

MALGORZATA ZAWADA¹HELENA KUBICKA^{1,2}ALICJA KOMAR²¹ Ogród Botaniczny — Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej PAN, Warszawa² Katedra Technologii Produkcji Rolniczej, Politechnika Białostocka, Białystok

Wzrost siewek wybranych odmian żyta ozimego (*Secale cereale* L.) po traktowaniu jonami glinu

The growth of seedlings of some varieties of winter rye (*Secale cereale* L.) after aluminium treatment

W pracy badano działanie jonów glinu (w stężeniach: 0, 200, 400, 1000 μM) na wzrost korzeni zarodkowych i części nadziemnych pięciu odmian populacyjnych (Motto, Walet, Kier, Dańkowskie Złote, Dańkowskie Nowe) i trzech heterozygnych (Nawid, Luco, Klawo) żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Stwierdzono istotne różnice w długości korzeni, w zależności od odmiany i stężenia Al^{3+} . Odmiany heterozygne Luco i Klawo charakteryzowały się największą wrażliwością. Tolerancja na glin była najczęściej związana ze zdolnością do regeneracji systemu korzeniowego. W przypadku części nadziemnych wpływ glinu był znacznie mniejszy. Uzyskane wyniki badań oraz sposób prowadzenia testów hydroponicznych zostaną wykorzystane jako wzorcowe do dalszych doświadczeń nad testowaniem wysoce wsobnych linii żyta tolerancyjnych i wrażliwych na glin.

Słowa kluczowe: glin, odmiana, wrażliwość, żyto ozime

The effects of aluminium (Al) ions, applied at concentrations: 0, 200, 400, 1000 μM on growth of germinal roots and shoots in five population varieties (Motto, Walet, Kier, Dańkowskie Złote, Dańkowskie Nowe) and three hybrid varieties (Nawid, Luco, Klawo) of winter rye were examined. Significant differences in the length of roots, depending on a variety and concentration of Al^{3+} were found. Hybrid varieties Luco and Klawo were characterized by the highest sensitivity to Al^{3+} . The tolerance to aluminium was mostly associated with the ability of plants to regenerate the root system. In the case of shoot growth, the influence of aluminium was much less pronounced. The results obtained in the study as well as the experience in conducting hydroponic tests will be utilized in further experiments with inbred rye lines, both tolerant and sensitive to aluminium.

Key words: aluminium, sensitivity, varieties, winter rye

WSTĘP

Glin jest trzecim po tlenie i krzemie, najbardziej powszechnym w skorupie ziemskiej pierwiastkiem, składnikiem większości skał oraz minerałów pierwotnych i wtórnych (O'Neill, 1998). W glebie tworzy liczne kompleksy mineralne i organiczne, o różnym

stopniu hydratacji, w zależności od pH i składu podłoża (Gorlach i in., 1990). W środowisku kwaśnym (przy pH poniżej 5,0) występuje w formie kationowej, która jest jedyną formą ruchliwą i wtedy jako wolne jony tego pierwiastka może być pobierana przez rośliny, wpływając toksycznie na ich wzrost i rozwój (Foy, 1988). Na skutek wprowadzenia współczesnych technologii, produkujących duże ilości odpadów i ścieków, a także działalności agrotechnicznej i kwaśnych deszczy, dochodzi do coraz silniejszego zakwaszenia gleby. Wysokie dawki nawozów mineralnych, chemicznie lub fizjologicznie kwaśnych, przy braku nawożenia organicznego, dodatkowo intensyfikują ten proces (Anioł, 1985). Jest to przyczyną uruchomienia glinu, a przez to obniżania plonowania roślin uprawianych na glebach kwaśnych. Ma to szczególne znaczenie w naszym kraju, ponieważ blisko 2/3 powierzchni użytków rolnych stanowią gleby kwaśne i bardzo kwaśne (Boguszewski, 1980). Aby rozstrzygnąć ten problem należy wykorzystać jedno z rozwiązań — wapnowanie i hodowlę genotypów roślin tolerujących wysokie stężenia glinu w glebie. Wielu badaczy poszukiwało form tolerancyjnych na glin u roślin zbożowych (Anioł, 1985; Falfus i in., 1992; Stefanowska i Masłowski, 1996; Czembor i Wiewióra, 2001), poprzez jednorazowe testowanie. Nawiązując do tych badań, celem naszej pracy było określenie przyrostu korzeni zarodkowych i części nadziemnych (po 4 dniach) u odmian populacyjnych i heterozyjnych żyta ozimego (*Secale cereale* L.) oraz selekcja fenotypów tolerancyjnych i wrażliwych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na pięciu odmianach populacyjnych (Motto, Walet, Kier, Dańkowskie Żłote, Dańkowskie Nowe) i trzech heterozyjnych (Nawid, Luco, Klawo) żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Zastosowano test wzrostowy kultur wodnych, opracowany przez Anioła (1981). Wprowadzono modyfikację polegającą na różnych terminach pomiaru korzeni zarodkowych, po zastosowaniu glinu oraz okresu stresu i przeżywalności roślin.

