

HENRYK J. CZEMBOR

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Dziedziczenie tolerancji na toksyczne działanie glinu u wybranych odmian pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.)

The inheritance of tolerance to aluminum toxicity in some spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars

Ważnym czynnikiem ograniczającym możliwość uprawy pszenicy na glebach kwaśnych jest toksyczność glinu (Al). Celem badań było określenie sposobu dziedziczenia tolerancji na toksyczne działanie glinu i poszukiwanie źródeł tolerancji innych niż reprezentowany przez brazylijską odmianę pszenicy jarej BH 1146 mającej opisany już wcześniej gen *Alt_{BH}* na chromosomie 4D. Badano sposób dziedziczenia tolerancji na toksyczne działanie glinu w odmianach Quality (AUS) i Dong Nong (CHN). Stwierdzono, że tolerancja na glin uwarunkowana jest jednym genem dominującym podobnym do znanego genu *Alt_{BH}* wcześniej stwierdzonego w brazylijskiej odmianie BH-1146.

Słowa kluczowe: dziedziczenie tolerancji, pszenica, toksyczność glinu

Aluminium toxicity is an important factor limiting wheat production on acid soils. The purpose of this research was to find mode of inheritance of tolerance to aluminium toxicity and to find new sources of tolerance different from that represented by the Brazilian cultivar BH-1146. Inheritance of tolerance to aluminium toxicity was investigated in the spring wheat cultivars Quality (AUS), and Dong Nong 120 (CHN). The nutrient solution-screening test with 148 µM Al concentration was used. A single gene pair controls tolerance to aluminium toxicity in these cultivars. It represents the same source of tolerance as that found in the spring wheat BH-1146.

Key words: aluminium toxicity, inheritance of tolerance, wheat

WSTĘP

W Polsce odsetek gruntów ornych o kwaśnym odczynie szacuje się na poziomie 60%, z czego 24% to gleby o pH poniżej 4,5 (Boguszewski, 1980). Od dawna znany jest niekorzystny wpływ niskiego pH na plony zbóż (Anioł, 1989). W zakresie odczynu obojętnego i zasadowego glin występuje w glebie w formach nierozpuszczalnych. W miarę obniżania się pH glin przechodzi do toksycznych dla roślin form rozpuszczalnych

w roztworze glebowym. Najbardziej toksycznymi dla roślin są $\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}^{7+}$ (oznaczany potocznie Al_{13}) oraz $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ (Al^{3+}) (Kinraide, 1991).

Pierwsze i najbardziej symptomatyczne objawy szkodliwego działania glinu obserwuje się na korzeniach. Ulegają one skręceniu i zgrubieniu, a wzrost elongacyjny zostaje spowolniony lub całkowicie zahamowany. Lługany i wsp. (1995) obserwowali spowolnienie wzrostu korzeni u wrażliwej kukurydzy już w ciągu 30 minut. Wtórnymi efektami uszkodzenia korzeni przez glin jest ograniczone pobieranie składników mineralnych i podwyższona wrażliwość na suszę wywołana niemożnością pobrania wody z głębszych warstw gleby.

Większość tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu odmian pszenicy pochodzi z Brazylii, gdzie występowanie gleb kwaśnych jest powszechne. Najbardziej znaną jest odmiana pszenicy jarej BH 1146, którą używa się na świecie jako wzorzec tolerancyjności na glin w badaniach genetycznych, fizjologicznych oraz pracach hodowlanych. Odmiana BH 1146 autorstwa Ildefonso Correia powstała w wyniku krzyżowania $\text{PG1} \times \text{Fronteira} \times \text{Mentana}$ i została zarejestrowana w Brazylii w 1955 roku. Uprawiana była do późnych lat osiemdziesiątych (Camargo, Filho, 2000).

Polskie odmiany pszenicy jarej wykazują niską tolerancję na toksyczne działanie glinu i nie nadają się do uprawy na glebach o znacznym stopniu zakwaszenia ($\text{pH} < 5,5$), a co za tym idzie z dużą ilością aktywnych, toksycznych form glinu (Wiewióra, 1999).

Celem podjętej pracy jest określenie sposobu dziedziczenia tolerancji na glin u dwóch odmian pszenicy jarej oraz poszukiwanie źródeł odporności różnych od reprezentowanego przez brazylijską odmianę BH 1146.

MATERIAŁ I METODA

Do badań wzięto dwie tolerancyjne odmiany pszenicy jarej: Quality (Australia) i Dong Nong 120 (Chiny), które zostały wyselekcjonowane na podstawie testów wrażliwości na glin ponad 1600 obiektów zgromadzonych w Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie (Wiewióra, 1998).

Do określenia tolerancji na toksyczne działanie glinu zastosowano metodę kultur wodnych dla roślin zbożowych opracowaną przez Anioła w Pracowni Stresu Mineralnego IHAR (Anioł, 1981, 1985). Metoda polega na pomiarze odrostu korzeni głównych po 24-godzinny stresie glinowym. Określenie odrostu możliwe jest dzięki wybarwieniu korzeni Eriochrom cyjaniną R. Tak określona tolerancja w wystarczającym stopniu koreluje z reakcją roślin na toksyczność glinu w warunkach polowych (Fisher, Scott, 1983).

