



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agronômico, Campinas

Vol. 42

Campinas, 1983

Artigo nº 9

MELHORAMENTO DO TRIGO. III. EVIDÊNCIA DE CONTROLE GENÉTICO NA TOLERÂNCIA AO MANGANÊS E ALUMÍNIO TÓXICO EM TRIGO (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2), *Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agronômico.*

RESUMO

Os cultivares Siete Cerros, tolerante, e BH-1146, sensível a elevadas doses de manganês, foram cruzados, obtendo-se sementes em gerações F_1 e F_2 desse cruzamento. As plantas dos cultivares pais e das gerações F_1 e F_2 foram cultivadas em soluções nutritivas contendo doses variadas de manganês (0,11; 300; 600 e 1.200mg/litro) e testadas em outra solução nutritiva contendo 3mg/litro de alumínio. O comprimento das raízes primárias centrais das plantas dos genótipos estudados, após quinze dias de cultivo em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de manganês, serviu de base para avaliar a tolerância a esse elemento. Esse comprimento, após 72 horas de crescimento em solução nutritiva normal seguidas de 48 horas de crescimento em solução nutritiva contendo 3mg/litro de alumínio, foi utilizado para a avaliação da tolerância ao alumínio. Os valores da herdabilidade em sentido amplo para a tolerância a concentrações crescentes de manganês e para 3mg/litro de alumínio foram altos, indicando que grande parte da variabilidade encontrada nas populações segregantes para tolerância ao manganês e ao alumínio foram de origem genética, sugerindo que as seleções para estas características seriam efetivas a partir das gerações F_2 e F_3 . Os dados mostraram que seria possível transferir, por meio de cruzamento entre os cultivares BH-1146 e Siete Cerros, a tolerância ao manganês do 'Siete Cerros' para o 'BH-1146' ou a tolerância ao alumínio deste para o 'Siete Cerros'.

(1) Com verba suplementar do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, através do Instituto Agronômico. Recebido para publicação a 23 de abril de 1981.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos prejudiciais do alumínio e do manganês estão entre as mais importantes limitações da produção de trigo na maioria dos solos ácidos (7).

Uma das soluções para este problema seria a obtenção de cultivares portadores de tolerância genética a esses elementos que, por via de regra, são encontrados em quantidades tóxicas no subsolo, mesmo quando a camada arável recebe pesadas aplicações de calcário.

A tolerância à toxicidade de alumínio em trigo foi indicada ser controlada por um único par de genes (8). CAMARGO et alii (6) concluíram que a tolerância ao alumínio apresentou alto valor de herdabilidade em sentido restrito, sugerindo que a seleção para plantas tolerantes em uma população segregante seria eficiente nas primeiras gerações.

O cultivar de trigo BH-1146 tem apresentado grande tolerância ao efeito prejudicial do alumínio em solução nutritiva e no solo e, por outro lado, o 'Siete Cerros' tem mostrado elevada suscetibilidade a esse elemento (5). O 'BH-1146' diferiu de 'Siete Cerros' por um par de genes dominantes para tolerância ao Al^{3+} (3).

Em soluções nutritivas contendo elevadas concentrações de manganês, verificou-se que o 'BH-1146' foi o mais sensível entre os estudados e que 'Siete Cerros' se apresentou como tolerante (5).

O fato de o cultivar BH-1146 ser tolerante ao Al^{3+} e sen-

sível ao Mn^{2+} e o 'Siete Cerros' apresentar reações opostas também foi verificado por FOY et alii (7), que relatou reações semelhantes entre os cultivares de trigo Atlas-66 (tolerante ao Al^{3+} e sensível ao Mn^{2+}) e Monon (sensível ao Al^{3+} e tolerante ao Mn^{2+}).

O presente trabalho tem por objetivo estudar o tipo de ação genética, envolvida na expressão da tolerância a crescentes concentrações de manganês e uma concentração de alumínio em solução nutritiva, por uma população segregante de trigo originária do cruzamento entre um cultivar tolerante e outro sensível ao Mn^{2+} nessas condições.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Plantas dos cultivares de trigo BH-1146 (P_1) e Siete Cerros (P_2) e dos cruzamentos resultantes entre si em geração F_1 e F_2 foram testadas para as suas tolerâncias a diferentes concentrações de manganês, empregando-se a mesma técnica usada por CAMARGO & OLIVEIRA (5) e transcrita a seguir:

As sementes dos diferentes genótipos (P_1 , P_2 , F_1 e F_2) foram cuidadosamente lavadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 10% e colocadas para germinar em caixas de Petri por 24 horas. Após esse tempo, as radículas estavam iniciando a emergência.