Młode siewki badanych form (po 30 dla każdego genotypu) wykładano na powierzchnię plastikowej siatki, rozpiętej na ramkach z pleksiglasu, utrzymywanych na powierzchni cieczy styropianowymi pływakami tak, aby stykały się one swobodnie z pożywką, którą wypełniona była kuweta. Pożywka płynna, w której umieszczano rośliny zawierała glin w formie $\text{AlKSO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$. Aluminium zastosowano w koncentracjach 0 (kontrola), 200, 400, 1000 $\mu\text{M}/\text{dm}^3$. Pożywka płynna zawierała: 0,4 mM CaCl_2 ; 0,65 mM KNO_3 ; 0,25 mM $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$; 0,01 mM $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$, 0,04 mM NH_4NO_3 .

Doświadczenie przeprowadzano w temperaturze 25°C. Codziennie kontrolowano pH pożywek i doprowadzano je (w razie konieczności) do pH 4,0 za pomocą 1M HCl. Po 4 dniach mierzono długość korzenia zarodkowego siewek i powstałego kielka. Odczytywanie wyników ułatwiało barwienie korzeni 0,1% roztworem Eriochrom cyjaniny "R", który to specyficznie wiązał się z glinem absorbowanym przez korzenie w miejscu nagromadzenia. Barwienie korzeni zarodkowych przeprowadzano po 48 godzinach stosowania Al^{3+} . Korzenie, które nagromadziły glin wykazywały charakterystyczne, błękitne zabarwienie. W miarę wzrastającej koncentracji podawanego Al barwa stawała się bardziej

intensywna. Otrzymane wyniki, dla długości korzeni zarodkowych, opracowano za pomocą analizy dwuczynnikowej wariancji, a istotność weryfikowano testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Pierwsze objawy toksycznego działania glinu wykazuje strefa korzeniowa (Matsumoto, 1991; Ryan i in., 1992; Delheize i Ryan, 1995), stąd też podstawowym kryterium w ocenie tolerancyjności był stopień zahamowania wzrostu wierzchołkowych części korzeni zarodkowych, pod wpływem określonego stężenia Al^{3+} w pożywce.

Wykonana dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała istotne różnice w długości korzeni, w zależności od odmiany i stężenia Al^{3+} (tab. 1, 2, rys. 1, 2).

Tabela 1

Analiza wariancji dla długości korzeni odmian żyta po 4 dniach
Analysis of variance for the length of roots in varieties in rye after 4 days

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares
Stężenie Al (A) Concentration of Al (A)	3	3009,9**
Odmiany (B) Varieties (B)	7	12059,6**
A × B	21	2311,3**
Błąd Error	288	133,30

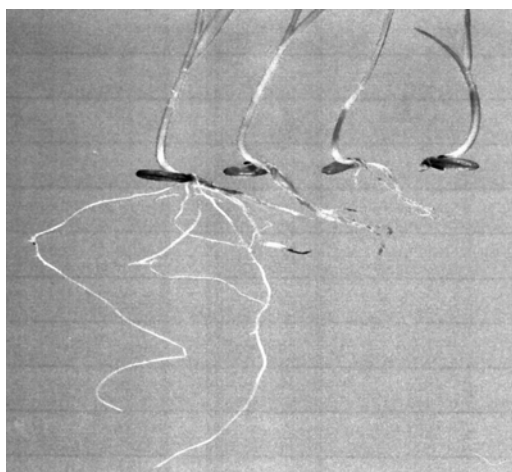
** Wartości istotne przy $\alpha = 0,01$

** Significant at $\alpha = 0.01$

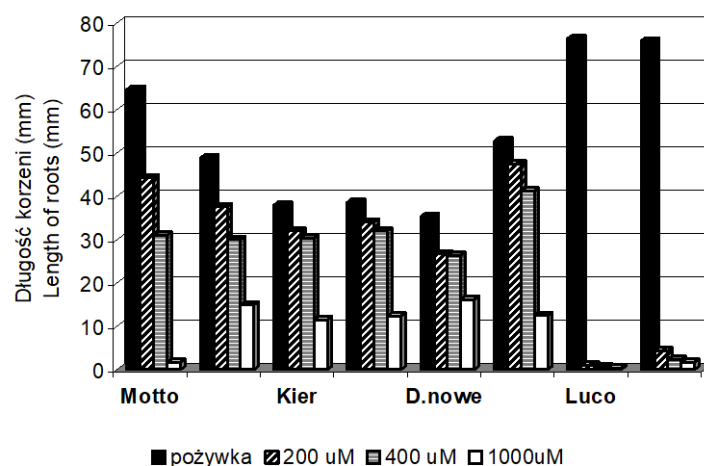
Tabela 2

Średnie długości korzeni (mm) dla odmian żyta
Mean length of roots in rye varieties