Badane odmiany o wysokiej tolerancji krzyżowano z wrażliwą odmianą Jasna, której korzenie zamierały już w stężeniu glinu w pożywce wynoszącym $148 \mu\text{M}$ (Wiewióra, 1999). Wykonano także krzyżowania badanych odmian z wzorcową przedstawioną powyżej metodą hydroponiczną. Uzyskane wyniki poddano opracowaniu statystycznemu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Tolerancyjność odmian rodzicielskich na toksyczne działanie jonów glinu oceniono przy stężeniu Al w pożywce wynoszącym 148 μM . Odmiany tolerancyjne wykazały odrost 100% badanych siewek. Dla wrażliwej odmiany Jasna stężenie 148 μM Al jest najniższym stężeniem powodującym zahamowanie wzrostu i nieodwracalne uszkodzenie korzeni wszystkich siewek (tab. 1).

Tabela 1

Tolerancja badanych odmian na stężenie 148 μM glinu w pożywce
Tolerance of the investigated varieties to the 148 μM Al concentration in nutrient medium

Odmiana Variety	Liczba siewek tolerancyjnych Number of tolerant seedlings	Liczba siewek wrażliwych Number of sensitive seedlings	Procent siewek tolerancyjnych Percent of tolerant seedlings	Odrost korzenia głównego (mm) Primary root regrowth (mm)
Jasna	0	44	0	0
BH 1146	45	0	100	19,1
Quality	46	0	100	17,6
Dong Nong 120	48	0	100	14,1

Mieszaniec F_1 z kombinacji krzyżowań odmian tolerancyjnych z wrażliwą odmianą Jasną, odmian tolerancyjnych z wzorcową BH 1146 oraz odmian tolerancyjnych między sobą wykazywały odrost 100% siewek w stężeniu glinu 148 μM .

Uzyskane w warunkach polowych populacje pokolenia F_2 poddano testowi w kulturach wodnych w stężeniu Al w pożywce wynoszącym 148 μM . Stężenie zostało ustalone na poziomie 148 μM w celu wyodrębnienia wszystkich mieszańców o tolerancji na glin wyższej od wrażliwej odmiany Jasna. Wyniki testowania pokolenia F_2 przedstawiono w tabeli 2. W ocenie populacji mieszańcowych F_2 pochodzących z krzyżowań odmiany wrażliwej Jasna z odmianami tolerancyjnymi uzyskano ponad 72% siewek tolerancyjnych i 28% siewek wrażliwych, co pozwalało wysunąć hipotezę, że tolerancja na glin u badanych odmian, podobnie jak u wzorcowej HB 1146, jest warunkowana przez jeden gen dominujący.

Tabela 2

Segregacja pokolenia F_2 na siewki tolerancyjne i wrażliwe na glin w stężeniu 148 μM Al
The segregation into aluminium tolerant and aluminium sensitive seedlings in F_2 at the 148 μM Al concentration

Kombinacja Cross	Liczba siewek Number of seedlings			Stosunek tolerancyjnych do wrażliwych Ratio tolerant to sensitive	Prawdopodobieństwo Probability P
	badanych tested	tolerancyjnych tolerant	wrażliwych sensitive		
Dong Nong 120 $\times$ Jasna	298	216	82	3: 1	0,30–0,50
Quality $\times$ Jasna	254	182	72	3: 1	0,10–0,30
BH 1146 $\times$ Jasna	276	211	65	3: 1	0,50–0,70
Dong Nong $\times$ BH 1146	188	188	0		
Quality $\times$ BH 1146	212	212	0		
Quality $\times$ Dong Nong	252	252	0		

Lagos i wsp. (1991) stwierdzili, że za tolerancję na toksyczne działanie glinu w odmianie BH-1146 odpowiedzialny jest jeden gen dominujący, a potwierdzeniem tego są uzyskane w przedstawionych badaniach wyniki oraz wyniki opisane wcześniej przez autora (Czembor i Wiewióra, 2001). Na podstawie analizy monosomicznej Lagos i wsp. (1991) stwierdzili, że gen ten znajduje się na chromosomie 4D. Riede i Anderson (1996) określili metodą RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), że gen ten znajduje się na długim ramieniu (L) chromosomu 4D i zaproponowali dla niego nazwę *Alt_{BH}*. Wcześniejsze badania innych autorów sugerowały, że tolerancja na glin dziedziczy się przez dwa niezależne geny dominujące z wysokim efektem addytywnym (Nodari i in., 1982; Camargo, 1981, 1984). Anioł (1991) krzyżował tolerancyjne odmiany BH-1146, Preludio, Carazinho i Fielder z ozimą pszenicą Grana. Rozszczepienia w pokoleniu F₂ wykazały warunkowanie tolerancji przez dwa geny. Nie stwierdzono natomiast różnic między badanymi odmianami.