Foram escolhidas sementes uniformes de cada genótipo e colocadas sobre o topo de quatro telas de náilon que foram adaptadas sobre quatro vasilhas plásticas de 8,30 litros de capacidade,

contendo soluções nutritivas, de maneira que as sementes foram mantidas úmidas e as radiculas emergentes tocavam nas soluções, tendo, portanto, um pronto suprimento de água e de nutrientes.

A concentração final das soluções das quatro vasilhas foi a seguinte: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2mM; MgSO_4 1mM; KNO_3 2mM; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,218mM; KH_2PO_4 0,25mM; CuSO_4 0,3 μM ; ZnSO_4 0,8 μM ; NaCl 30 μM ; FeCl_3 10 μM ; Na_2MoO_4 0,1 μM e H_3BO_3 10 μM . Em cada uma das quatro soluções, foi adicionado $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, de modo que fossem obtidas soluções com 0,11, 300, 600 e 1.200mg/litro de Mn^{2+} . O pH das soluções foi previamente ajustado para 4,80 com H_2SO_4 0,1N, sendo mantido constante por ajustamentos diários durante todo o experimento.

As soluções foram continuamente arejadas e, as vasilhas plásticas contendo as soluções, colocadas em um banho-maria com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ dentro do laboratório. O experimento foi mantido com luz artificial contínua em sua totalidade.

As plantas, após desenvolvem-se nessas condições por quinze dias, foram retiradas das soluções; em seguida, determinou-se o crescimento da raiz primária central de cada plântula, medindo em milímetros seu comprimento.

Com o propósito de comparar os efeitos tóxicos do manganês e do alumínio em trigo, os cultivares BH-1146 e Siete Cerros, assim como o F_1 e o F_2 , originários do cruzamento entre si, foram testados em solução nutritiva contendo

3mg/litro de alumínio segundo o método proposto por MOORE et alii (9) e modificado por CAMARGO (3) e CAMARGO & OLIVEIRA (5), e que consiste no seguinte:

Foram utilizadas trinta sementes de cada um dos cultivares considerados como pais, 14 sementes do F_1 e 111 sementes do F_2 , distribuídas sobre o topo de uma tela de náilon que foi colocada em contacto com a solução nutritiva existente em uma vasilha plástica de 8,30 litros de capacidade.

A composição final da solução nutritiva referida como "solução base" foi a seguinte: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4mM; MgSO_4 2mM; KNO_3 4mM; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,435mM; KH_2PO_4 0,5mM; MnSO_4 2 μM ; CuSO_4 0,3 μM ; ZnSO_4 0,8 μM ; NaCl 30 μM ; Fe-CYDTA 10 μM ; Na_2MoO_4 0,10 μM e H_3BO_3 10 μM . O pH da solução foi previamente ajustado para 4,00 com H_2SO_4 1N. A solução foi continuamente arejada e a vasilha plástica contendo a solução, colocada em um banho-maria com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ dentro do laboratório. O experimento foi mantido com luz artificial contínua em sua totalidade. Após as plantas se desenvolverem nessas condições por 48 horas, cada plântula tinha três raízes primárias, uma mais longa medindo cerca de 4,5cm e duas mais curtas, localizadas lateralmente à primeira.

A seguir, a tela de náilon contendo as plântulas dos genótipos em estudo foi transferida para uma vasilha contendo solução tratamento.

A composição da solução tratamento foi um décimo da solução base, exceto que o fósforo foi omitido e, o ferro, adicionado em quantidade equivalente como FeCl_3 no lugar do Fe-CYDTA. O fósforo foi omitido para evitar a possível precipitação do alumínio como $\text{Al}(\text{OH})_3$. Antes de transferir a tela para a solução tratamento, suficiente H_2SO_4 1N foi adicionado para corrigir o pH para cerca de 4,2 e então a necessária quantidade de alumínio na forma de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ foi adicionada para ser obtido 3mg de Al^{3+} por litro de solução. O pH final da solução tratamento foi ajustado para 4,0 com H_2SO_4 1N.

As plantas cresceram por 48 horas nessas condições; no final desse período, a raiz primária de cada plântula foi medida e transferida de volta para a vasilha contendo solução nutritiva (solução base) onde as plantas cresceram nas primeiras 48 horas.

