

MARIUSZ WIEWIÓRA

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Tolerancyjność polskich odmian pszenicy ozimej na toksyczne działanie glinu

Aluminium tolerance of the Polish varieties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Badaniom tolerancji na toksyczne działanie glinu poddanych zostało 25 odmian i 28 rodów pszenicy ozimej. Do testów zastosowano metodę kultur wodnych dla roślin zbożowych. Sześć z badanych odmian (Elena, Izolda, Gama, Kobra, Sakwa i Mikon) oraz dziesięć rodów (MOB 595, STH 796, LAD 594, MIB 496, AND 1796, CHD 996, MIB 697, STH 1096, STH 996, MIB 597) toleruje stężenie glinu w pożywce wynoszące 4 ppm (148 μ M). Nie stwierdzono tolerancji na stężenie 8 ppm Al (296 μ M) u żadnego z badanych obiektów. Wszystkie polskie odmiany pszenicy ozimej są bardzo wrażliwe lub wrażliwe na toksyczne działanie glinu.

Słowa kluczowe: glin, odmiana, pszenica ozima, tolerancyjność, *Triticum aestivum*

Twenty five winter wheat varieties and twenty eight breeding strains were tested in order to determine their tolerance to aluminum toxicity. The nutrient solution screening test for cereals was used. Six varieties (Elena, Izolda, Gama, Kobra, Sakwa and Mikon) and ten breeding strains (MOB 595, STH 796, LAD 594, MIB 496, AND 1796, CHD 996, MIB 697, STH 1096, STH 996, MIB 597) were tolerant to 4 ppm (148 μ M) aluminum concentration in nutrient solution. No variety or strain tolerant to 8 ppm (296 μ M) Al in nutrient solution was found. All the Polish winter wheat varieties are very sensitive or sensitive to aluminum toxicity.

Key words: aluminium, spring wheat, tolerance, *Triticum aestivum*, variety

WSTĘP

Pszenica ozima jest najważniejszym z gospodarczego punktu widzenia uprawianym w Polsce zbożem. Powierzchnia uprawy tego gatunku osiągnęła w 1998 roku 1884 tys. ha (1655 tys. ha w roku 1990), co stanowi około 21% ogólnej powierzchni zasiewów zbóż (Rocznik Statystyczny, 1999). W 1999 roku na „Liście Odmian Roślin Rolniczych” publikowanej przez COBORU znajdowało się 29 odmian.

Pszenica ozima pomimo dużego znaczenia gospodarczego jest jednak rośliną o najwyższych spośród zbóż wymaganiach glebowych. Jednym z czynników obniżających przydatność gleby pod uprawę pszenicy jest jej zakwaszenie. W Polsce gleby kwaśne (pH w 1 M KCl < 5,5) stanowią ponad 60% gruntów ornych (Boguszewski, 1980). W Polsce

centralnej i środkowo-wschodniej oraz na terenie byłych województw jeleniogórskiego, nowosądeckiego i rzeszowskiego gleby kwaśne stanowią ponad 70% (Obojski, Strączyński, 1995). Do czynników zakwaszających można zaliczyć wymywanie z gleby kationów, kwaśne deszcze powstające na skutek reakcji wody i zanieczyszczeń przemysłowych (głównie CO₂, SO₂ i tlenków azotu), mineralizację substancji organicznej, pobieranie wapnia z gleby wraz ze zbieranym plonem i stosowanie nawozów fizjologicznie kwaśnych (Czuba, 1996).

Jednym z głównych czynników limitujących produktywność gleb kwaśnych jest toksyczność glinu, metalu o najwyższym udziale w budowie skorupy ziemskiej.

