

ROMAN PRAŻAK

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie

Ocena tolerancyjności mieszańców międzygatunkowych pszenicy (*Triticum* sp.) na stres solny

Evaluation of salt stress tolerance in some interspecific hybrids of wheat (*Triticum* sp.)

Badano wpływ soli NaCl w koncentracjach 0 (kontrola), 10, 20, 50, 100, 200 mM na kiełkowanie nasion i wzrost siewek dziewięciu rodów mieszańcowych *Aegilops juvenalis* i *Aegilops ventricosa* z *Triticum durum* Desf. odm. Grandur i *Triticum aestivum* L. (odm. Arda, Begra, Panda, linia CZR). Reakcję na NaCl wybranych rodów mieszańcowych porównywano z reakcją komponentów rodzicielskich. Nasiona kiełkowano na bibule, w szalkach Petriego uzupełnionych pełną pożywką Hoaglanda z dodatkiem soli NaCl. Określono procent kiełkowanych nasion oraz maksymalną długość korzeni i koleoptyli siewek po 5-dniach wzrostu. Na podstawie pomiarów długości koleoptyle wyznaczono indeks tolerancji soli NaCl (I_T). Wysokie koncentracje soli NaCl nie wpływały negatywnie na energię i zdolność kiełkowania nasion, natomiast istotnie ograniczały wzrost korzeni i koleoptyli u wszystkich badanych form. Z przeprowadzonych badań wynika, że z dziewięciu analizowanych mieszańców dwa charakteryzowały się wyższym od pszenicznych komponentów rodzicielskich indeksem tolerancji, a sześć z nich charakteryzowało się niższym indeksem tolerancji jedynie od linii CZR 1406 o translokowanym chromosomie 1BL/1RS. Najwyższą tolerancyjnością na zasolenie charakteryzowały się mieszańce (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra i {[*Ae. juvenalis* × CZR 1406] × CZR 1406} × Panda × CZR 1406 oraz linia CZR 1406. Najmniej tolerancyjne okazały się siewki mieszańca [(*Aegilops ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda oraz pszenic Grandur i Panda. Prawdopodobnie, o wysokiej tolerancyjności form mieszańcowych z *Ae. juvenalis* decydowały geny żytnie formy rodzicielskiej CZR 1406, natomiast na niższą tolerancyjność mieszańców z *Ae. ventricosa* wpłynęły geny pszenic Grandur i Panda.

Słowa kluczowe: *Aegilops*, rody mieszańcowe, stres solny, tolerancyjność siewek, *Triticum*

The influence was studied of NaCl salt, at concentrations: 0 (control), 10, 20, 50, 100, 200 mM, on seed germination and seedling growth of nine hybrid strains obtained by crossing *Aegilops juvenalis* and *Aegilops ventricosa* with *Triticum durum* Desf. cv. Grandur and *Triticum aestivum* L. cvs. Arda, Begra, Panda, CZR 1406 line (1BL/1RS) translocated. Responses of the selected hybrid strains to NaCl were compared with reactions of their parental forms. Seeds were germinated on filter paper in Petri dishes, and moistened in Hoagland medium containing different concentrations of NaCl. Percentage of germinated seeds and maximal root and coleoptile length were assessed after five days of growth. Index of tolerance to salt treatments was calculated on the basis of coleoptile length. High salt concentration did not have negative influence on the seed germination but led to inhibition of root and coleoptile

elongation. Among nine hybrids two were characterized with higher tolerance index to NaCl salt than their wheat parental cultivars, and six had lower tolerance index only in relation to the CZR 1406 line. The seedlings of (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra and {[(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406 hybrids and the CZR 1406 line showed the highest tolerance of the salt stress. Most strongly NaCl inhibited coleoptile elongation in the [(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda hybrids and the Grandur and Panda cultivars' seedlings. Probably, high tolerance of hybrid forms with *Ae. juvenalis* germplasm was caused by the rye genes of parental form CZR 1406. Lower tolerance of the *Ae. ventricosa* hybrids was conditioned by the Grandur and Panda genes.