As plântulas permaneceram crescendo na solução base por 72 horas. O crescimento da raiz após as 72 horas na solução base depende da severidade da prévia solução tratamento. Com uma quantidade tóxica de alumínio, as raízes primárias não cresceram mais, permanecendo grossas e mostrando no ápice uma injúria típica com descoloração. A quantidade de crescimento da raiz foi determinada, medindo-se novamente o comprimento da raiz de cada plântula no final das 72 horas na solução base e subtraindo o comprimento da mesma raiz medida no final de crescimento na solução tratamento.

Com os dados obtidos de comprimento das raízes dos diferentes genótipos estudados em quatro concentrações de manganês e uma concentração de alumínio, foram estimados os valores de herdabilidade em sentido amplo seguindo o método citado por BRIGGS & KNOWLES (1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os comprimentos médios, as variâncias e os coeficientes de variação de quatro populações (P_1 , P_2 , F_1 e F_2) estudadas em soluções nutritivas contendo quatro diferentes concentrações de manganês encontram-se no quadro 1. As frequências da distribuição do comprimento da raiz primária central das plântulas dos cultivares utilizados como pais, F_1 e F_2 , provenientes do cruzamento entre ambos estão representadas graficamente nas figuras 1 a 4.

As diferenças nos comprimentos das raízes dos quatro genótipos estudados quando testados a 0,11mg/litro de Mn^{2+} sugeriram que há grande variabilidade genética entre si em relação ao comprimento da raiz primária central, mesmo quando se utilizou uma solução nutritiva com um balanceamento adequado de elementos.

Quando se adicionaram 300mg/litro de Mn na solução nutritiva, verificou-se uma redução de 65,3% no crescimento médio do cultivar BH-1146, redução essa aumentada para 88,8% e 96,7% quando se adicionaram 600 e 1.200mg/litro de Mn^{2+} respectivamente.

Esses valores mostraram a grande sensibilidade desse cultivar quando comparado com o 'Siete Cerros', que se apresentou como tolerante às doses crescentes de Mn^{2+} na solução, reduzindo o crescimento das raízes em relação à dosagem de 0,11mg/litro de Mn^{2+} , considerada normal, de 33,0, 43,2 e 82,9% respectivamente quando se adicionaram 300, 600 e 1.200mg/litro de Mn^{2+} .

As frequências de distribuição do comprimento das raízes dos F_1 e F_2 , quando submetidas a 300,

600 e 1.200mg/litro de Mn^{2+} , indicaram a existência de maior frequência de indivíduos nos valores correspondentes à média dos pais nas respectivas concentrações de Mn^{2+} , sugerindo a não-existência de dominância da tolerância ao Mn^{2+} na população em estudo. Nas populações F_2 em todas as concentrações, há a ocorrência de indivíduos tão tolerantes quanto aqueles encontrados no cultivar Siete Cerros e tão sensíveis quanto os apresentados pelo 'BH-1146', indicando que a tolerância à presença de altos níveis de man-

QUADRO 1. Variâncias, coeficientes de variação e comprimento médio das raízes primárias centrais de quatro populações (P_1 , P_2 , F_1 e F_2) estudadas em soluções nutritivas contendo quatro diferentes concentrações de manganês

Concentrações de Mn	Populações	Comprimento médio	Variância	CV
mg/litro		mm		%
0,11	BH-1146 (P_1)	272,1	522,1	8,4
	Siete Cerros (P_2)	176,0	623,1	14,2
	$P_1 \times P_2$ (F_1)	166,5	644,3	15,2
	$P_1 \times P_2$ (F_2)	210,0	1717,9	19,7
300	BH-1146 (P_1)	94,4	120,0	11,6
	Siete Cerros (P_2)	117,9	360,1	16,1
	$P_1 \times P_2$ (F_1)	105,9	144,7	11,4
	$P_1 \times P_2$ (F_2)	121,4	588,9	20,0
600	BH-1146 (P_1)	30,4	65,9	27,7
	Siete Cerros (P_2)	100,0	108,7	9,2
	$P_1 \times P_2$ (F_1)	62,6	58,9	12,3
	$P_1 \times P_2$ (F_2)	68,3	361,6	27,8
1.200	BH-1146 (P_1)	9,0	4,7	24,3
	Siete Cerros (P_2)	30,1	23,9	16,2
	$P_1 \times P_2$ (F_1)	7,6	7,6	21,2
	$P_1 \times P_2$ (F_2)	16,1	22,4	29,4