W roztworze glebowym, w zależności od pH i składu podłoża, glin może występować w różnych formach. W warunkach naturalnych trudne jest określenie toksyczności każdej z osobna, ponieważ w roztworze glebowym występuje jednocześnie wiele form glinu i jest to układ dynamiczny. Kinraide (1991) stosując metody hydroponiczne z precyzyjnie określonym składem pożywki, utrzymując cały układ w chemicznej równowadze stwierdził, że toksyczne dla roślin są jony Al(H₂O)₆³⁺ (potocznie nazywany Al³⁺) oraz AlO₄Al₁₂(OH)₂₄(H₂O)₁₂⁺⁷ (potocznie nazywany Al₁₃). Formy mononuklearne takie jak AlOH²⁺, Al(OH)₂⁺ i Al(OH)₃⁰ są prawdopodobnie toksyczne dla roślin dwuliściennych. Do nietoksycznych zaliczył Al(OH)₄⁻, mononuklearne związki z SO₄²⁻ i F⁻ oraz związki organiczne.

Różne gatunki wykazują różny stopień tolerancji na toksyczne działanie glinu. W obrębie gatunku także stwierdzono znaczne zróżnicowanie tolerancji między genotypami. Badania linii wsobnych żyta wykazały istnienie linii skrajnie różniących się pod względem tej cechy (Anioł i in., 1980). Wśród zbóż najbardziej wrażliwe są jęczmień i pszenica, nieco bardziej tolerancyjne pszenżyto i wykazujące najwyższą tolerancję żyto (Ślaski, 1993).

Tolerancyjność na glin jest cechą dziedziczną. Slootmaker (1974) opisał ułożenie tolerancji u pszenicy w obrębie genomów. Stwierdził on, że genotypy heksaploidalne (AABBDD) wykazują najwyższy stopień tolerancji. Poprzez spadek tolerancji na skutek usunięcia genomu D z heksaploidalnej odmiany „Canthatch” i jej wzrost po ponownym jego wprowadzeniu wykazał dominującą rolę genomu D w dziedziczeniu tolerancji na glin.

W celu redukcji negatywnych efektów związanych z zakwaszeniem gleby stosuje się zabiegi mające na celu podniesienie pH. Poprzez wprowadzenie wapnia do gleby uzyskujemy pozytywny efekt tylko w warstwie powierzchniowej, gdyż wapń jest pierwiastkiem mało ruchliwym. Głębsze warstwy gleby pozostają nadal kwaśne, co uniemożliwia korzeniom głębszą penetrację. Konieczne są badania mające za zadanie określenie sposobu dziedziczenia tolerancyjności na glin oraz zastosowanie uzyskanych wyników w praktyce poprzez próby przeniesienia genów odporności do odmian wrażliwych.

Celem niniejszej pracy było określenie poziomu tolerancji na glin polskich odmian i rodów pszenicy ozimej oraz skonfrontowanie uzyskanych wyników z wynikami wcześniejszych badań, dotyczącymi tolerancji polskich odmian pszenicy jarej (Wiewióra, 1999).

() — Rok rejestracji odmiany
() — Year of variety release

W warunkach polowych rośliny są wystawione na działanie glinu w niskich stężeniach przez cały okres wegetacji, natomiast w kulturach wodnych używa się wyższych stężeń przez krótki okres czasu. Pomimo tak różnych warunków Fisher i Scott (1983) stwierdzili wystarczający do prac selekcyjnych poziom korelacji pomiędzy tolerancją określoną w kulturach wodnych, a obserwowaną w warunkach polowych.

Badania prowadzono w dwóch stężeniach glinu w pożywce, kolejno 4 i 8 ppm (148 μM i 296 μM). W każdym stężeniu ocenę prowadzono w trzech powtórzeniach. Podczas testu utrzymywane było pH pożywki na poziomie 4,5 i stała temperatura wynosząca 25°C.

WYNIKI I DYSKUSJA

Toksyczność glinu objawia się w sposób specyficzny na korzeniach roślin. Ulegają one skróceniu i zgrubieniu, czego efektem końcowym może być całkowite zahamowanie wzrostu. Objawy na częściach nadziemnych nie są tak łatwe do identyfikacji i upodabniają się do niedoboru azotu (N), fosforu (P), wapnia (Ca), magnezu (Mg) lub objawów suszy.

Zhang i Taylor (1988) stwierdzili, że liście pszenicy zawierają poniżej 10% pobranego przez roślinę glinu, co wskazuje na umiejscowienie toksyczności działania głównie w korzeniach.