Key words: *Aegilops*, hybrid strains, salt stress, seedling tolerance, *Triticum*

WSTĘP

Zasolenie środowiska jest najczęściej spowodowane nadmiarem chlorku sodu, a związany z tym stres wynika głównie z niskiego potencjału wody otoczenia, co w konsekwencji prowadzi do utrudnień w jej pobieraniu przez roślinę. Stąd jego podobieństwo do stresu wywołanego przez suszę i inne czynniki powodujące deficyt wodny. Stres wynikający z niedosytu wody pogłębia się jeszcze w wyniku szkodliwego działania nadmiaru jonów Na^+ w komórkach. Wypierają one z błon jony Ca^{2+} powodując zmiany w przepuszczalności błon i wypływ jonów, zwłaszcza potasowych. Nienormalny wzrost stosunku Na^+/K^+ wpływa niekorzystnie na aktywność enzymów i hamuje syntezę białka (Szweykowska, 1997). Poza tym, znacznie podwyższone stężenie chloru w glebach działa degradująco zarówno na właściwości glebowe, jak i na rośliny (Kabata-Pendias i Pendias, 1999).

Zasolenie gleb może występować w sposób naturalny w wyniku wietrzenia skał, wypływu słonych wód na powierzchnię gleby, wybuchów wulkanów, mineralizacji związków organicznych, przenoszenia przez wiatr wody morskiej i jej rozpylania na ląd. Człowiek dodatkowo zwiększa zasolenie na skutek nadmiernego nawożenia mineralnego, emisji soli kopalnianych. Sól dostaje się do gleb również w wyniku stosowania jej przy odmrażaniu dróg oraz nawadnianiu pól wodami zasolonymi (Wilpiszewska, 1984; Grzesiuk i Koczowska, 1991). Woda stosowana do nawadniania wnosi w ciągu roku od 1 do 10 ton soli na hektar. W Australii zasolenie gleb spowodowane nawadnianiem przyczyniło się do wyłączenia z produkcji rolnej 2×10^5 ha gruntów, natomiast w Ameryce Północnej $3,2 \times 10^4$ ha. W Pakistanie do każdego irygowanego hektara dodaje się każdego roku 2 tony soli (Forster, 2001).

Źródłem wielu korzystnych genów tolerancyjności na stresy abiotyczne, w tym na suszę i zasolenie mogą być dzikie gatunki traw z rodzaju *Aegilops* (Gorham, 1990 a; Farooq i in., 1990, 1992). Naturalne środowiska, w których rosną są to tereny często zdegradowane, półpustynne. Kozieniec *Aegilops ventricosa* występuje w rejonie Basenu Morza Śródziemnego, natomiast *Aegilops juvenalis* można spotkać w południowo-azjatyckiej części byłego ZSRR i na Bliskim Wschodzie (Kimber i Feldman, 1987).

Celem przeprowadzonych badań była ocena tolerancyjności siewek mieszańców *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis* z *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L. na stres wywołany przez sól NaCl.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań było dziewięć rodów mieszańcowych generacji F_4 otrzymanych w wyniku krzyżowania *Ae. ventricosa* Tausch. (genomy *UnUnDD*) i *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. (*DDMMUU*) z *T. durum* Desf. (*AABB*) cv. Grandur, *T. aestivum* L. (*AABBDD*) cvs. Arda, Begra, Panda oraz linią CZR 1406 pszenicy heksaploidalnej (Stefanowska, 1995; Prażak, 1997). Linia CZR 1406 o translokowanym chromosomie 1BL/1RS została wytworzona przez Tarkowskiego w wyniku krzyżowania (*Lanca* × *S. cereale* L. 506) × *Lanca* (Tarkowski i in., 1994). Analizowano również wszystkie komponenty rodzicielskie biorące udział w powstaniu mieszańców. Skład genomowy podano za Kimber i Feldman (1987).

