

HENRYK J. CZEMBOR**ANDRZEJ ANIOŁ**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Wytworzenie materiałów wyjściowych pszenicy ozimej tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu

Creation of prebreeding material of winter wheat tolerant to aluminium toxicity

W okresie 5 lat prowadzono selekcję w obrębie 20 populacji mieszańcowych F₄ pszenicy ozimej pochodzących ze skrzyżowania 13 linii tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu z 9 odmianami o wysokiej wartości gospodarczej. Prace selekcyjne prowadzono według klasycznej metody hodowli rodowodowej. Wyboru pojedynków i ich rozmnożeń dokonywano na podstawie oceny wizualnej w porównaniu do odmian wzorcowych. W następnych latach wybrane rody oceniano w doświadczeniach porównawczych. Z 20 populacji wyjściowych wyselekcjonowano 7 rodów tolerancyjnych na glin o wysokiej wartości gospodarczej. Rody te przekazano do Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie jako źródła tolerancji na glin.

Słowa kluczowe: glin, hodowla, pszenica ozima, tolerancja

During 5 years, selection was conducted in 20 F₄ populations of winter wheat, which were obtained from crosses between 13 lines tolerant to toxic concentration of aluminium and 9 cultivars with high economic value. Selection was conducted according to the classical pedigree breeding method. Single plants were chosen and increased based on their visual scoring in comparison to standard cultivars. During next years, the selected breeding lines were scored in comparative trials. From the 20 initial populations, 7 breeding lines tolerant to toxic concentration of aluminium and with high economic value were selected. These breeding lines were provided to the Gene Bank in Plant Breeding and Acclimatization Institute at Radzików as sources of tolerance to aluminium.

Key words: aluminium, breeding, winter wheat, tolerance

WPROWADZENIE

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 symptomy szkodliwego działania glinu obserwuje się na korzeniach.

Ulegają one skręceniu i zgrubieniu, a wzrost elongacyjny zostaje spowolniony lub całkowicie zahamowany. Wtórnymi efektami uszkodzenia korzeni przez glin jest ograniczone pobieranie składników mineralnych i podwyższona wrażliwość na suszę wywołana niemożnością pobierania wody z głębszych warstw gleby.

Większość tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu odmian pszenicy pochodzi z Brazylii, gdzie duże połacie gruntów rolnych ma gleby kwaśne. Najbardziej znaną jest odmiana pszenicy jarej BH 1146, którą używa się na świecie jako wzorca tolerancyjności na glin w badaniach genetycznych, fizjologicznych oraz w pracach hodowlanych. Odmiana BH 1146 autorstwa Ildefonso Correia powstała w wyniku krzyżowania PG1//Fronreira/Mentana i została zarejestrowana w Brazylii w 1955 roku. Uprawiana była do późnych lat osiemdziesiątych (Camargo i Filho, 2000).

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).

Polskie odmiany pszenicy wykazują niską tolerancję na toksyczne działanie glinu i nie nadają się do uprawy na glebach o znacznym stopniu zakwaszenia ($\text{pH} < 5,5$), z dużą ilością aktywnych, toksycznych form glinu (Anioł, 1989; Wiewióra, 1999; 2001).

Celem podjętej pracy było wprowadzenie do genomu pszenicy ozimej dobrze zaadaptowanej do polskich warunków klimatyczno-glebowych tolerancyjności na toksyczne działanie glinu.

MATERIAŁ I METODA

Do wytworzenia materiałów wyjściowych pszenicy ozimej tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu wykorzystano 20 populacji mieszańcowych F_4 wcześniej poddanych selekcji pozytywnej na obecność cechy tolerancyjności. Populacje te pochodzą ze skrzyżowania linii tolerancyjnych: R 21, R 25, R 301, R 305, R 321, R 342, R 345, R 355, R 356, R 2111, R 2210, R 2813, R 32310, z odmianami o wysokiej wartości gospodarczej w polskich warunkach glebowo-klimatycznych (tab. 1). Ustabilizowane pod względem tolerancyjności na glin i zimotrwałości, linie pszenicy ozimej uzyskano na początku lat osiemdziesiątych w Pracowni Stresu Mineralnego IHAR w Radzikowie z kombinacji krzyżówkowej: brazylijska odmiana pszenicy jarej BH 1146 jako źródło tolerancyjności na glin i polska odmiana Grana jako źródło wysokiej wartości gospodarczej.