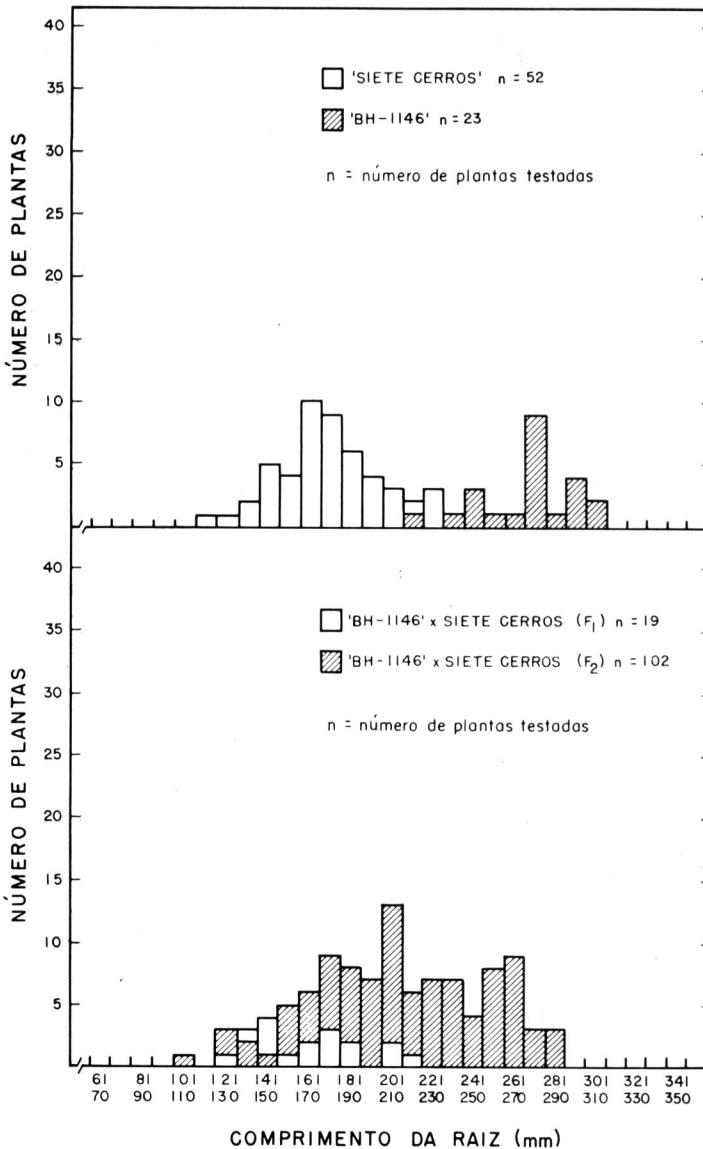


Figura 1. Frequência da distribuição do comprimento da raiz primária central das plântulas dos cultivares Siete Cerros e BH-1146, utilizados como pais, e das plântulas das populações F₁ e F₂, originárias do cruzamento entre ambos, observadas quando cultivadas em solução nutritiva contendo 0,11mg/litro de manganês.

