

ROMAN PRAŻAKInstytut Nauk Rolniczych w Zamościu
Akademia Rolnicza w Lublinie

Ocena tolerancyjności siewek mieszańców *Aegilops ventricosa* Tausch. i *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. z *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L. na toksyczne stężenie jonów glinu

Evaluation of seedling tolerance to toxic concentrations of aluminium ions in hybrids of *Aegilops ventricosa* Tausch. and *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. with *Triticum durum* Desf. and *Triticum aestivum* L.

Badano wpływ jonów glinu w koncentracjach 0 (kontrola), 5, 10, 20, 30, 40 mg dm⁻³, w środowisku zakwaszonym (pH 4,2), na kiełkowanie nasion i wzrost korzeni siewek ośmiu rodów mieszańcowych *Aegilops juvenalis* i *Aegilops ventricosa* z *Triticum durum* Desf. cv. Grandur i *Triticum aestivum* L. (cvs. Arda, Begra, Panda, linia CZR). Reakcję na glin wybranych rodów mieszańcowych porównywano z reakcją ich komponentów rodzicielskich i pszenicy Atlas 66. Nasiona kiełkowano na bibule, w szalkach Petriego uzupełnionych roztworem wodnym glinu. Określono procent skielkowanych nasion oraz maksymalną długość systemu korzeniowego. Na podstawie pomiarów długości systemu korzeniowego wyznaczono indeks tolerancji glinu (I_T) według zmodyfikowanego testu Wilkina (1978). W środowisku zakwaszonym wysokie koncentracje jonów glinu istotnie ograniczały wzrost systemu korzeniowego u wszystkich badanych form. Jony glinu nie wpływały na energię i zdolność kiełkowania nasion. Najwyższą tolerancyjnością na toksyczne stężenia jonów glinu charakteryzowała się pszenica Atlas 66 i *Aegilops ventricosa*. Mieszańce cechowała pośrednia tolerancyjność na glin. Najmniej tolerancyjne na glin okazały się siewki *Aegilops juvenalis* oraz pszenic Grandur i Begra.

Słowa kluczowe: *Aegilops*, glin, rody mieszańcowe, tolerancyjność siewek, *Triticum*

The effect of Al ions at concentrations of 0 (control), 5, 10, 20, 30, 40 mg dm⁻³, in acid environment (pH 4.2), on the seed germination and seedling roots growth was analyzed for eight 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 line (1B/1R), as well as for the parental forms and wheat Atlas 66. The samples of seeds were germinated on filter paper, in Petri dishes moistened with water solution with Al ions. Percentage of germinated seeds and maximal length of roots were determined. Index of tolerance was calculated by means of modified Wilkin's test (1978). The root length of the seedlings was limited radically with increase of Al ions concentration. Al ions did not influence the seed germination. The seedlings of Atlas wheat and *Aegilops ventricosa* showed the highest tolerance of aluminium ions. The hybrids strains were characterised with the middle reaction.

The most susceptible to this metal were *Aegilops juvenalis*, *Triticum durum* Desf. cv. Grandur and *Triticum aestivum* L. cv. Begra.

Key words: *Aegilops*, aluminium, hybrids, strains, seedling tolerance, *Triticum*

WSTĘP

Działalność hodowlana człowieka, ograniczyła znacznie zmienność roślin uprawnych, przyczyniając się do eliminacji wielu właściwości korzystnych dla przetrwania gatunku w warunkach naturalnych. Krzyżowania oddalone stanowią istotny etap w poszerzaniu tej zmienności i przenoszeniu pożądanych cech z form dzikich do uprawnych (Pilch i Głowacz, 1997). Gatunki z rodzaju *Aegilops* (kozieniec) są obiektem zainteresowania od szeregu lat, gdyż przedstawiają bogactwo wielu genów, które mogą być przydatne w hodowli pszenicy, m.in. genów tolerancyjności na toksyczne stężenia jonów glinu (Berzonsky i Kimber, 1989; Miller i in., 1993). Odmiany pszenicy o znacznej tolerancyjności na glin to prawie wyłącznie formy jare. Wyjątkiem jest ozima odmiana Atlas 66 wywodząca się z jarych form brazylijskich. Ze względu na jej pochodzenie, zimotrwałość tej odmiany jest niewystarczająca w naszych warunkach klimatycznych (Anioł, 1985). Natomiast zimotrwałość niektórych gatunków *Aegilops* dorównuje rodzimym odmianom pszenicy ozimej (Prażak, 1998).