Różnice w liczbie genów warunkujących tolerancję na toksyczne jony glinu uzyskane przez różnych autorów można tłumaczyć różnicami w stosowanych metodykach badań, różnicami w stężeniach glinu w pożywce i czasie ekspozycji, a także różnymi komponentami używanymi do krzyżowań. Szczególnie ważne jest ustalenie granicznego stężenia glinu w pożywce do testowania segregujących populacji, tak, aby możliwe było wyodrębnienie wszystkich mieszańców o tolerancji wyższej od rodzica wrażliwego. Inni autorzy obserwowali różnice w ekspresji tolerancji na glin pomiędzy odmianami tolerancyjnymi i umiarkowanie tolerancyjnymi tłumacząc to prawdopodobnym działaniem genów modyfikatorów, takich jak zidentyfikowane przez Anioła i Gustafsona (1984) w odmianie Chinese Spring na chromosomach 6AL, 7AS, 2DL, 4DL i 7D.

Nie stwierdzono segregacji pokolenia F₂ uzyskanego z kombinacji krzyżowań BH-1146 z badanymi odmianami tolerancyjnymi, co pozwala wnioskować, że mają takie same lub blisko z sobą sprzężone geny warunkujące tolerancyjność na glin. Podobnie, nie stwierdzono rozszczepień przy testowaniu pokoleń F₂ kombinacji krzyżówkowych badanych odmian między sobą, co oznacza, że odmiany Quality i Dong Nong 120 mają identyczne geny tolerancji na glin. Podobny charakter genetycznego uwarunkowania tolerancji na glin mają wcześniej opisane przez autora odmiany: Carazinho, Ruivo i Trigo des Acores (Czembor i Wiewióra, 2001).

WNIOSKI

1. Tolerancja na toksyczne działanie glinu w odmianach BH-1146, Quality i Dong Nong 120 jest warunkowana jednym genem dominującym.
2. Wszystkie badane odmiany reprezentują takie samo źródło tolerancji, jak używany powszechnie standard tolerancji BH-1146.

LITERATURA

- Anioł A. 1981. Metody określania tolerancyjności zbóż na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 243: 3 — 14.
- Anioł A. 1985. Podstawy hodowli roślin odpornych na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 156: 185 — 193.
- Anioł A. 1989. Podstawy hodowli zbóż tolerancyjnych na niskie pH gleby. Biul. IHAR 171/172: 215 — 220.
- Anioł A. 1991. Genetics of acid tolerant plant. In: Plant-soil interactions at low pH. R. J. Wright (eds.). Kluwer Acad. Publ.: 1007 — 1017.
- Anioł A., Gustafson J. P. 1984. Chromosome location of genes controlling aluminum tolerance in wheat, rye and triticale. Can. J. Genet. Cytol. 26: 701 — 705.
- Boguszewski W. 1980. Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa.
- Camargo C. E. O. de 1981. Wheat improvement. I. The heritability of tolerance to aluminum toxicity. Bragantia 40: 33 — 45.
- Camargo C. E. O. de 1984. Wheat improvement. VI. Heritability studies on aluminum tolerance using three concentrations of aluminum in nutrient solutions. Bragantia 43: 279 — 291.
- Camargo C. E., Filho A. W. 2000. Sao Paulo State, Brazil Wheat Pool. In: The world wheat book. Bonjean A. P., Angus W. J. (eds.). Lavoisier Publishing: 550 — 577.
- Czembor H. J., Wiewióra M. 2001. Dziedziczenie tolerancji na toksyczne działanie glinu u wybranych odmian pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 220: 45 — 51.
- Fisher J. A., Scott B. J. 1983. Breeding wheats for tolerance to acid soils. Proc. Austr. Breeding Conf. Adelaide: 333.
- Kinraide T. B. 1991. Identity of the rhizotoxic aluminium species. Plant and Soil 134: 167 — 178.
- Lagos M. B., Fernandes M. I. M., Camargo C. E. O. de, Federizzi L. C., Carvalho F. I. F. 1991. Genetics and monosomic analysis of aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Rev. Brasil. Genet. 14: 1011 — 1020.
- Llugany M., Poschenrieder C., Barcelo J. 1995. Monitoring of aluminium-induced inhibition of root elongation in four maize cultivars differing in tolerance to aluminium and proton toxicity. Physiol. Plant. 93: 265 — 271.
- Nodari R. O., Carvalho F. I. F., Federizzi L. C. 1982. Genetic bases of the inheritance of Al-toxicity tolerance in wheat genotypes. Pesq. Agropec. Bras. 17 (2): 269 — 280.
- Riede C. R., Anderson J. A. 1996. Linkage of RFLP markers to an aluminium tolerance gene in wheat. Crop Sci. 36: 905 — 909.
- Wiewióra M. 1998. Tolerancyjność form pszenicy jarej z Banku Genów IHAR Radzików na toksyczne działanie jonów glinu. Komunikat. Biul. IHAR 208: 61 — 66.
- Wiewióra M. 1999. Tolerancyjność polskich odmian i rodów pszenicy jarej na toksyczne działanie glinu. Biul. IHAR 212: 59 — 64.