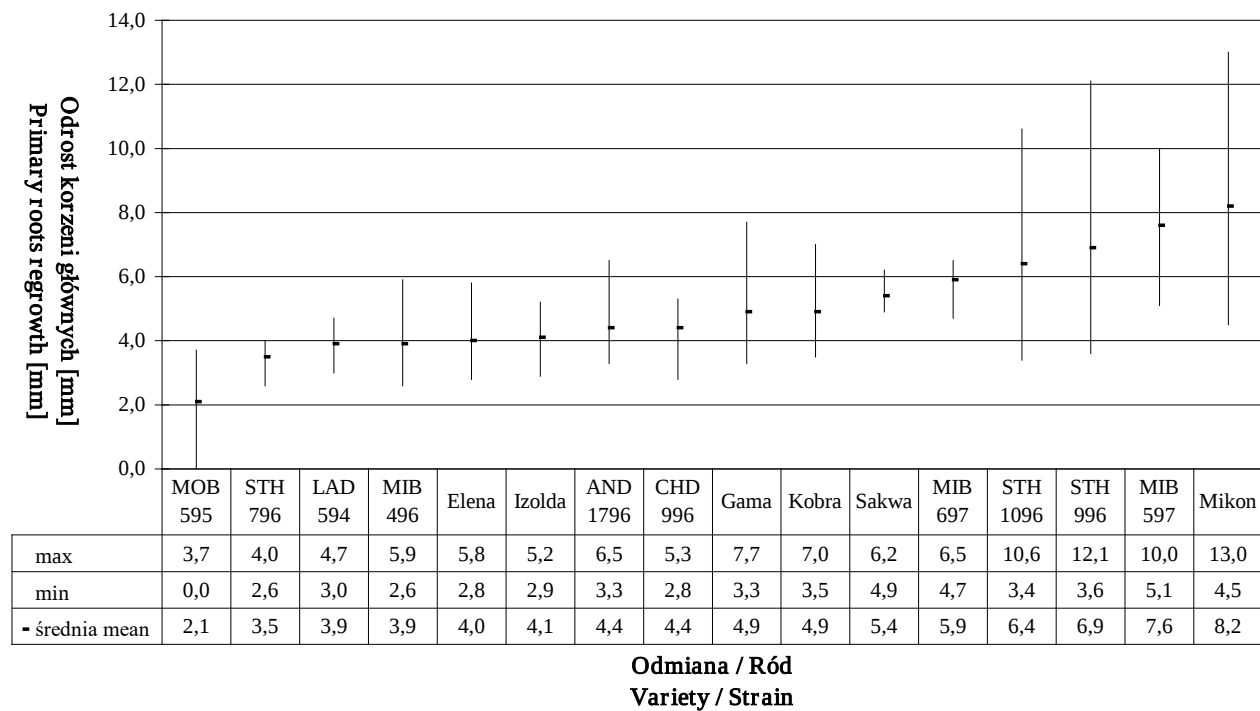
Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono wysoką wrażliwość na toksyczne działanie glinu u wszystkich badanych odmian i rodów. Zaledwie ok. 30% badanych materiałów tolerowało stężenie glinu w pożywce wynoszące 4 ppm (148 μM). Należało do nich sześć odmian (Elena, Izolda, Gama, Kobra, Sakwa, Mikon) i dziesięć rodów (MOB 595, STH 796, LAD 594, MIB 496, AND 1796, CHD 996, MIB 697, STH 1096, STH 996, MIB 597). Dla porównania we wcześniejszych badaniach polskich odmian i rodów pszenicy jarej (Wiewióra, 1999) stwierdzono tolerancję na to stężenie u 68% badanych materiałów.

Średni odrost korzeni głównych wahał się w granicach od 2,1 mm dla rodu MOB 595 do 8,2 mm dla odmiany Mikon (rys. 1). Przeprowadzona analiza wariancji oraz podział na grupy jednorodne testem Tukeya wykazały istotnie większy odrost korzenia odmiany Mikon w porównaniu z rodami MOB 595 i STH 796. Długość odrostu nie różniła się istotnie w obrębie odmian. Ród MIB 597 wykazał istotnie większy odrost korzenia w porównaniu z rodem MOB 595. Pomiędzy pozostałymi rodami nie stwierdzono istotności różnic (tab. 2).