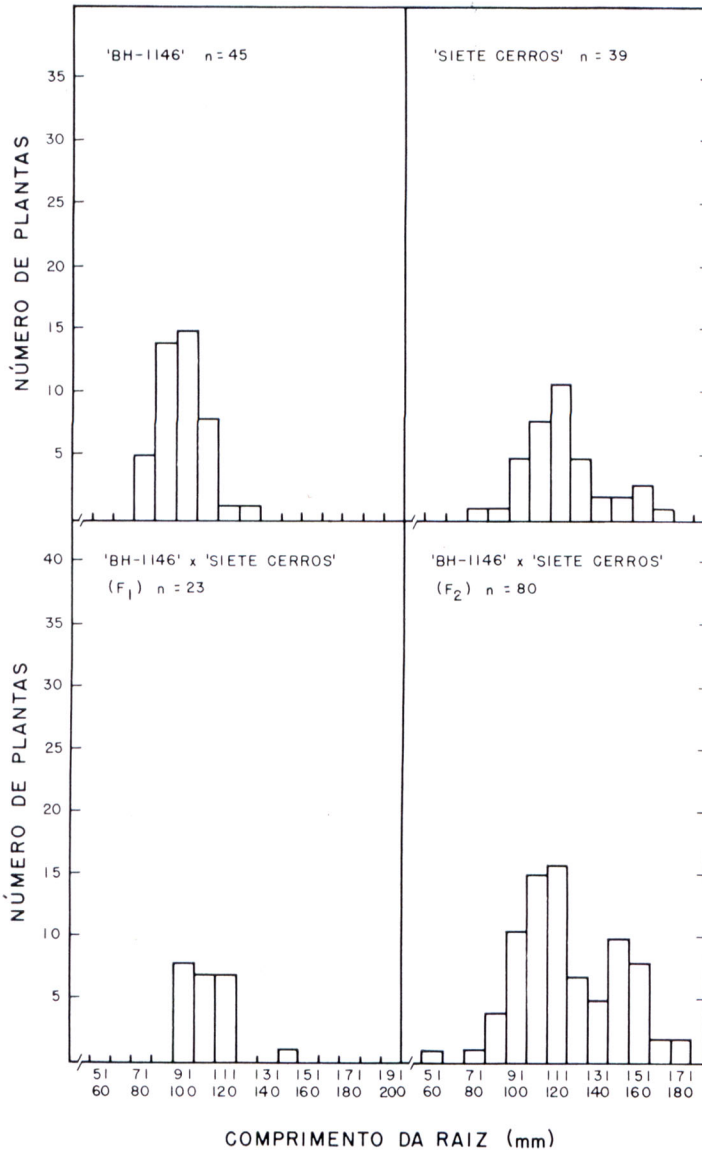


Figura 2. Frequência da distribuição do comprimento da raiz primária central das plântulas dos cultivares Siete Cerros e BH-1146, utilizados como pais, e das plântulas das populações F₁ e F₂, originárias do cruzamento entre ambos, observadas quando cultivadas em solução nutritiva contendo 300mg/litro de manganês.

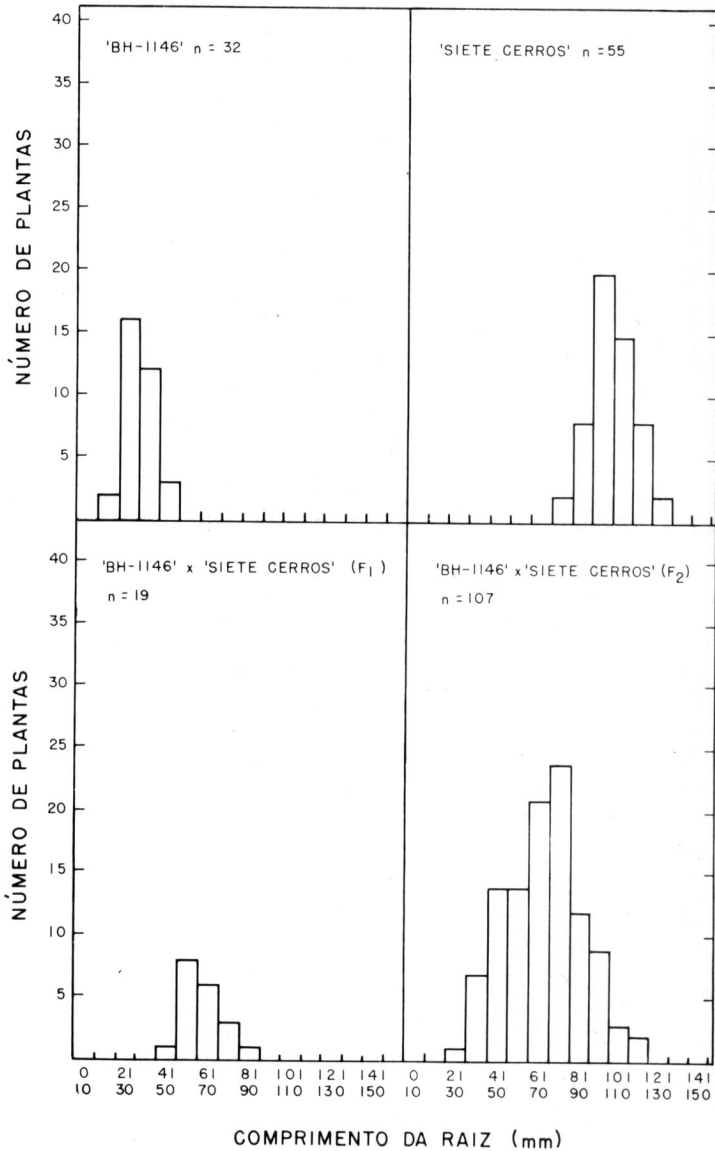


Figura 3. Frequência da distribuição do comprimento da raiz primária central das plântulas dos cultivares Siete Cerros e BH-1146, utilizados como pais, e das plântulas das populações F₁ e F₂, originárias do cruzamento entre ambos, observadas quando cultivadas em solução nutritiva contendo 600mg/litro de manganês.