W latach 1998 do 2002 wzięty do badań materiał opracowano z zastosowaniem metody hodowli rodowodowej:

- rok 1998, wybór pojedynczych (kłosów) z populacji F_4 ,
- rok 1999, rozmnożenie wybranych pojedynczych, ocena wizualna na wartość gospodarczą (zdrowotność, długość okresu wegetacji, wysokość roślin, wykształcenie kłosów i ziarniaków) w porównaniu do dwóch odmian wzorcowych Sakwa i Elena, wybór linii o potencjalnie wysokiej wartości gospodarczej,
- rok 2000, ocena wybranych rodów w doświadczeniu Stacyjnym I, w Radzikowie, metodą wzorcową, w jednym powtórzeniu, na poletkach 10 m^2 z wzorcem co piąte

- poletko na przemian odmiany: Sakwa i Zyta, wybór rodów o plonie ziarna wyższym od odmian wzorcowych,
- rok 2001, ocena wybranych rodów w doświadczeniu Stacyjnym II, w Radzikowie, metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach na poletkach 10m² z dwoma odmianami wzorcowymi: Sakwa i Zyta, opracowanie statystyczne uzyskanych wyników wg programu Agro, wybór rodów o plonie istotnie wyższym od średniej odmian wzorcowych lub na podobnym poziomie jak lepszy wzorzec (Zyta),
 - rok 2002, ocena wybranych rodów w doświadczeniu Stacyjnym III, w pięciu miejscowościach: Smolice, Oleśnica Mała, Odolanów, Sroki, Łagiewniki, metodą bloków losowanych, w dwóch powtórzeniach na poletkach 10m² z trzema odmianami wzorcowymi: Kobra, Korweta, Tonacja, opracowanie statystyczne uzyskanych wyników wg programu SYNDOP-(TP) Oddział IHAR w Krakowie. Ocena tolerancji na toksyczne działanie glinu metodą kultur wodnych dla roślin zbożowych opracowaną przez Anioła w Pracowni Stresu Mineralnego IHAR (Anioł, 1981, 1985).

Tabela 1

Zestawienie ocenianych materiałów hodowlanych
Set of evaluated breeding material

Kombinacja krzyżówkowa Pedigree of cross	Liczba wybranych obiektów Number of selected objects		Liczba rodów w doświadczeniu Number of evaluated breeding lines		
	pojedynków single plants	linii lines	Stacyjne I Station I	Stacyjne II Station II	Stacyjne III Station III
(Jawa × R21) × Jawa	90	6	0	0	0
(Apollo × R25) × Apollo	100	50	8	0	0
R2111 × CHD 567/84	100	70	1	0	0
R2210 × Oda	50	17	0	0	0
R342 × AND 103/84	70	29	4	0	0
R305 × AND 103/84	150	74	5	2	1
R305 × CHD 567/84	150	84	34	15	10
R356 × Oda	70	29	5	2	0
R356 × AND 103/84	100	30	0	0	0
R32310 × Kobra	100	29	4	2	0
R345 × CHD 567/84	100	36	2	0	0
R355 × Almari	70	38	20	2	0
R355 × Kobra	75	65	0	0	0
R356 × Almari	150	59	7	0	0
R356 × Kobra	150	65	24	2	0
R321 × Almari	150	71	0	0	0
R2813 × AND 103/84	145	40	17	3	0
R301 × CHD 567/84	100	12	6	1	0
(BGH 383 × Extrem) × Apollo	0	0	0	0	0
(R2111 × Alba) × R2111	0	0	0	0	0
Ogółem	1920	804	137	29	11
Total	1920	804	137	29	11

Poza oceną plenności w doświadczeniach stacyjnych określono: datę kłoszenia, wysokość roślin w łanie, odporność na wyleganie, mączniaka, rdzę brunatną, plamistość liści, choroby kłosa, w skali dziewięciopniowej, gdzie 1 — oznacza najniższą, a 9 — najwyższą wartość dla ocenianej cechy.