Celem przeprowadzonych badań była ocena tolerancyjności na glin mieszańców *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis* z *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę tolerancyjności na glin mieszańców *Aegilops* z *Triticum* przeprowadzono w latach 1999–2000. Obiektem badań było osiem rodów mieszańcowych generacji F₃, otrzymanych w wyniku krzyżowania *Ae. ventricosa* Tausch. (genomy *UnUnDD*) i *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. (*DDMMUU*) z *T. durum* Desf. (*AABB*) odmiany Grandur, *T. aestivum* L. (*AABBDD*) odmian 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 i odmianę wzorcową Atlas 66. Pszenicę Atlas 66 uzyskano z Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie. Skład genomowy podano za Kimber i Feldman (1987).

Nasiona badanych form kielkowano na bibule Whatmanna nr 10, w szalkach Petriego (10 nasion na szalkę) uzupełnionych roztworem wodnym glinu (w formie $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) w koncentracjach: 0 (kontrola), 5, 10, 20, 30, 40 mg dm⁻³ (Chakravarty i Srivastava, 1992; Szymańska i Molas, 1996). Odczyn roztworów ustalono na poziomie pH 4,2. Od momentu wysiewu do 10 dniowej siewki, kultury prowadzono w termostacie, w temperaturze 25°C. W każdej kombinacji wykonano po pięć powtórzeń. Po 2 i 5 dniach zbadano wpływ glinu na energię i zdolność kiełkowania nasion. Na podstawie pomiarów długości systemu

korzeniowego 10 dniowych siewek wyznaczono indeks tolerancji glinu (I_T) według zmodyfikowanego testu Wilkinsa (1978):

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

Wyniki opracowano statystycznie i przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 1. Istotność różnic oceniono za pomocą testu Tukeya przy $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania nie wykazały istotnego wpływu jonów glinu na energię i zdolność kiełkowania nasion. W środowisku zakwaszonym obecność glinu silnie ogranicza rozwój systemu korzeniowego (Foy i in., 1978; Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Ocenę tolerancyjności oparto na pomiarze relatywnego zahamowania wzrostu siewek pod wpływem glinu względem kontroli. Wykonane po 10 dniach inkubacji pomiary wykazały, że korzenie siewek w kombinacjach z wysokimi koncentracjami glinu były istotnie krótsze od kontroli (tab. 1). Zahamowanie rozwoju systemu korzeniowego przez jony glinu powodowało indukcję korzeni przybyszowych i rozgałęzień bocznych. Pod wpływem wysokich stężeń glinu wierzchołki korzeni brunatniały i przestawały rosnąć, ulegając przy tym skróceniu, pogrubieniu i nekrozie. Spośród badanych form najwyższymi wartościami indeksu tolerancji glinu charakteryzowały się pszenica wzorcowa Atlas 66 i *Ae. ventricosa* (tab. 1, nr 16, 9). Mieszańce cechowała pośrednia tolerancyjność na jony glinu, wyższa od pszenicznych komponentów rodzicielskich i kozieńca *Ae. juvenalis*, ale niższa od *Ae. ventricosa* i pszenicy wzorcowej. Wśród nich wyróżniły się dwa mieszańce z *Ae. ventricosa* (tab. 1, nr 1, 3) oraz dwa mieszańce z *Ae. juvenalis* (tab. 1, nr 7, 8). Spośród form rodzicielskich jedynie linia pszenicy heksaploidalnej CZR 1406 (tab. 1, nr 14) przewyższała mniej tolerancyjne rody mieszańcowe (tab. 1, nr 2, 4, 5, 6). Prawdopodobnie większa tolerancyjność na glin mieszańca {[*Ae. juvenalis* × CZR 1406] × CZR 1406} × Panda × CZR 1406 (tab. 1, nr 8) w porównaniu do mieszańców (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra (tab. 1, nr 5–7) wynikała ze zwiększonego udziału genów linii CZR 1406 w jego genotypie. Tym bardziej, że komponent mateczny *Ae. juvenalis* okazał się najwrażliwszy na glin ze wszystkich badanych form (rys.1). Wysoki poziom tolerancyjności na glin u linii CZR 1406 stwierdzili również Tarkowski i wsp. (1994). Martin i Carrillo (1999) donoszą, że u linii *1BL/1RS* geny żytnie znajdujące się na ramieniu *1RS* mają większą wartość niż utracone geny pszenicy. Anioł i Gustafson (1984) zaobserwowali wzrost tolerancyjności na niskie poziomy glinu u wrażliwych odmian pszenicy z substytucją *1BL/1RS*. Chrzastek i wsp. (1995) nie stwierdzili żadnej tolerancyjności na glin u disomicznych linii addycyjnych *1R* Grana — Dańkowskie Złote. Autorzy lokalizują geny tolerancyjności na glin na chromosomie *3R* żyta i sugerują, że tolerancyjność obserwowana w liniach *1BL/1RS* pochodzi od genomu pszenicy.