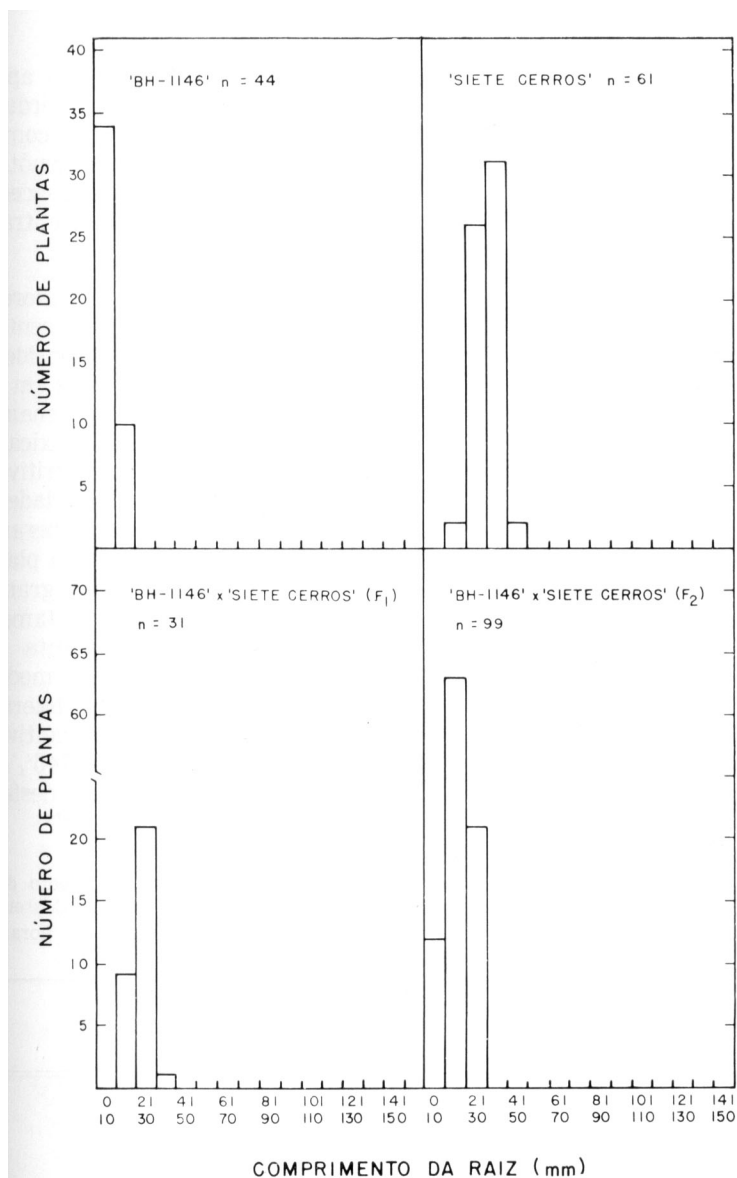


Figura 4. Frequência da distribuição do comprimento da raiz primária central das plântulas dos cultivares Siete Cerros e BH-1146, utilizados como pais, e das plântulas das populações F₁ e F₂, originárias do cruzamento entre ambos, observadas quando cultivadas em solução nutritiva contendo 1.200mg/litro de manganês.

ganês na solução nutritiva não seria devida a um único par de genes, mas que o controle genético seria exercido por muitos genes. Essa mesma afirmação foi feita por BROWN & DEVINE (2) estudando a herança da tolerância ao manganês tóxico em soja.

Observando o quadro 2 e figura 5, verifica-se que, quando se adicionaram os 3mg/litro de Al^{3+} na solução nutritiva, todas as plantas do cultivar Siete Cerros foram sensíveis e todas as plantas do 'BH-1146' foram tolerantes. As 14 plantas em geração F_1 do cruzamento entre esses cultivares foram tolerantes e na geração F_2 , composta de 111 plantas, verificou-se que 26 destas foram sensíveis e 85 tolerantes. Como eram esperadas 27,75 plantas sensíveis e 83,25 plantas tolerantes, confirmaram-se os resultados obtidos por CAMARGO (3) pelo teste de quiquadrado, indicando que o cultivar BH-1146 diferiu de Siete Cerros para tolerância a

3mg/litro de Al^{3+} por um par de genes dominantes.

No quadro 3, são apresentados os valores da herdabilidade em sentido amplo dos comprimentos das raízes dos genótipos em estudo para quatro concentrações de Mn^{2+} e uma concentração tóxica de Al^{3+} .