WYNIKI

W tabeli 1 przedstawiono dane liczbowe obrazujące intensywność selekcji materiałów wziętych do badań. Ponieważ podstawowym kryterium wyboru materiałów do badań w roku następnym była wysoka wartość gospodarcza, można na podstawie przedstawionych wyników stwierdzić, że przydatność poszczególnych populacji mieszańcowych okazała się bardzo zróżnicowana. Na poziomie wyboru pojedynków na podstawie oceny wizualnej w dwóch populacjach nie znaleziono roślin o pożądanym fenotypie. W pozostałych 18 populacjach wybrano od 50–150 pojedynków, łącznie wybrano ich 1920.

W roku następnym oceniono również wizualnie w porównaniu do odmian wzorcowych rozmnożenia 1920 pojedynków. Do dalszych badań wybrano łącznie w obrębie 18 populacji 804 linie, z których po ocenie wizualnej wartości gospodarczej, utworzono 137 rodów do oceny w doświadczeniu Stacyjnym I. Różnice w liczebności wybranych linii między populacjami były dość znaczne (tab. 1), głównie z powodu niższej odporności na choroby, niedostatecznego wyrównania, braku cech wysokiej plenności w porównaniu do odmian wzorcowych.

W doświadczeniu Stacyjnym I, jednopowtórzeniowym z wzorcem systematycznym, oceniono 137 rodów pod względem plenności, odporności na choroby, wyleganie i zimotrwałości w porównaniu do odmian wzorcowych (Sakwa i Elena). Wśród badanych rodów dominowały liczebnością pochodzące z czterech populacji: R305 × CHD 567/84, R355 × Almari, R356 × Kobra i R2813 × AND 103/84.

W doświadczeniu Stacyjnym II i III oceniono wartość gospodarczą, odpowiednio 29 i 11 rodów (tab. 1). Pod względem liczebności rodów wybranych do oceny dominowała jedna populacja: R305 × CHD 567/84.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki doświadczeń Stacyjnych II i III dotyczące plonów ziarna. W doświadczeniu Stacyjnym II oceniono 29 rodów w porównaniu do odmian wzorcowych: Sakwa i Zyta. Pięć rodów istotnie wyżej plonowało od plenniejszego wzorca, a cztery następne istotnie lepiej od średniego plonu odmian wzorcowych. Uwzględniając inne cechy i ocenę w doświadczeniu Stacyjnym I, do badań w doświadczeniu Stacyjnym III wybrano 8 rodów o istotnie wyższych plonach ziarna od średniego plonu odmian wzorcowych. Do doświadczenia włączono jeszcze 3 rody o plonie na poziomie lepszego wzorca. Łącznie w doświadczeniu Stacyjnym III oceniono pod względem wartości gospodarczej 11 rodów w porównaniu do trzech odmian wzorcowych: Kobra, Korweta i Tonacja. Potencjał plonowania wybranych 11 rodów ocenianych w 5 miejscowościach jest wysoki (tab. 2). Pięć rodów: RAH 706, RAH 589, RAH 689, RAH 713 i RAH 708 plonowało istotnie wyżej od średniej odmian wzorcowych, a pozostałe rody plonowały na poziomie odmian wzorcowych, w tym 8 miało plony na poziomie odmiany Tonacja, najlepszego wzorca (tab. 2).