Nasiona badanych form kiełkowano na bibule Whatmana nr 10, w szalkach Petriego (10 nasion na szalkę) uzupełnionych pełną pożywką Hoaglanda z dodatkiem soli NaCl w koncentracjach: 0 (kontrola), 10, 20, 50, 100, 200 mM. Od momentu wysiewu do 5 dniowej siewki, kultury prowadzono w termostacie, w temperaturze 20°C. W każdej kombinacji wykonano po trzy powtórzenia. Po 2 dniach zbadano wpływ NaCl na energię kiełkowania nasion, a po 5 dniach oceniono zdolność kiełkowania nasion i dokonano pomiarów maksymalnej długości korzeni i koleoptyli. Na podstawie pomiarów długości koleoptyli 5 dniowych siewek wyznaczono indeks tolerancji soli NaCl (I_T):

$$I_T = \frac{\text{średnia długość koleoptyli roślin traktowanych NaCl}}{\text{średnia długość koleoptyli roślin kontrolnych}} \times 100\%$$

Wyniki opracowano statystycznie i przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunkach 1, 2. Kolejność analizowanych form w tabeli i na rysunkach jest taka sama. Istotność różnic oceniono za pomocą testu Tukeya przy $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania nie wykazały istotnego wpływu soli NaCl w stężeniach 10–200 mM na energię i zdolność kiełkowania nasion. Ocenę tolerancyjności oparto na pomiarze relatywnego zahamowania wzrostu siewek pod wpływem NaCl względem kontroli. W wysokich stężeniach sól NaCl silnie ogranicza rozwój systemu korzeniowego i części nadziemnej roślin (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Wykonane po 5-dniach inkubacji pomiary wykazały, że korzenie i części nadziemne siewek w kombinacjach z wysokimi koncentracjami soli, tj. 100 i 200 mM NaCl, były istotnie krótsze od kontroli (tab. 1). Odnotowano nieco słabszy wpływ NaCl na długość korzeni niż na część nadziemną siewek (tab. 1). Wzrost korzeni roślin w środowisku zasolonym jest ogólnie słabiej hamowany niż wzrost części nadziemnej, ponieważ korzenie łatwiej radzą sobie z niwelowaniem negatywnych skutków zwiększonego stężenia soli w środowisku (Kuiper i in., 1990). Poza zahamowaniem wzrostu i rozwoju siewek, nie obserwowano innych zaburzeń fizjologicznych czy uszkodzeń morfologicznych. Analizowane mieszańce różniły się między sobą barwą koleoptyli. Cecha ta jest dziedziczna i jako marker, może być wykorzystywana do ich identyfikacji (Drzewiecki, 1997). Koleoptyle mieszańców {[*(Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda (nr 1 i 2) miały barwę purpurową

podobnie jak koleoptyle *Ae. ventricosa*. Mieszańce (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra (nr 5–7) wytworzyły koleoptyle jasnopurpurowe jak *Ae. juvenalis*. Natomiast koleoptyle mieszańców [(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda (nr 3 i 4) i [(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda × CZR 1406 (nr 8 i 9) były jasnożółte podobnie jak koleoptyle pszenic.