Verificaram-se valores altos da herdabilidade em sentido amplo quando foram considerados o crescimento das raízes em diferentes concentrações de manganês e numa concentração tóxica de alumínio em soluções nutritivas. Com valores da herdabilidade nesses níveis, poder-se-ia esperar que a progênie de uma única planta tenderia a repetir com grande probabilidade o comportamento ou característica da planta da qual se originou. Desse modo seria possível transferir a tolerância ao manganês tóxico do cultivar Siete Cerros para o 'BH-1146', ou a tolerância ao alumínio deste último para o 'Siete Cerros'.

QUADRO 2. Variâncias, coeficientes de variação e comprimento médio das raízes primárias centrais de quatro populações (P_1 , P_2 , F_1 e F_2) estudadas em solução nutritiva após um tratamento com 3mg/litro de Al durante 48 horas

Concentração de Al	Populações	Comprimento médio	Variância	CV.
mg/litro		mm		%
3	BH-1146 (P_1)	55,7	101,6	18,1
	Siete Cerros (P_2)	0,0	0,0	0,0
	$P_1 \times P_2$ (F_1)	30,4	78,2	29,1
	$P_1 \times P_2$ (F_2)	28,8	386,1	68,2

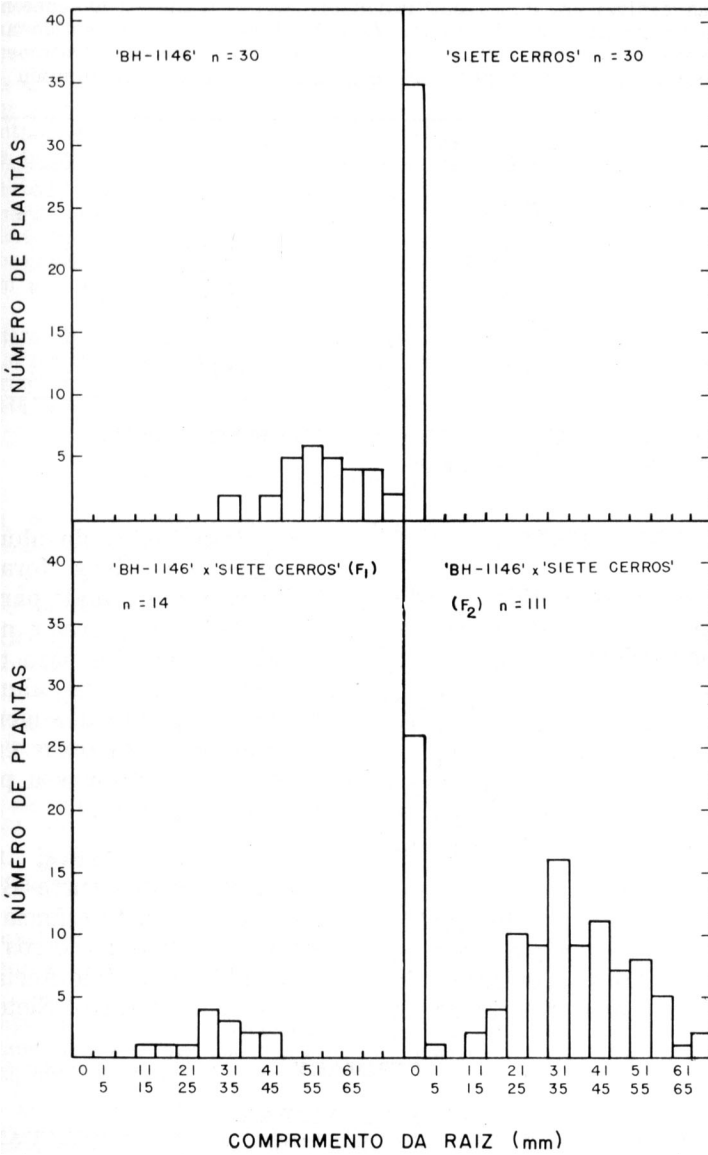


Figura 5. Frequência da distribuição do comprimento da raiz primária central das plântulas dos cultivares Siete Cerros e BH-1146, utilizados como pais, e das plântulas das populações F₁ e F₂, originárias do cruzamento entre ambos, observadas em solução nutritiva após um tratamento prévio com 3mg/litro de alumínio durante 48 horas.