Tabela 1

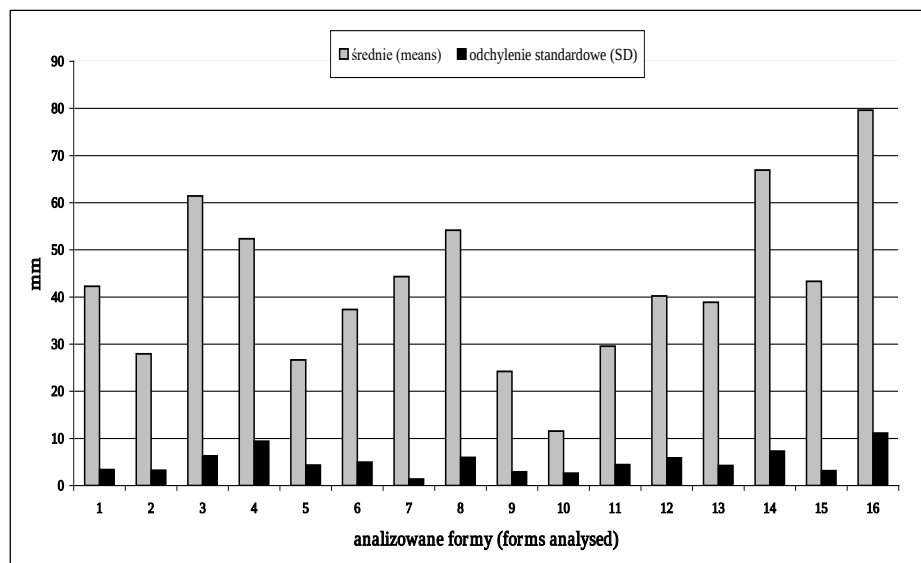
Reakcja systemu korzeniowego 10 dniowych siewek mieszańców *Aegilops* z *Triticum* oraz ich form rodzicielskich i pszenicy Atlas 66 na jony glinu w środowisku zakwaszonym (p H 4,2)
Reaction of 10-day seedlings root system of *Aegilops* and *Triticum* hybrids and their paternal forms and wheat Atlas 66 to aluminium ions in acid environment (p H 4.2)

