DNA charakterystycznych wyłącznie dla *A. byzantina*. W DNA mieszańców sporadycznie identyfikowano fragmenty niewystępujące u żadnej z form rodzicielskich. Jednocześnie u mieszańców nie zawsze miała miejsce amplifikacja odcinków DNA, których obecność stwierdzono wcześniej u form wyjściowych (rys. 1).



Rys. 1. Obraz markerów RAPD amplifikowanych w obecności startera T02. 1-*A. sativa* cv. Farys, 1a-Farys × *A. byzantina*; 2-Góral, 2a-Góral × *A. byzantina*; 3-Santor, 3a-Santor × *A. byzantina*, 4-*A. byzantina*, K-kontrola, M-marker wielkości

Fig. 1. RAPD patterns obtained with the primer T02. 1-*A. sativa* cv. Farys, 1a-Farys × *A. byzantina*; 2-Góral, 2a-Góral × *A. byzantina*; 3-Santor, 3a-Santor × *A. byzantina*, 4-*A. byzantina*, K-control, M-marker

Pojawienie się bądź zanikanie niektórych odcinków może być związane z introgresją materiału genetycznego *A. byzantina*. Stosując metodę RAPD Chrzastek i Paczos-Grzęda (2003) zidentyfikowały fragmenty DNA charakterystyczne dla formy ojcowskiej u mieszańców *A. sativa* × *A. fatua*, zaś Paczos-Grzęda (2003 a) u *A. sativa* × *A. sterilis*.

Zachowanie się chromosomów w mejozie i żywotność pyłku u mieszańców *Avena sativa* × *Avena byzantina* oraz form wyjściowych
Chromosomes behaviour and pollen viability of *Avena sativa* × *Avena byzantina* hybrids and initial forms

[illegible]

Brak odpowiednio wysokiego poziomu polimorfizmu markerów RAPD, świadczy o dużym podobieństwie genetycznym *A. sativa* i *A. byzantina* oraz wskazuje na konieczność zastosowania metody identyfikującej wyższy polimorfizm np. AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) lub SSR (*Simple Sequence Repeats*).

W celu określenia stabilności cytogenetycznej otrzymanych mieszańców analizowano zachowanie się chromosomów w mejozie i żywotność pyłku. W metafazie I zarówno u form rodzicielskich, jak i u mieszańców chromosomy tworzyły głównie biwalenty (tab. 1). Najczęściej miały one kształt pierścieni, rzadziej występowały jako pręty. Wśród form rodzicielskich najmniej prętów obserwowano w płycie metafazowej cv. Santor (3,67%), a najwięcej u *A. byzantina* (6,53%). Częstotliwość prętów u mieszańców była większa aniżeli u form matecznych i wahała się od 5,48% w kombinacji Góral $\times$ *A. byzantina* do 6,57% dla Santor $\times$ *A. byzantina*. Różnice pomiędzy mieszańcami a formami rodzicielskimi pod względem średniej liczby prętów nie były istotne. W żadnej z analizowanych form nie obserwowano połączeń multiwalentnych, natomiast w nielicznych komórkach wszystkich mieszańców i u *A. byzantina* ze zbliżoną częstotliwością występowały uniwalenty. W tej postaci występowało od 0,09 do 0,38% chromosomów. Równie niewielką liczbę uniwalentów przypadających na jedną KMP odnotowali Mc Mullen i wsp. (1982) u mieszańców *A. sativa* $\times$ *A. sterilis* oraz Chrzastek i Paczos-Grzęda (2003) u *A. sativa* $\times$ *A. fatua*. Zachowanie się chromosomów w metafazie I wskazuje na biwalentną koniugację, o czym wcześniej informowali inni autorzy m.in. Thomas i Al-Ansari (1980).

Segregacja chromosomów w anafazie I przebiegała bez istotnych zakłóceń (tab. 1). We wszystkich analizowanych formach sporadycznie obserwowano chromosomy opóźnione i mosty chromatydowe. Największe różnice pod względem średniej liczby chromosomów opóźnionych odnotowano pomiędzy formami rodzicielskimi Santor (0,164) i *A. byzantina* (0,045). Wśród form mieszańcowych najwięcej zaburzeń stwierdzono w kombinacji Góral $\times$ *A. byzantina*.

Analizowane formy tworzyły najczęściej prawidłowo wykształcone tetrady (tab. 1). Rzadko obserwowano mikrojądra, a ich średnia liczba w tetradzie u mieszańców była zbliżona i zawierała się w przedziale od 0,01 do 0,02. Najwięcej mikrojąder w tetradach stwierdzono u odmiany Farys (0,04). Więcej mikrojąder w tetradach (1,17) obserwowali Mc Mullen i wsp. (1982) w mieszańcach *A. sativa* $\times$ *A. sterilis*.

Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy badanymi formami pod względem żywotności pyłku (tab. 1). Ziarna pyłku całkowicie wypełnione cytoplazmą stanowiły od 98,07% u cv. Farys do 99,43% u mieszańca Farys $\times$ *A. byzantina*. Średnie wymiary ziaren pyłku u testowanych mieszańców były mniejsze w porównaniu z formami rodzicielskimi, ale tylko w przypadku kombinacji Santor $\times$ *A. byzantina* różnice były istotne.

Niska frekwencja zaburzeń w mejozie i wysoka żywotność pyłku świadczą o dobrej stabilności cytogenetycznej analizowanych kombinacji mieszańcowych *A. sativa* $\times$ *A. byzantina*.

Na podstawie wyników uzyskanych w doświadczeniu polowym stwierdzono, że badane w pracy mieszańce różniły się między sobą i od form rodzicielskich pod względem niektórych cech ilościowych (tab. 2).

Tabela 2

Wartości średnie niektórych cech ilościowych mieszańców oraz form wyjściowych
Mean values of some quantitative traits in hybrids and parental forms

Formy wyjściowe, Mieszańce Initial forms, Hybrids	Wysokość roślin Plant height (cm)	Liczba pędów produkcyjnych Productive tillering	Długość wiechy Panicle length (cm)	Liczba kłosek w wieszce Number of spikelets per panicle	Liczba ziarniaków w wieszce Number of kernels per panicle	Masa ziarniaków w wieszce Weight of kernels per panicle (g)	Płodność kłoska Spikelet fertility	Masa tysiąca ziarniaków 1000 kernels weight (g)	Zawartość białka w ziarnie z łuską Protein content of kernel with husk (%)	Zawartość białka w ziarnie bez łuski Protein content of kernel without husk (%)
Formy wyjściowe Initial forms										
Farys	97,7	4,0	18,2	53,2	102,6	3,14	1,91	30,7	9,5	13,6
Góral	93,5	3,8	18,5	51,2	97,5	3,04	1,91	31,2	9,5	13,5
Santor	96,7	4,5	17,7	50,5	102,4	3,21	2,10	31,5	9,3	13,7
<i>A. byzantina</i>	98,8	4,1	17,9	43,8	80,2	2,47	1,80	30,9	9,7	13,2
Mieszańce Hybrids										
Farys × <i>A. byzantina</i>	100,7	4,2	19,4	52,2	92,9	2,96	1,80	31,9	12,2	14,5
Góral × <i>A. byzantina</i>	103,7	5,0	19,9	55,1	91,4	3,04	1,70	33,5	11,5	14,7
Santor × <i>A. byzantina</i>	112,9	3,8	21,4	53,6	101,8	3,60	1,90	35,2	11,0	15,1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	5,3	1,0	2,3	10,5	23,5	0,85	—	3,6	1,2	1,3

Wszystkie uzyskane mieszańce były wyższe od form rodzicielskich i miały dłuższą wiechę. Istotne różnice pod względem obu tych cech stwierdzono dla kombinacji Santor $\times$ *A. byzantina*. Spośród badanych genotypów istotnie więcej pędów produkcyjnych, w porównaniu z formą mateczną, wytwarzały rośliny uzyskane z krzyżowania Góral $\times$ *A. byzantina*. Wszystkie mieszańce, z wyjątkiem kombinacji Farys $\times$ *A. byzantina*, charakteryzowały się większą, w porównaniu z formami rodzicielskimi, liczbą kłosek w wiesze. Nie stwierdzono jednak istotnych różnic pod względem tej cechy pomiędzy odmianą mateczną a mieszańcami. Analizowane mieszańce nie różniły się istotnie od odmian, ani między sobą, pod względem liczby i masy ziarniaków z wiechy. Nie obserwowano również dużych różnic pod względem średniej płodności kłoska. Formy rodzicielskie zawiązywały w kłosku od 1,80 do 2,10 ziarniaków, natomiast liczba ziarniaków przypadających na kłosek u mieszańców wynosiła 1,70 (Góral $\times$ *A. byzantina*), 1,80 (Farys $\times$ *A. byzantina*) i 1,90 (Santor $\times$ *A. byzantina*). Masa tysiąca ziarniaków wszystkich kombinacji mieszańcowych była wyższa w porównaniu z formami rodzicielskimi, ale różnica ta była istotna tylko w przypadku kombinacji Santor $\times$ *A. byzantina*. Wszystkie formy rodzicielskie charakteryzowały się zbliżoną zawartością białka w ziarnie (13,2%–13,7%). Spośród mieszańców tylko w ziarniakach kombinacji Santor $\times$ *A. byzantina* stwierdzono istotnie więcej białka (15,1%) niż u formy matecznej. U analizowanych wcześniej mieszańców *A. sativa* $\times$ *A. fatua* zawartość białka w ziarnie bez łuski wynosiła 16,1% (Chrzastek, Paczos-Grzęda, 2003), natomiast u *A. sativa* $\times$ *A. sterilis* wahała się od 14,3% do 15,5% (Paczos-Grzęda, 2003 b).