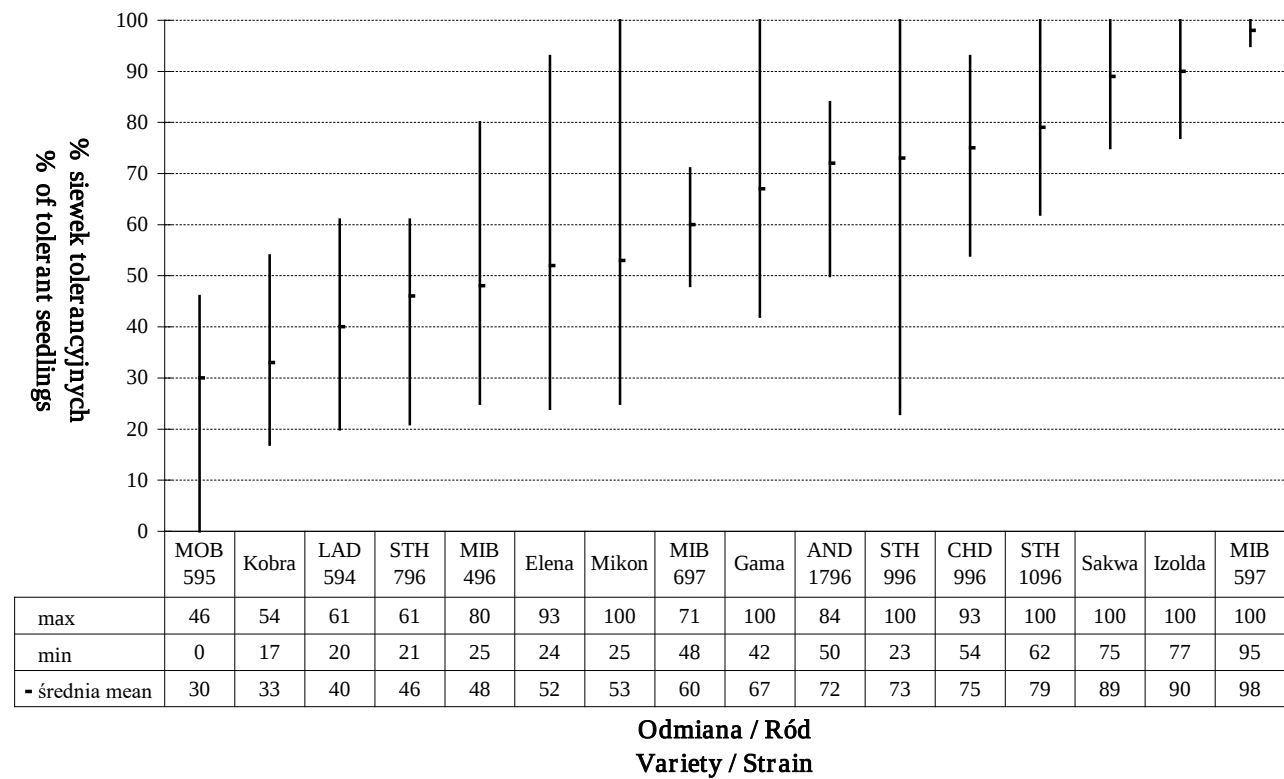
Średni procent siewek tolerancyjnych po 24 godzinnym stresie glinowym w stężeniu glinu wynoszącym 4 ppm (148 μM) wahał się w granicach od 30% dla rodu MOB 595 do 98% dla rodu MIB 597 (rys. 2). Na podstawie analizy statystycznej i podziału na grupy jednorodne stwierdzono istotnie większy procent siewek tolerancyjnych na zadane stężenie glinu u rodu MIB 597 w porównaniu z odmianą Kobra oraz rodami MOB 595, MIB 496, LAD 594 i STH 796. Istotnie większy procent siewek tolerancyjnych w porównaniu do odmiany Kobra wykazywały Sakwa i Izolda (tab. 3).