Analizowane formy Strains analysed	Długość korzeni (mm) Length of roots (mm)						Indeks tolerancji (%) Tolerance index (%)					
	Al (mg/dm ³)						Al (mg/dm ³)					
	0	5	10	20	30	40	0	5	10	20	30	40
1. {(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Grandur × Panda} × Arda	124,16	120,26	97,49	70,79	42,31*	30,25*	100,00	96,86	78,52	57,02	34,08	24,36
2. {(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda} × Arda	119,18	101,54	72,29	56,24	28,00*	22,91*	100,00	85,20	60,66	47,19	23,49	19,22
3. {(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda} × Arda	126,12	118,00	99,16	65,57	61,12*	28,46*	100,00	93,56	78,62	51,99	48,46	22,57
4. [(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Panda	169,81	155,42	117,12	98,14	50,84*	29,95*	100,00	91,53	68,97	57,79	29,94	17,64
5. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	118,64	109,50	85,81	42,84	26,38*	21,32*	100,00	92,30	72,33	36,11	22,24	17,97
6. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	136,18	106,12	80,43	62,81	37,56*	26,71*	100,00	77,93	59,06	46,13	27,58	19,61
7. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	147,75	122,24	100,16	59,98*	44,35*	31,63*	100,00	82,73	67,79	40,60	30,02	21,41
8. {(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406} × Panda	165,27	156,14	110,25	81,71*	54,57*	38,56*	100,00	94,48	66,71	49,44	33,02	23,33
9. <i>Ae. ventricosa</i>	58,56	51,12	49,46	32,51	24,18*	16,91*	100,00	87,35	84,46	55,52	41,29	28,87
10. <i>Ae. juvenalis</i>	68,25	68,00	63,00	21,50*	11,50*	5,98*	100,00	99,63	92,31	31,50	16,85	8,76
11. Grandur	156,44	155,16	86,16	44,60*	29,60*	18,70*	100,00	99,18	55,08	28,51	18,92	11,95
12. Arda	179,00	161,75	136,18	84,33*	40,51*	30,41*	100,00	90,36	76,08	47,11	22,63	16,99
13. Begra	169,99	142,77	105,71	63,71*	39,38*	24,08*	100,00	83,99	73,95	37,48	23,17	14,16
14. CZR1406	200,00	149,00	119,90	99,44	66,67*	42,14*	100,00	74,50	59,95	49,72	33,34	21,07
15. Panda	174,00	164,26	118,16	76,47*	43,48*	29,83*	100,00	94,40	67,91	43,95	24,99	17,14
16. Atlas 66	165,16	158,29	134,81	109,48	78,85*	52,84*	100,00	95,84	81,62	66,28	47,74	31,99

* — Wynik istotnie różny od kontroli (0 mg dm⁻³ Al)

* — Result significantly different in relation to the control (0 mg dm⁻³ Al)

Anioł (2000) donosi, że badania przeprowadzone na czterech zestawach linii addycyjnych poszczególnych chromosomów żyta do pszenicy oraz dwóch zestawach linii substytucyjnych typu *D/R* u pszenżyta jednoznacznie wykazały, że gen (geny) warunkujące tolerancję na glin u żyta są zlokalizowane na chromosomie 3R. Prawdopodobnie wyższa tolerancja na glin linii *1BL/1RS* jest wynikiem mikrotranslokacji lub rekombinacji, które zaszły pomiędzy chromosomami pszenicy i żyta. Tolerancja na glin u pszenicy dziedziczy się jako cecha dominująca, uwarunkowana dwoma parami genów. Najważniejsze geny kontrolujące tę cechę u pszenicy heksaploidalnej są zlokalizowane na chromosomie 4D (Anioł, 2000).



Rys.1. Wpływ jonów glinu w stężeniu 30 mg/dm³ na długość korzeni siewek mieszańców *Aegilops* z *Triticum* (nr 1–8), *Aegilops ventricosa* (nr 9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), pszenicznych komponentów rodzicielskich (nr 11–15) oraz pszenicy Atlas 66 (nr 16). Przedstawiono wartości średnie i odchylenia standardowe międzygrupowe z 5 powtórzeń

Fig.1. Influence of aluminium ions in concentration 30 mg/dm³ on seedling root length of *Aegilops* × *Triticum* hybrids (nr 1–8), *Aegilops ventricosa* (nr 9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), wheat parental components (nr 11–15) and wheat Atlas 66 (nr 16). Means and SD of 5 replications are shown

W rodzaju *Aegilops* cecha tolerancji na glin jest uwarunkowana monogenicznie, a gen tolerancji na glin zlokalizowany jest na 3 chromosomie genomu *Un* (Berzonsky i Kimber, 1989; Millera i in., 1993). Stąd, prawdopodobnie, wyższa tolerancja na glin *Ae. ventricosa* niż *Ae. juvenalis*, u którego brak jest tego genomu. Zróżnicowana reakcja mieszańców *Ae. ventricosa* z *Triticum* wynika, według Berzonskyego i Kimbera (1989), z heterogeniczności pod względem tolerancji na glin, występującej u *Ae. ventricosa*. Zauważyli oni zróżnicowanie poziomu tolerancji na ten metal u otrzymanych przez siebie amfiploidów *Ae. ventricosa* z *T. turgidum* i *T. timopheevi*.