Tabela 1

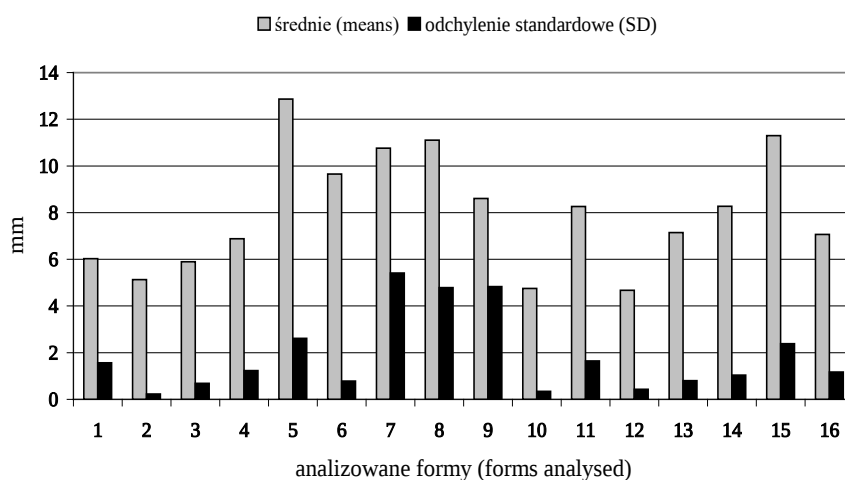
Wpływ soli NaCl na długość korzeni i koleoptyli 5-dniowych siewek mieszańców *Aegilops* z *Triticum* oraz ich form rodzicielskich
The effect of NaCl salt on the root and coleoptile length of 5-day seedlings of *Aegilops* and *Triticum* hybrids and their paternal forms

Analizowane formy Strains analyzed	Długość korzeni (mm) Root length (mm)						Długość koleoptyle (mm) Coleoptile length (mm)					
	NaCl (mM)						NaCl (mM)					
	0	10	20	50	100	200	0	10	20	50	100	200
1. {(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda} × Arda	60,59	49,93	43,52	42,74	25,00*	15,89*	36,59	32,23	30,63	25,26	17,72*	6,03*
2. {(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda} × Arda	55,08	43,64	43,56	38,24	30,21	11,25*	32,30	26,71	25,09	25,00	16,71	5,13*
3. [(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Panda	65,24	56,13	44,87	44,22	32,54*	17,65*	41,80	40,08	33,86	31,79	18,42*	5,90*
4. [(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Panda	59,00	47,63	45,19	40,57	36,70	16,57*	37,08	31,21	28,41	26,61	18,70*	6,88*
5. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	61,63	62,50	59,60	56,00	51,75	30,71*	45,15	44,67	43,25	36,77	26,50	12,86*
6. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	54,37	45,79	42,00	41,95	30,11*	19,06*	39,32	30,50	29,95	23,74	16,47*	9,65*
7. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	55,13	46,58	42,79	40,04	36,89	21,28*	39,59	38,80	38,11	31,12	22,04	10,76*
8. {(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406} × Panda	51,54	44,35	37,50	38,14	30,93	17,96*	38,04	38,62	30,91	27,83	16,41*	11,10*
9. {(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406} × Panda	54,12	47,40	36,04	31,12	27,52	17,67*	40,00	34,48	32,40	24,54	15,68	8,60*
10. <i>Ae. juvenalis</i>	36,33	34,00	28,16	26,34	16,20*	8,00*	30,75	29,75	26,33	22,64	16,07	4,75*
11. <i>Ae. ventricosa</i>	38,54	35,22	31,14	28,50	24,40	16,14*	34,30	30,00	26,91	26,16	19,17	8,26*
12. Grandur	66,26	47,46	46,00	39,29	27,33*	10,17*	39,22	27,31	26,93	24,33	16,64	4,68*
13. Arda	80,27	74,12	54,28	46,12	38,12*	22,06*	47,34	38,20	37,64	34,94	20,56*	7,15*
14. Begra	72,96	61,61	50,57	42,11	39,00	22,50*	48,21	45,71	42,86	31,54	25,93	8,27*
15. CZR 1406	64,68	53,50	52,93	45,85	44,00	22,52*	40,04	37,37	35,41	31,85	25,77	11,30*
16. Panda	88,36	76,14	53,63	58,37	40,70*	21,81*	46,89	41,76	37,18	36,40	23,93	7,07*