QUADRO 3. Herdabilidades em sentido amplo para crescimento médio das raízes primárias centrais de trigo cultivadas em soluções nutritivas contendo quatro diferentes concentrações de manganês e herdabilidades em sentido amplo para crescimento médio das raízes primárias do trigo, após um tratamento prévio de 48 horas em solução nutritiva contendo 3mg/litro de alumínio

Elemento	Concentrações	H (1)	H (2)
	mg/litro		
Mn	0,11	0,653	0,625
	300,00	0,646	0,754
	600,00	0,785	0,837
	1200,00	0,459	0,658
Al	3,00	0,845	0,797

$$(1) H = [\text{Var } F_2 - (\text{Var } P_1 + \text{Var } P_2 + \text{Var } F_1)]/3 / \text{Var } F_2.$$

$$(2) H = (\text{Var } F_2 - \text{Var } F_1) / \text{Var } F_2.$$

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram tirar as seguintes conclusões:

1. Os cultivares BH-1146 e Siete Cerros, escolhidos para este estudo, representaram um largo espectro de diversidade genética para tolerância ao manganês e alumínio tóxico em soluções nutritivas.

2. Os valores da herdabilidade em sentido amplo para a tolerância a doses crescentes de manganês e para tolerância a

uma dose tóxica de alumínio em soluções nutritivas foram altos, indicando que grande parte da variabilidade encontrada nas populações segregantes para tolerância ao manganês e ao alumínio foi de origem genética, sugerindo que as seleções para essas características seriam efetivas a partir das gerações F_2 e F_3 .

3. Foi possível transferir por cruzamento entre BH-1146 e Siete Cerros a tolerância ao manganês do 'Siete Cerros' para o BH-1146 ou a tolerância ao alumínio deste para o 'Siete Cerros'.

SUMMARY

WHEAT BREEDING.

III. EVIDENCE OF GENETIC CONTROL IN THE TOLERANCE TO MANGANESE AND ALUMINUM TOXICITY IN WHEAT

The cultivar Siete Cerros (P_1) with tolerance to manganese toxicity and the cultivar BH-1146 (P_2) showing sensitivity to manganese, were crossed. It was obtained the F_1 and F_2 generations of this cross. P_1 , P_2 , F_1 and F_2 were cultivated in nutrient solutions containing 0.11, 300, 600 and 1,200mg/l of manganese and they also were tested in other nutrient solution with 3mg/l of aluminum.

The length of the central primary root of plants of each genotype under study after fifteen days being cultivated in nutrient solutions containing different manganese concentrations was used to evaluate the levels of tolerance to this element.

The length of the central primary root of plants of each genotype measured 72 hours in a normal nutrient solution after a previous test in a treatment solution containing 3mg/l of aluminum was considered to evaluate the degree of tolerance to aluminum toxicity.

The broad sense heritabilities values of root length considering increasing levels of manganese in the solution and 3mg/l of aluminum were high which indicated that the present variability found in the populations were in great part due to genetic origin. These results suggested that selections for tolerance to aluminum and manganese toxicities would be effective in early generations of a cross.

The data showed that it would be possible to transfer by crossing BH-1146 and Siete Cerros the genetic tolerance to manganese from Siete Cerros into the BH-1146 germplasm or to obtain a Siete Cerros germplasm with aluminum tolerance from BH-1146 source.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRIGGS, F. N. & KNOWLES, P. F. Introduction to plant breeding. Davis, Reinhold Publishing Corporation, 1977. 426p.
2. BROWN, J. C. & DEVINE, T. E. Inheritance to tolerance resistance to manganese toxicity in soybeans. *Agronomy Journal*, **72**:898-906, 1980.
3. CAMARGO, C. E. O. Melhoramento do trigo. I. Hereditariedade da tolerância ao alumínio tóxico. *Bragantia*, Campinas, **40**:33-45, 1981.
4. ———; KRONSTAD, W. E.; METZGER, R. Parent-progeny regression estimates and associations of height level with aluminum toxicity and grain yield in wheat. *Crop Science*, **20**:355-358, 1980.
5. ——— & OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, Campinas, **40**:21-31, 1981.
6. ——— & OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, **42**:65-78, 1983.
7. FOY, C. D.; FLEMING, A. L.; SCHWARTZ, J. W. Opposite aluminum and manganese tolerances of two wheat varieties. *Agronomy Journal*, **65**:123-126, 1973.
8. KERRIDGE, P. C. & KRONSTAD, W. E. Evidence of genetic resistance to aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* Will. Host). *Agronomy Journal*, **60**:710-711, 1968.
9. MOORE, D. P.; KRONSTAD, W. E.; METZGER, R. Screening wheat for aluminum tolerance. In: *PROCEEDINGS OF WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS*, Beltsville, Maryland, 1976. Ithaca, Cornell University. p.287-295.