Niską tolerancją na toksyczne stężenia jonów glinu, oprócz *Ae. juvenalis*, charakteryzowały się również pszenice Grandur i Begra.

WNIOSKI

1. W środowisku zakwaszonym wysokie koncentracje jonów glinu silnie ograniczały wzrost systemu korzeniowego siewek u wszystkich badanych form. Natomiast nie zaobserwowano istotnego negatywnego wpływu glinu na kiełkowanie nasion.
2. Wśród analizowanych form nie znaleziono źródła tolerancji na glin lepszego od pszenicy Atlas 66. Kozieniec *Ae. ventricosa* charakteryzował się wprawdzie wyższą tolerancją na glin od form mieszańcowych i innego kozieńca *Ae. juvenalis*, ale nie dorównywał jednak pszenicy referencyjnej.
3. Rody mieszańcowe cechowała pośrednia tolerancja na glin. Wśród nich wyróżniły się mieszańce nr 1 i 3 — {[*(Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda, nr 7 — (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra oraz nr 8 {[*(Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406.
4. Prawdopodobnie na większą tolerancję na glin mieszańców powstałych z udziałem *Ae. ventricosa* miały wpływ geny kozieńca, natomiast na większą tolerancję mieszańców powstałych z udziałem *Ae. juvenalis* wpływały geny żytnie wniesione przez linię CZR 1406.

LITERATURA

- Anioł A. 1985. Podstawy hodowli roślin odpornych na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 156: 185 — 194.
- Anioł A. 2000. Genetyczne uwarunkowanie tolerancji zbóż na toksyczne działanie jonów glinu. III Krajowa Konferencja, pt. „Genetyczno-fizjologiczne i hodowlane aspekty reakcji roślin uprawnych na stresy wodno-mineralne”, 26 październik 2000, Poznań: 5.
- Anioł A., Gustafson J.P., 1984. Chromosome location of genes controlling aluminium tolerance in wheat, rye and triticale. Can. J. Genet. Cytol. 26: 701 — 705.
- Berzonsky W. A., Kimber G. 1989. The tolerance to aluminium of triticum *N*-genome amphiploides. Plant Breeding 103: 37 — 42.
- Chakravarty B., Srivastava S. 1992. Toxicity of some heavy metals *in vivo* and *in vitro* in *Helianthus annuus*. Mutation Research, 283: 287 — 294.
- Chrzastek M., Masłowski J., Miazga D. 1995. Lokalizacja genów kontrolujących tolerancję na jony glinu u żyta. Biul. IHAR 195/196: 313 — 316.
- Foy C. D., Chaney R. L., White M. C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 29: 511 — 566.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- Kimber G., Feldman M. 1987. Wild wheat: an introduction. College of Agriculture, University of Missouri, Columbia, Special Report 353: 1 — 146.
- Martin P., Carrillo J.M. 1999. Cumulative and interaction effects of prolamin allelic variation and of *1BL/1RS* translocation on flour quality in bread wheat. Euphytica 108: 29 — 39.
- Miller T. E., Reader S. M., Mahmood A., Purdie K. A., King J. P. 1993. Chromosome 3 *N* of *Aegilops uniariistata* a source of tolerance to high levels of aluminium for wheat. VIII International Wheat Genetics Symposium, 20–25 July, Beijing, China. Abstracts: 14.
- 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.

- 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.
- Prażak R. 1998. Zimotrwałość gatunków rodzaju *Aegilops* i *Triticum aestivum* L. w warunkach klimatycznych Polski wschodniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 463: 445 — 450.
- 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.
- Szymańska M., Molas J. 1996. The effect of aluminium on early development stages of *Cucumis sativus* L. Folia Hort., 8 (1): 73 — 83.
- 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 1994: 80.
- Wilkins D. A. 1978. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. New Phytol. 80: 623 — 633.