Odmiany Varieties	Pomiar po 4 dniach Measurement after 4 days			
	stężenie Al^{3+} concentration of Al^{3+}			
	kontrola control	200 μ M	400 μ M	1000 μ M
Populacyjne Population				
Motto	64,68	44,25	31,02	1,65
Walec	48,82	37,62	30,03	14,91
Kier	37,95	32,01	30,36	11,55
Dańkowskie Złote	38,61	34,02	32,01	12,33
Dańkowskie Nowe	35,31	26,73	26,43	16,20
Heterozyjne Hybrid				
Nawid	52,80	47,52	41,25	12,54
Luco	76,42	0,99	0,66	0,33
Klawo	75,9	4,29	2,31	1,65



Rys. 1. Zahamowanie wzrostu korzeni pod wpływem określonego stężenia glinu. Kontrola (0), 200 μ M Al., 400 μ M Al., 1000 μ M Al
Fig. 1. Stoppage of the growth of roots under the influence of a defined concentration of aluminium. Control (0), 200 μ M Al., 400 μ M Al., 1000 μ M Al

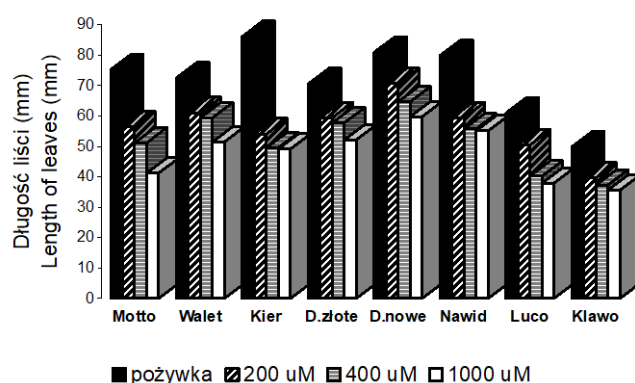


Rys. 2. Średnia długość korzeni odmian — pomiar po 4 dniach
Fig. 2. Mean length of roots in varieties of rye — measurement after 4 days

Spośród wszystkich badanych odmian, najbardziej tolerancyjną była Nawid, zaś najbardziej wrażliwe: Luco i Klawo. Obserwowano różnice w reakcji na glin w zależności od ośrodka, w którym wyhodowano daną odmianę. Odmiany hodowli „DANKO” (Motto, Walet, Kier, Dańkowskie Złote, Dańkowskie Nowe, Nawid), charakteryzowały się większą odpornością na działanie glinu, niż odmiany heterozyjne (Luco i Klawo) — pochodzące z IHAR.

Odmiany heterozyjne żyta uprawiane są na coraz większym areale, przykładowo w Niemczech, zajmują powierzchnię ponad 80%. W Polsce także zwiększa się powierzchnia pod uprawę tego typu odmian. Celowym było porównanie reakcji na glin wybranych odmian populacyjnych i heterozyjnych żyta (tab. 2). Zaobserwowano, że glin hamował wzrost elongacyjny korzeni w stężeniu 200 μM i powyżej. Rośliny badanych odmian, rosnące w roztworze glinu w stężeniach 200–1000 μM , zamierały po 20 dniach obserwacji, niezależnie od zastosowanej dawki Al. Stwierdzono także, że rośliny żyta wykazywały zdolność do wytwarzania nowych korzonków zarodkowych, które były zwykle krótsze. Zaobserwowano również znaczne zróżnicowanie w wielkości systemu korzeniowego u odmian. Do dalszej selekcji wybrano fenotypy mające najslabiej i najlepiej rozwinięty system korzeniowy. Osobniki te pochodziły z odmian Nawid, Luco i Klawo. Analogicznie, jak w badaniach Aniōła (1985) i Wiewióry (2001), w każdej populacji obserwowano pewien procent osobników wrażliwych i tolerancyjnych na jony Al. Ma to duże znaczenie w hodowli mieszańcowej odmian żyta, gdzie najistotniejsza jest tolerancyjność osobnicza komponentów wybranych do krzyżowań.

W przypadku części nadziemnych, glin w mniejszym stopniu powodował zahamowanie wzrostu, ale jednocześnie uwidoczniły się różnice w długości liści, w określonych stężeniach Al^{3+} (rys. 3, tab. 3).