* Wynik istotnie różny od kontroli (0 mM NaCl)

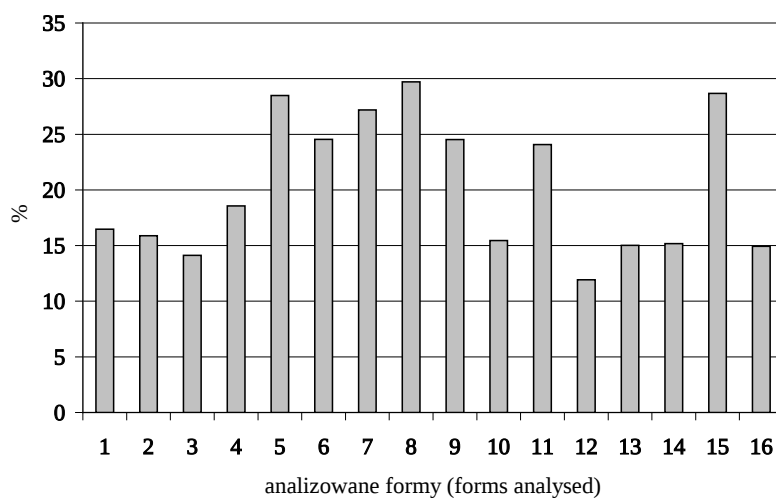
* Result significantly different in relation to the control (0 mM NaCl)

Mniejsza liczba korzeni 5-dniowych siewek w kombinacjach z większymi stężeniami soli wynikała z wolniejszego tempa ich rozwoju spowodowanego prawdopodobnie ograniczonym dostępem wody. W kontroli i niższych stężeniach soli NaCl siewki formowały najczęściej 4–5 korzenie, a w wyższych stężeniach rozwijały jedynie 3 korzenie.



Rys. 1. Wpływ soli NaCl w stężeniu 200mM na długość koleoptyli 5-dniowych siewek mieszańców *Aegilops* z *Triticum* (nr 1-9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), *Aegilops ventricosa* (nr 11) oraz pszenicznych komponentów rodzicielskich (nr 12-16). Przedstawiono wartości średnie i odchylenie standardowe międzygrupowe z 3 powtórzeń

Fig. 1. The effect of 200 mM NaCl salt on seedling coleoptile length of 5-day *Aegilops* × *Triticum* hybrids (nr 1-9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), *Aegilops ventricosa* (nr 11) and wheat parental components (nr 12-16). Means and SD of 3 replications are shown



Rys. 2. Indeks tolerancji 200 mM NaCl 5-dniowych siewek mieszańców *Aegilops* z *Triticum* (nr 1-9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), *Aegilops ventricosa* (nr 11) oraz pszenicznych komponentów rodzicielskich (nr 12-16)

Fig. 2. Tolerance index of 200 mM NaCl for the 5-days old *Aegilops* × *Triticum* hybrids (nr 1-9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), *Aegilops ventricosa* (nr 11) and wheat parental components (nr 12-16).