Średnie wyniki oceny innych cech użytkowych rodów i odmian wzorcowych ocenianych w doświadczeniu Stacyjnym III podano w tabeli 3. Badane rody, podobnie jak odmiany wzorcowe należą do grupy odmian o średniej długości słomy. Poziom odporności rodów na poszczególne oceniane choroby jest dość wysoki, poza rodami RAH 58900 i RAH 67800, które pod tym względem wyraźnie ustępują pozostałym

rodow i odmianom wzorcowym: Korweta i Tonacja. W celu uzyskania pełnej oceny wartości rodów badanych w doświadczeniu Stacyjnym III, jako materiału wyjściowego do hodowli odmian tolerancyjnych na glin, dokonano ich oceny laboratoryjnej na toksyczne działanie glinu.

Tabela 2

Plon ziarna rodów w doświadczeniu Stacyjnym II i III
Grain yield of breeding lines in Station experiments II and III

Odmiana Cultivar	Pochodzenie Pedigree	Lata badań Years of evaluation			
		Doświadczenie Stacyjne II Station experiment II 2001		Doświadczenie Stacyjne III Station experiment III 2002	
		dt/ha	% wzorca % of check	dt/ha	% wzorca % of check
RAH 68900	R305 × CHD 567/84	87,0	124,4	80,4	105,9
RAH 67800	R305 × CHD 567/84	80,2	114,7	75,6	99,6
RAH 58900	R305 × CHD 567/84	77,6	111,0	81,7	107,6
RAH 69400	R305 × CHD 567/84	77,4	110,6		
RAH 70500	R305 × CHD 567/84	76,5	109,4	74,9	98,7
RAH 70300	R305 × CHD 567/84	74,7	106,9	78,8	103,9
RAH 71500	R305 × CHD 567/84	74,6	106,7	69,6	91,7
RAH 68400	R305 × CHD 567/84	74,2	106,2	78,1	102,9
RAH 70600	R305 × CHD 567/84	74,2	106,2	82,2	108,3
RAH 68000	R305 × CHD 567/84	73,1	104,6		
RAH 71300	R305 × CHD 567/84	73,1	104,6	79,5	104,8
RAH 70900	R305 × CHD 567/84	72,9	104,2	78,8	103,9
RAH 58800	R 305 × AND 103/84	72,7	104,0		
RAH 70800	R305 × CHD 567/84	71,5	102,2	79,2	104,4
RAH 69500	R305 × CHD 567/84	69,9	99,9		
RAH 91599	R 2111 × CHD 567/84	69,5	99,4		
RAH 61899	R 345 × Oda	69,1	98,8		
RAH 84999	R 356 × Oda	69,1	98,1		
RAH 52799	R 356 × Oda	68,2	97,6		
RAH 71900	R 32310 × Kobra	68,1	97,4		
RAH 68700	R305 × CHD 567/84	66,9	95,6		
RAH 84599	R 356 × Oda	65,7	94,0		
RAH 62399	R 345 × Oda	65,6	93,8		
RAH 68500	R305 × CHD 567/84	65,5	93,7		
RAH 72000	R 32310 × Kobra	64,4	92,0		
RAH 87399	R 356 × Oda	64,1	91,7		
RAH 73300	R 355 × Almari	58,4	83,5		
RAH 86599	R 345 × Oda	56,2	80,4		
RAH 88499	R 356 × Oda	56,0	80,1		
Sakwa		63,5	90,8		
Zyta		67,7	96,9		
Kobra				76,1	100,3
Korweta				72,5	95,5
Tonacja				79,1	104,2
Średnia Mean		65,6		75,9	
NIR _{0,05}		7,8		3,3	
LSD _{0,05}					

Tabela 3

Ocena polowa wybranych cech rodów w doświadczeniu Stacyjnym III
Field evaluation of some characters of the breeding lines in the Stations experiment III