Rys. 3. Średnia długość liści odmian żyta — pomiar po 4 dniach
Fig. 3. Mean length of leaves in varieties of rye — measurement after 4 days

Podobnie, jak w przypadku długości korzeni, odmiany heterozyjne Luco i Klawo odznaczały się najwyższą wrażliwością na działanie tego pierwiastka. W literaturze znajduje się niewiele informacji na temat działania glinu na części nadziemne, ponieważ jego toksyczne symptomy pojawiają się znacznie później (u brzoskwini po 27 dniach) (Borkowska, 1988). W naszym doświadczeniu wykazano, że w przypadku odmian żyta był to okres 20 dni.

Uzyskane wyniki badań pozwoliły określić przyrost korzeni zarodkowych i części nadziemnych u odmian żyta ozimego, po traktowaniu Al^{3+} .

Tabela 3

Średnie długości liści (mm) dla odmian żyta
Mean length of leaves in rye varieties

Odmiany Varieties	Pomiar po 4 dniach Measurement after 4 days			
	stężenie Al ³⁺ concentration Al ³⁺			
	kontrola control	200μM	400μM	1000μM
Populacyjne Population				
Motto	75,24	56,43	51,15	41,24
Walet	72,60	61,05	59,40	51,48
Kier	86,13	54,12	49,50	49,17
Dańkowskie Złote	70,62	59,40	57,75	52,14
Dańkowskie Nowe	80,90	70,62	64,88	59,73
Heterozyjne Hybrid				
Nawid	79,86	59,44	55,77	55,11
Luco	61,03	50,49	40,26	37,95
Klawo	49,83	39,60	37,29	35,64

WNIOSKI

1. Glin hamował wzrost korzeni zarodkowych i części nadziemnych w stężeniu 200μM i powyżej.
2. Badane odmiany żyta różnie reagowały na zastosowane dawki Al. Stwierdzono istotne różnice, we wrażliwości na glin, odmian populacyjnych i heterozyjnych. Odmiany populacyjne odznaczały się wyższą tolerancją na ten pierwiastek. Rośliny badanych odmian zamierały po 20 dniach obserwacji, niezależnie od koncentracji zastosowanego w pożywce glinu.
3. Odmiany żyta ozimego potraktowane związkiem glinu, w formie $AlKSO_4 \times 12H_2O$, wykazywały zdolność do wytwarzania nowych korzonków zarodkowych, które zwykle były krótsze.
4. Silniej rozwinięty system korzeniowy, u niektórych roślin, skorelowany był z cechą tolerancyjności na glin.

LITERATURA

- Anioł A. 1981. Metody określania tolerancyjności zbóż na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 143: 3 — 14.
- Anioł A. 1985. Podstawy hodowli roślin odpornych na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 156: 185 — 194.
- Boguszewski W. 1980. Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa.
- Borkowska B. 1988. Toksyczność glinu (Al). Wiad. Bot. 32/3: 157 — 166.
- Czembor H., Wiewióra M. 2001. Dziedziczenie tolerancji na toksyczne działanie glinu u wybranych odmian pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 220: 45 — 51.
- Delhaize E., Ryan P. R. 1995. Aluminium toxicity and tolerance in plants. Plant Physiology, 107: 315 — 321.

- Falfus F., Madej L., Anioł A. 1992. Tolerancja linii wsobnych żyta i mieszańców żyta na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR, 183: 135 — 140.
- Foy C. D. 1988. Plant adaptation to acid, aluminium-toxic soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 19: 959 — 987.
- Gallego F. J., Benito C. 1997. Genetic control of aluminium tolerance in rye (*Secale cereale* L.). Theor Appl Genet. 95: 393 — 399.
- Gorlach E. (red.). 1990. Metodyczne wskazówki do ćwiczeń z chemii rolnej. Pr. zbior. AR Kraków: 30 — 33.
- Matsumoto H. 1991. Biochemical mechanism of the toxicity of aluminium and the sequestration of aluminium in plant cells. In: Plant-soil interactions at low pH. R. J. Wright *et al.* (eds.), Kluwer Acad. Publ., Dordrecht: 825 — 838.
- O'Neill P. 1998. Chemia środowiska. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa — Wrocław.
- Ryan P., Shaff J., Kochian L. 1992. Aluminium toxicity in roots. Plant Physiology, 99: 1193 — 1200.
- Stefanowska G., Masłowski J. 1996. Tolerancja siewek mieszańców *Triticum* z *Aegilops ventricosa* i *Aegilops juvenalis* na toksyczne działanie jonów glinu (Al^{3+}). Biul. IHAR 197: 29 — 34.
- Wiewióra M. 1998. Tolerancja form pszenicy jarej z kolekcji Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 208: 61 — 66.
- Wiewióra M. 2001. Tolerancja polskich odmian pszenicy ozimej na toksyczne działanie glinu. Biul. IHAR 218/219: 169 — 177.