Według Gorhama i wsp. (1985) tolerancja na stres solny w płemieniu *Triticeae* jest prawdopodobnie związana z możliwością preferencyjnego pobierania kationów potasu kosztem sodu, nawet jeśli jony sodu występują w nadmiarze w środowisku zewnętrznym korzeni. Na podstawie badań nad liniami substytucyjnymi Chinese Spring z chromosomami *Lophopyrum elongatum* odnotowano, że cecha preferencyjnego pobierania kationów potasu kosztem sodu jest w wysokim stopniu skorelowana z tolerancją na zasolenie (Omielan i in., 1991, za Dworak i Gorham, 1992). Według Gorhama (1990 a) system ten występuje u pszenic diploidalnych i heksaploidalnych oraz u gatunków *Aegilops*. Gorham (1990 a) na podstawie analizy zawartości jonów sodu i potasu w częściach nadziemnych siewek kozińców stwierdził, że system preferencyjnego pobierania kationów potasu kosztem sodu odkryty u *Ae. squarrosa* (D) jest obecny u większości gatunków *Aegilops* zawierających genom D, a także M, U i T. Według autora cecha preferencyjnego pobierania kationów K⁺ kosztem Na⁺ jest w genomie D uwarunkowana przez geny dominujące, natomiast w genomie U przez geny nie mające charakteru dominującego. Autor analizował amfiploidy uzyskane z krzyżowań kozińców z pszenicami (*T. boeoticum*, *T. timopheevi*, *T. durum*) określając zawartość sodu i potasu w siewkach uzyskanych z hodowli na pożywkach zasolonych. W siewkach gatunków wrażliwych, przy zasoleniu przekraczającym 50 mM NaCl, zwiększała się akumulacja jonów Na⁺ i Cl⁻. Zawartość anionów Cl⁻ była bardziej związana z zawartością kationów Na⁺ niż odwrotnie.

Wśród badanych form najbardziej tolerancyjnymi na zasolenie okazały się mieszańce z *Ae. juvenalis* nr 8 i 5 (tab. 1, rys. 1, 2) oraz linia pszenicy heksaploidalnej CZR 1406 — nr 15. Wysoką tolerancją charakteryzowały się również pozostałe mieszańce z *Ae. juvenalis* (nr 6, 7 i 9). Natomiast mieszańce powstałe z udziałem *Ae. ventricosa* były mniej tolerancyjne od mieszańców z *Ae. juvenalis*, mimo, że przy najwyższym stężeniu 200 mM NaCl ich forma mateczna *Ae. ventricosa* (nr 11) był bardziej tolerancyjny od *Ae. juvenalis* (nr 10) (tab. 1, rys. 1, 2). *Ae. ventricosa* charakteryzował się również wyższą tolerancją od pszenic — Grandur (nr 12), Arda (nr 13), Begra (nr 14) i Panda (nr 16) oraz od mieszańców powstałych z jego udziałem (nr 1–4) (rys. 2). Ponieważ kozińce jako formy mateczne są dawcami cytoplazmy, może to świadczyć o większym wpływie genów jądrowych niż cytoplazmatycznych na tolerancję roślin na stres solny.

Prawdopodobnie, na wysoką tolerancję na zasolenie mieszańców z *Ae. juvenalis* miała wpływ linia CZR 1406 (tab. 1, nr 15) zawierająca geny chromosomu 1R żyta. Linia ta wykazała się wysoką tolerancją na zasolenie ustępując jedynie mieszańcowi {[*(Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406 (nr 8). Żyto jest mniej wrażliwe na niedobór wody (Niewiadomski, 1983), stąd być może, ujawnił się korzystny wpływ żytnich genów na tolerancję tej linii i jej mieszańców z *Ae. juvenalis*.

Najbardziej wrażliwą na zasolenie środowiska okazała się pszenica tetraploidalna Grandur (nr 12). U pszenic tetraploidalnych brak jest ekspresji genów związanych z preferencyjnym pobieraniem kationów potasu kosztem sodu, obecnych u pszenic heksaploidalnych na chromosomie 4D oraz u pszenic diploidalnych na chromosomie 4A (Gorham, 1990 b; Dworak i Gorham, 1992). Przypuszcza się, że w czasie ewolucji pszenic tetraploidalnych nastąpiła modyfikacja chromosomu A z tymi genami (Shang i in., 1989).