Ród Breeding line	Przezimowanie Winterhardness	Liczba dni od 1. V do kłoszenia No. of days from 1 May to heading	Wysokość roślin Height of plant (cm)	Odporność na:				
				mączniak powdery mildew	rdza brunatna leaf rust	plamistość liści leaf spot	choroby kłosa ear diseases	wyleganie lodging
RAH 58900	7,9	32	92	5,5	6,7	6,5	6,0	9,0
RAH 67800	8,1	34	103	5,5	6,3	6,5	5,0	9,0
RAH 68400	8,0	32	104	6,5	7,0	7,3	6,0	9,0
RAH 68900	8,2	31	91	6,0	7,8	7,3	6,0	9,0
RAH 70300	8,1	31	98	6,5	8,0	7,3	7,0	9,0
RAH 70500	7,9	33	97	6,0	7,8	7,0	5,0	9,0
RAH 70600	8,1	31	97	6,0	8,0	7,0	7,0	9,0
RAH 70800	8,1	31	96	7,5	8,3	7,0	7,0	9,0
RAH 70900	8,2	31	101	5,5	7,8	6,0	7,0	9,0
RAH 71300	8,0	32	93	6,0	8,3	7,0	7,0	9,0
RAH 71500	8,1	34	93	6,0	7,3	6,5	5,0	9,0
Kobra	8,2	29	93	6,0	6,3	6,0	6,8	6,0
Tonacja	8,3	34	98	6,0	6,8	8,0	7,0	9,0
Korweta	8,0	36	97	6,5	8,0	7,0	6,3	8,8

Tabela 4

Ocena tolerancyjności rodów z doświadczenia stacyjnego III na toksyczne działanie glinu
Evaluation of Al- tolerance of the breeding lines from the Station experiment

Ród Breeding line	Tolerancyjność na glin przy koncentracji Tolerance to aluminium at concentration					
	296 mM Al (8 ppm)			592 mM Al (16 ppm)		
	liczba badanych roślin number of tested plants	roślin tolerancyjnych tolerant plant (%)	odchylenie standarowe standard deviation	liczba badanych roślin number of tested plants	roślin tolerancyjnych tolerant plant (%)	odchylenie standarowe standard deviation
RAH 58900	195	56	7	186	5	2
RAH 67800	192	80	5	192	17	6
RAH 68400	190	90	4	192	17	5
RAH 68900	165	0	0	165	0	0
RAH 70300	173	90	8	166	27	8
RAH 70500	175	49	4	153	8	2
RAH 70600	187	34	5	181	14	3
RAH 70800	137	92	6	146	42	7
RAH 70900	183	49	6	174	21	7
RAH 71300	193	0	0	197	0	0
RAH 71500	198	47	7	194	8	3
Tonacja	103	0	0	120	0	0
R 305	190	100	0	185	100	0

Uzyskane wyniki oceny na dwóch poziomach koncentracji glinu w pożywce przedstawiono w tabeli 4. Na badanych 11 rodów, 9 wykazywało pewien stopień tolerancyjności, a 2 jej brak, podobnie jak odmiana wzorcowa Tonacja. Przy niższej koncentracji glinu (296 mM) cztery rody: RAH 67800, RAH 68400, RAH 70300 i RAH 70800 wykazywały wysoki poziom tolerancyjności, pozostałych pięć średni. Przy

wyższej koncentracji glinu (592 mM) poziom tolerancyjności rodów znacznie się obniżył, chociaż utrzymały się relacje między rodami bardziej a mniej tolerancyjnymi.