Nie stwierdzono tolerancji żadnego z badanych materiałów na stężenie glinu w pożywce wynoszące 8 ppm (296 μM). Porównując do przytoczonych wyżej wyników badań pszenicy jarej 25% rodów i odmian jarych tolerowało to stężenie glinu.

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie tolerancji pszenicy ozimej Mikon, wykazującej największy odrost korzenia głównego w stężeniu Al 4 ppm (148 μM) z najbardziej tolerancyjnym rodem pszenicy jarej HEC 694 (Wiewióra, 1999) oraz brazylijskim wzorcem tolerancji odmianą pszenicy jarej BH 1146.



Rys. 1. Odrost korzeni głównych odmian i rodów pszenicy ozimej w stężeniu glinu 4 ppm w pożywce
Fig. 1. Regrowth of winter wheat varieties and strains primary roots at 4 ppm aluminium concentration



Rys. 2. Procentowy udział siewek tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu wśród odmian i rodów pszenicy ozimej w stężeniu glinu 4 ppm w pożywce

Fig. 2. Percentage of winter wheat varieties and strains tolerant seedlings at 4 ppm aluminium concentration

Tabela 2

Podział na grupy jednorodne (test Tukeya) odmian i rodów pszenicy ozimej tolerujących stężenie 4 ppm Al w pożywce w zależności od wielkości odrostu korzeni głównych
The homogeneous groups (Tukey test) of winter wheat varieties and strains, which tolerated 4 ppm Al concentration, based on primary root regrowth

Odmiana / Ród Variety / Strain	Grupy jednorodności Homogeneous groups			
MOB 595	D	C		
STH 796	D	C	B	
LAD 594	D	C	B	A
MIB 496	D	C	B	A
Elena	D	C	B	A
Izolda	D	C	B	A
CHD 996		C	B	A
AND 1796		C	B	A
Kobra		C	B	A
Gama		C	B	A
Sakwa		C	B	A
MIB 697		C	B	A
STH 1096		C	B	A
STH 996			B	A
MIB 597			B	A
Mikon				A

Tabela 3

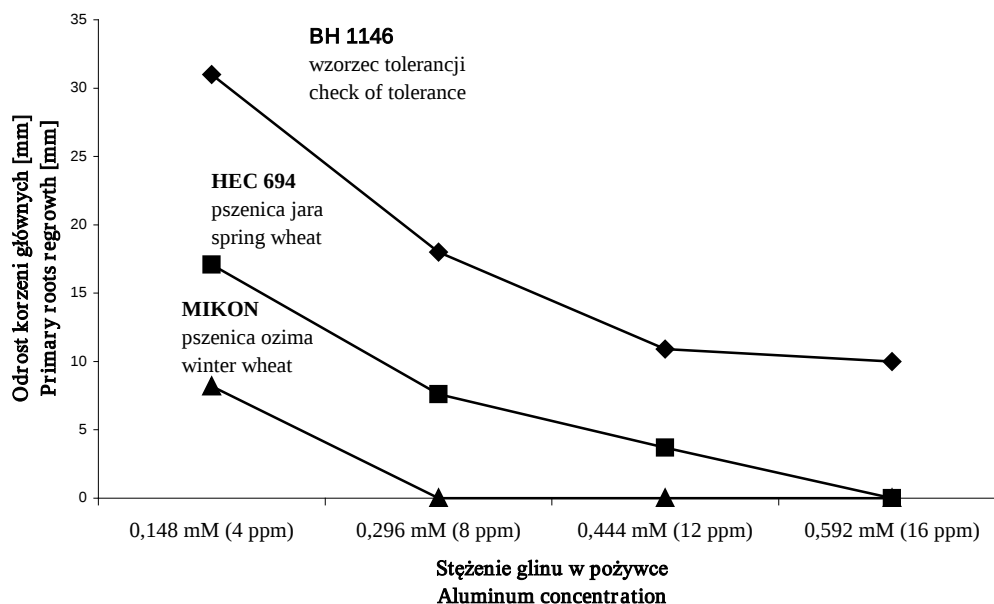
Podział na grupy jednorodne (test Tukeya) odmian i rodów pszenicy ozimej tolerujących stężenie 4 ppm Al w pożywce w zależności od % siewek tolerancyjnych
The homogeneous groups (Tukey test) of winter wheat varieties and strains, which tolerated 4 ppm Al concentration, based on tolerant seedlings percentage.