WNIOSKI

1. Wysokie koncentracje soli 100–200 mM NaCl silnie ograniczały wzrost siewek wszystkich badanych form. Natomiast nie zaobserwowano istotnego negatywnego wpływu badanych stężeń NaCl na kiełkowanie nasion.
2. Mieszańce powstałe z udziałem kozieńca *Ae. juvenalis* charakteryzowały się wyższą tolerancyjnością na stres solny od mieszańców z *Ae. ventricosa*. Wśród tych pierwszych korzystnie wyróżniły się dwa — {[*(Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406 (nr 8) i (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra (nr 5).
3. Nie zaobserwowano wpływu genów cytoplazmatycznych, wniesionych przez komponenty mateczne *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis*, na tolerancyjność mieszańców na stres solny. Prawdopodobnie wyższa tolerancyjność na zasolenie mieszańców powstałych z udziałem *Ae. juvenalis* wynika z wpływu genów żytnich wniesionych przez linię CZR 1406, natomiast niższa tolerancyjność mieszańców z *Ae. ventricosa* ma związek z genami wniesionymi przez pszenice Grandur i Panda.

LITERATURA

- Dwořák J., Gorham J. 1992. Methodology of gene transfer by homoeologous recombination into *Triticum turgidum*: transfer of K⁺/Na⁺ discrimination from *Triticum aestivum* L. Genome 35: 639 — 646.
- Drzewiecki J. 1997. Ocena tożsamości roślin rolniczych na podstawie cech nasion i siewek — stan obecny i nowe kierunki. Biul. IHAR 203: 7 — 22.
- Farooq S., Shah T.M., Iqbal N. 1990. Variation in cross ability among intergeneric hybrids of wheat and salt tolerant accessions of three *Aegilops* species. Cereal Res. Commun. 18/4: 335 — 338.
- 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. Cereal Res. Commun. 20/ 1–2: 111 — 118.
- Forster B. P. 2001. Mutation genetics of salt tolerance in barley: An assessment of Golden Promise and other semi-dwarf mutants. Euphytica, 120: 317 — 328.
- Gorham J. 1990 a. Salt Tolerance in the *Triticeae*: K / Na discrimination in *Aegilops* species. J. Exp. Bot. 41/226: 615 — 621.
- Gorham J. 1990 b. Salt tolerance in the *Triticeae*: K / Na discrimination in synthetic hexaploid wheats. J. Exp. Bot. 41/ 226: 623 — 627.
- Gorham J., Wyn Jones R. G., McDonnell E. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. Plant and Soil 89: 15 — 40.
- Grzesiuk S., Koczowska I. 1991. Fizjologiczne podstawy odporności roślin na choroby. Wyd. ART, Olsztyn: 205 ss.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa, ss. 398.
- Kimber G., Feldman M. 1987. Wild wheat: an introduction. College of Agriculture, University of Missouri, Columbia, Special Report 353: 1 — 146.
- Kuiper D., Suit J., Kuiper P. J. C. 1990. Actual cytokine concentrations in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereals. Plant and Soil 123: 243 — 250.
- Niewiadomski W. (red.) 1983. Podstawy agrotechniki. PWR i L, Warszawa: 763 ss.
- Prażak R. 1997. Zastosowanie kultur *in vitro* niedojrzałych zarodków w otrzymywaniu mieszańców międzyrodzajowych *Triticum* z *Aegilops*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 318 (50): 47 — 53.
- Shang X. M., Nguyen H. T., Jackson R. C. 1989. Heterochromatin differentiation and phylogenetic relationship of the A genomes in diploid and polyploidy wheats. Theor. Appl. Genet. 77: 84 — 94.

- 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.
- Szweykowska A. 1997. Fizjologia roślin. Wydaw. Naukowe UAM, Poznań: 241 ss.
- Tarkowski Cz., Masłowski J., Gruszecka D. 1994. The influence of wheat chromosome 1BL/1RS on toxic activity of aluminium ions. First Intern. Sem. „Cereals — Pathogen and Stress Factors Interaction”. Poznań: 80.
- Wilpiszewska J. 1984. Antropogeniczne procesy zasilania gleb a uszkodzenia i zaburzenia fizjologiczne roślin. Kosmos 3 (184): 325 — 338.