DYSKUSJA

Biorąc pod uwagę wyniki pięcioletnich badań polegających na selekcji pozytywnej dla cech wysokiej wartości gospodarczej i tolerancyjności na toksyczne działanie glinu wyodrębniono siedem rodów: RAH 58900, RAH 67800, RAH 68400, RAH 70300, RAH 70600, RAH 70800 i RAH 70900 jako materiał wyjściowy do hodowli nowych odmian pszenicy ozimej o wysokiej wartości gospodarczej i tolerancyjnej na glin. Na każdym etapie prac selekcyjnych porównywano badany materiał co najmniej do dwóch odmian wzorcowych, którymi były odmiany stosowane w tym okresie w krajowych doświadczeniach hodowlanych przedwstępnych, wstępnych i w rejestrowych w COBORU. Z pokolenia na pokolenie wybierano tylko obiekty istotnie lepsze w plonie ziarna od średniej odmian wzorcowych lub na poziomie najlepszej odmiany wzorcowej. Za interesujący można uznać fakt, że z puli 20 populacji mieszańcowych F₄, w których było 13 linii R jako źródło tolerancji na glin i 9 odmian i rodów, dawców wysokiej wartości gospodarczej, po pięciu latach selekcji pozostało 11 rodów pochodzących z dwóch kombinacji krzyżówkowych (tab. 1). Dla wszystkich tych rodów źródłem tolerancji na glin jest linia R 305, pochodząca z kombinacji krzyżówkowej: Emika × BGH 883 wykonanej w 1991 roku w Pracowni Stresu IHAR w Radzikowie (Anioł, dane nie publikowane). W badanych materiałach w czasie selekcji ujawniały się cechy niekorzystne dla pszenicy ozimej uprawianej w Polsce a prawdopodobnie wnoszone do genomu mieszańców przez linie R-tolerancyjne na glin. Wszystkie one pochodzą od brazylijskiej odmiany pszenicy jarej BH 1146, która to odmiana w polskich warunkach wykazuje wrażliwość na długość dnia, dużą podatność na choroby, niską plenność i jest przede wszystkim jara (Wiewióra, 1998). Na 11 rodów ocenianych w ostatnim roku badań, 2 rody w ocenie na tolerancyjność na glin okazały się wrażliwe, podobnie jak odmiana wzorcowa Tonacja (tab. 4). Poziom tolerancji na glin ośmiu pozostałych rodów był różny. Przy obu stężeniach glinu w pożywce, w której testowano siewki, wyodrębniono dwie grupy rodów: cztery bardziej i pięć mniej tolerancyjnych (tab. 4). Różnice w poziomie tolerancji wyselekcjonowanych rodów mogą wynikać z różnej ekspresji genu lub genów tolerancji, które wprowadzono z BH 1146 do genomów różnych odmian ozimych. Większość autorów wskazuje na jednogenowe, dominujące dziedziczenie tolerancji na glin, są również doniesienia o dwóch i trzech genach oraz bardziej złożonych sposobach dziedziczenia tej cechy (Rout i in., 2001). Dla dotąd uprawianych w Polsce pszenic ozimych nawet minimalna obecność glinu w pożywce (4 ppm) w testach na siewkach jest toksyczna (Anioł, 1989; Wiewióra, 2001). Wyselekcjonowane w tych badaniach rody o wysokiej plenności i tolerancyjne na glin wskazują na możliwość poprawienia metodami hodowli klasycznej tolerancji nowych odmian pszenicy ozimej przydatnej do uprawy w Polsce.

Rody: RAH 58900, RAH 67800, RAH 684, RAH 70300, RAH 70600, RAH 70800 i RAH 70900 jako źródła tolerancji na glin do badań i hodowli są dostępne w Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

WNIOSKI

1. Brazylijska odmiana pszenicy jarej może być wykorzystana do tworzenia materiałów wyjściowych do hodowli nowych odmian pszenicy ozimej tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu o wysokiej wartości gospodarczej.
2. Wielokrotne krzyżowania odmian tolerancyjnych na glin z odmianami o wysokiej wartości gospodarczej i selekcja rodowodowa na obie cechy może prowadzić do wytworzenia linii o różnym poziomie tolerancji na glin.

LITERATURA

- Anioł A. 1981. Metody określania tolerancyjności zbóż na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 243: 3 — 14.
- Anioł A. 1989. Podstawy hodowli zbóż tolerancyjnych na niskie pH gleby. Biul. IHAR 171/172: 215 — 220.
- Boguszewski W. 1980. Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa.
- 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.
- Kinraide T. B. 1991. Identity of the rhizotoxic aluminium species. Plant and Soil 134: 167 — 178.
- Rout G. R., Samantaray S., Das P. 2001. Aluminium toxicity in plants: a review. Agronomie 21: 3 — 21.
- 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.
- Wiewióra M. 2001. Tolerancyjność polskich odmian pszenicy ozimej na toksyczne działanie glinu. Biul. IHAR 218/219: 169 — 177.