Odmiana / Ród Variety / Strain	Grupy jednorodności Homogeneous groups				
MOB 595	E	D			
Kobra	E	D	C		
LAD 594	E	D	C		
STH 796	E	D	C	B	
MIB 496		D	C	B	
Elena		D	C	B	A
Mikon		D	C	B	A
MIB 697		D	C	B	A
Gama		D	C	B	A
AND 1796		D	C	B	A
STH 996		D	C	B	A
CHD 996		D	C	B	A
STH 1096			C	B	A
Sakwa				B	A
Izolda				B	A
MIB 597					A

Autor nie dysponuje publikowanymi wynikami podobnych badań i dlatego brakuje porównań z wynikami innych autorów.

Dziedziczenie tolerancji jest procesem złożonym, szczególnie w przypadku *Triticum aestivum*, która jest heksaploidem. Wrażliwość na glin jest natomiast dziedziczona prosto,

więc selekcja negatywna w kierunku wrażliwości jest metodą skuteczniejszą. W Zakładzie Genetyki i Hodowli Roślin prowadzone są prace, mające na celu znalezienie nowych źródeł tolerancji, które mogłyby być wykorzystane w polskich programach hodowlanych (Wiewióra, 1998).



Rys. 3. Porównanie dwóch najbardziej tolerancyjnych na stres glinowy polskich odmian pszenicy jarej i ozimej

Fig. 3. Comparison of two Polish varieties of spring and winter wheat most tolerant to aluminium stress

WNIOSKI

1. Polskie odmiany oraz rody pszenicy ozimej mają bardzo niską tolerancję na toksyczne działanie glinu. Znaczny odsetek gleb kwaśnych w Polsce ogranicza możliwość rozszerzenia areалу uprawy pszenicy ozimej.
2. Konieczne jest poprawienie tolerancji na toksyczność glinu poprzez określenie i wprowadzenie genów odporności do wartościowych gospodarczo odmian pszenicy ozimej.
3. Na stanowiskach słabszych pod względem odczynu można uprawiać niektóre odmiany pszenicy jarej o wyższej niż odmiany ozime tolerancji na toksyczność glinu.

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.
- Anioł A. 1995. Odporność roślin uprawnych na stres mineralny. Materiały 2-giego Krajowego Sympozjum: Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające warunki środowiska, 12-14 września 1995, IHAR, Radzików: 53 — 60.
- Anioł A., Hill R. D., Larter E. N. 1980, Aluminum tolerance of spring rye inbred lines. Crop Sci. 20: 205 — 208.
- Boguszewski W. 1980. Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa
- Czuba R. (red.). 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Zakłady Chemiczne Praca zbiorowa. „POLICE” S.A.: 26 — 28.
- 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.
- Lista odmian roślin rolniczych. 1997. COBORU. Słupia Wielka
- Lista odmian roślin rolniczych. 1999. COBORU. Słupia Wielka
- Obojski J., Strączyński S. 1995. Odczyn i zasobność gleb Polski w makro- i mikroelementy. IUNG Puławy Rocznik statystyczny. 1999. Zakł Wydawn. Statystycznych, Warszawa
- Slootmaker L. A. 1974. Tolerance to high soil acidity in wheat related species, rye and triticale. Euphytica, 23: 505 — 513.
- Ślaski J. 1993. Genetyczne aspekty hodowli zbóż tolerancyjnych na glin. Biul. IHAR 187: 29 — 35.
- Wiewióra M. 1998. Tolerancyjność form pszenicy jarej z kolekcji Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 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.
- Zhang G., Taylor G. J. 1988. Effect of aluminum on growth and distribution of aluminum in tolerant and sensitive cultivars of *Triticum aestivum* L. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 19: 1195 — 1205.