WNIOSKI

1. Wyniki analiz molekularnych oraz cytologicznych przemawiają za hipotezą, że *A. sativa* i *A. byzantina* nie są odrębnymi gatunkami.
2. Polimorfizm DNA identyfikowany w analizowanym materiale metodą RAPD nie jest na tyle wysoki, aby potwierdzić mieszańcowy charakter badanych kombinacji.
3. Uzyskane w wyniku krzyżowania formy transgresywne pod względem cech ilościowych np. zawartości białka, świadczą o zróżnicowaniu alleli genów warunkujących te cechy u form rodzicielskich. Badane w pracy mieszańce mogą, więc stanowić cenny materiał wyjściowy do hodowli nowych odmian owsa.

LITERATURA

- Baum B. R. 1977. Oats: wild and cultivated. A monograph of the genus *Avena* L. (*Poaceae*). Monogr. No. 14. Canada Dep. of Agric. Supply and Services Canada, Ottawa, ON.
- Chrzastek M., Paczos-Grzęda E. 2003. Analiza molekularna i cytologiczna oraz ocena niektórych cech ilościowych mieszańców międzygatunkowych F2 *Avena sativa* L. $\times$ *Avena fatua* L. Biul. IHAR 230: 387 — 397.
- Frey K. J. 1986. Genetic resources and their use in oat breeding. In: Lawes D. A., Thomas H. (red.). Proc. of the 2nd Int Oat Conf. 1985, Aberystwyth, U.K.: 9 — 15.
- Jellen E. N., Beard J. 2000. Geographical distribution of a chromosome 7C and 17 intergenomic translocation in cultivated oat. Crop Sci. 40: 256 — 263.
- Ladizinsky G. 1970. Chromosomal rearrangements in hexaploid oats. Heredity 25: 457 — 461.

- Ladizinsky G., Zohary. 1971. Notes of species delimitation, species relationships and polyploidy in *Avena*. *Euphytica* 20: 380 — 395.
- Leggett J. M. 1992. Classification and speciation in *Avena*. In: S. Segoe (ed.), Oat science and technology. American Society of Agronomy. Agronomy Monograph No. 33, Madison, WI, USA: 29 — 52.
- McMullen M. S., Philips R. L., Stuthman D. D. 1982. Meiotic irregularities in *Avena sativa* L./ *A. sterilis* L. hybrids and breeding implications. *Crop Sci.* 22: 890 — 897.
- Milligan B. G. 1992. Plant DNA isolation. In: Molecular analysis of populations: a practical approach. IRL Press, Oxford, UK: 59 — 88.
- Paczos-Grzęda E. 2003 a. Badania cytogenetyczne i molekularne mieszańców międzygatunkowych heksaploidalnego owsa *Avena sativa* L. × *Avena sterilis* L. oraz form wyjściowych. *Biul. IHAR* 229: 21 — 32.
- Paczos-Grzęda E. 2003 b. Charakterystyka niektórych cech ilościowych mieszańców międzygatunkowych heksaploidalnego owsa *Avena sativa* L. × *Avena sterilis* L. oraz form wyjściowych. *Biul. IHAR* 229: 33 — 41.
- Phillips T. D., Murphy J. P. 1993. Distribution and analysis of isozyme polymorphism in North American cultivated oat germplasm. *Crop Sci.* 33: 460 — 469.
- Rajhathy T. 1991. The chromosomes of *Avena*. In: Gupta P. K., Tsuchiya T. (ed.) Chromosome engineering in plants: Genetics, Breeding and evolution. Elsevier Science Publishers, Netherlands: 449 — 467.
- Rajhathy T., Morrison J. W. 1959. Chromosome morphology in the genus *Avena*. *Can. J. Botany*, 37: 331 — 337.
- Souza E., Sorrells M. E. 1991. Relationships among 70 North American oat germplasms: II. Cluster analysis using qualitative characters. *Crop Sci.* 31: 605 — 612.
- Thomas H., Al-Ansari N. 1980. Genotypic control of chromosome pairing in amphiploids involving the cultivated oat *Avena sativa* L. *Euphytica* 37: 37 — 45.
- Wight C. P., Penner G. A., O'Donoghue L. S., Burrows V. D., Molnar S. J., Fedak G. 1994. The identification of random amplified polymorphic DNA markers for daylength insensitivity in oat. *Genome* 37: 910 — 914.
- Williams J. G. K., Kubelik A. R., Livak K. J., Rafalski J. A., Tingey S. V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.* 18 (22): 6531 — 6535.
- Zeller F. J. 1998. Nutzung des genetischen Potentials der *Avena*-Wildarten zur Verbesserung des Saathafters (*Avena sativa* L.). *J. Appl. Bot.* 72: 180 — 185.
- Zhou X., Jellen E. N., Murphy J. P. 1999. Progenitor germplasm of domesticated hexaploid oat. *Crop Sci.* 39: 1208 — 1214.