

SELEÇÃO DA TOLERÂNCIA À TOXIDEZ DE ALUMÍNIO EM MILHO (*Zea mays L.*)^{1/}

Sônia Maria Alves Pinto Prioli^{2/}
José Carlos Silva^{3/}
José Domingos Galvão^{4/}
Pedro Henrique Monnerat^{4/}
Alberto José Prioli^{5/}

1. INTRODUÇÃO

Os solos dos trópicos e subtrópicos úmidos, normalmente, sofrem intensa lixiviação de bases, com consequente aumento de acidez. Isso condiciona a presença de elementos trocáveis (Al e Mn) em níveis que podem ser tóxicos para as culturas ou influenciar a retenção e disponibilidade de cátions e ânions trocáveis (9). Entre esses elementos está o alumínio. A toxicidade de alumínio, normalmente, ocorre em solos com pH abaixo de 5,5, pois a disponibilidade desse elemento aumenta com a diminuição do pH (3).

Há algumas alternativas para o aproveitamento de solos ácidos: (1) calagem a grandes profundidades, para correção da acidez. Esta alternativa pode apresentar alguns problemas técnicos e econômicos; (2) calagem superficial — o subsolo permanece ácido; (3) melhoramento, para aumentar a tolerância do alumínio; (4) combinação dos itens 2 e 3, isto é, correção do solo associada ao melhoramento genético das plantas cultivadas.

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como um dos requisitos para a obtenção do grau de «Magister Scientiae» em Genética e Melhoramento. Os autores agradecem à CAPES o suporte financeiro.

Recebido para publicação em 22-7-1985.

^{2/} Bolsista da CAPES.

^{3/} Departamento de Biologia Geral da UFV. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Fitotecnia da UFV. 36570 Viçosa, MG.

^{5/} Departamento de Biologia da Fundação Universidade Estadual de Maringá. 87100 Maringá, PR.

Conforme SILVA (9), cinqüenta por cento dos solos brasileiros apresentam problemas de toxidez de alumínio. Portanto, para o Brasil, a obtenção de plantas cultivadas tolerantes ao Al é necessidade imperiosa.

A obtenção de plantas de milho tolerantes à toxidez de Al por meio de seleção, em solução nutritiva com excesso de alumínio, das melhores plantas aos 12 dias de idade e a determinação dos efeitos dessa seleção sobre algumas características agronômicas de plantas adultas foram os principais objetivos desse trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada a variedade de milho 'Composto Dente', da coleção de germinação da Universidade Federal de Viçosa (U.F.V.). Conforme VIANNA (10), essa variedade é procedente da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). O endosperma é dentado, de cor amarelo-palha.

Foram obtidos três ciclos de seleção para tolerância à toxidez de alumínio, em solução nutritiva com excesso de alumínio, usando-se a metodologia e a solução nutritiva propostas por RHUE e GROGAN (7). A concentração de sulfato de amônio foi duplicada, objetivando melhorar a capacidade tamponante da solução nutritiva. A concentração de Al na solução correspondeu a 6,75 ppm e o pH foi ajustado para 4,6, diariamente.

Inicialmente, foram escolhidas 500 sementes sadias da variedade 'Composto Dente', doravante denominada população original, ou ciclo C₀. As sementes sofreram embebição em água desmineralizada durante 12 horas. Em seguida, foram transferidas para placas de Petri, colocando-se, em cada uma, dez sementes, que permaneceram 36 horas em germinador, a 30°C. Depois disso, separaram-se 12 grupos de 24 sementes, dentre as que apresentaram radículas mais desenvolvidas, totalizando 288 sementes. Cada grupo de sementes foi depositado sobre um suporte de tela de náilon, assentado num vaso plástico com a solução nutritiva, que banhava as sementes.

Após 12 dias, efetuou-se a avaliação da tolerância das plantas à toxidez de alumínio, com base nos seguintes caracteres: (a) comprimento da planta; (b) comprimento da radícula; (c) comprimento da maior raiz nodal; (d) número de raízes nodais; (e) clorose nas folhas.

O primeiro ciclo de seleção (C₁) foi obtido por seleção massal, com coeficiente de 20%, enfatizando-se mais o item *b* e menos o item *e*, embora o conjunto tenha prevalecido na avaliação visual das plantas. As plantas selecionadas foram transplantadas para o campo de experimentação. Na época da floração foram feitas polinizações controladas, evitando-se os cruzamentos recíprocos. Parte das sementes obtidas foi misturada, constituindo a população do primeiro ciclo de seleção (C₁).

Do material do primeiro ciclo foram utilizadas 38 espigas, cada qual contribuindo com dez sementes. Essas 380 sementes C₁ foram igualmente selecionadas para tolerância ao Al, originando o segundo ciclo de seleção (C₂), seguindo-se o mesmo procedimento de seleção utilizado na obtenção do ciclo C₁. O ciclo C₃ foi obtido do mesmo modo.

Para a avaliação dos efeitos da seleção sobre os mesmos caracteres da planta utilizados como critérios de seleção, foi realizado um teste, incluindo os ciclos C₀, C₁, C₂ e C₃, com a mesma solução nutritiva usada na seleção e fazendo-se a avaliação aos 12 dias. Nesse teste utilizaram-se dois delineamentos estatísticos. No delineamento inteiramente casualizado, cada vaso continha 24 sementes de um dos ciclos apenas, com três repetições, dispostas aleatoriamente (12 vasos). No delineamento em blocos casualizados, cada vaso continha seis sementes de cada ciclo, totalizando 24 sementes por vaso, com 12 repetições (12 vasos).

Para a avaliação dos efeitos da seleção sobre 12 caracteres da planta adulta de

interesse agronômico, foram feitos dois testes em blocos casualizados, com os ciclos C₀, C₁ e C₂, instalados em terrenos considerados, com base em determinações anteriores, de alto e baixo nível de alumínio trocável, doravante denominados terreno I e terreno II. Foram usadas parcelas constituídas de duas fileiras de 6,0 m, espaçadas de 1,0 m, com espaçamento de 0,5 m entre covas, num total de 24 covas por parcela. Semearam-se três sementes em cada cova, desbastando-se, posteriormente, para duas plantas por cova. Foram feitas 12 repetições, mas, em razão de perdas, utilizaram-se dez repetições no terreno I e oito repetições no terreno II. Três amostras de solo de cada bloco (uma amostra de cada parcela) foram retiradas e misturadas, para dosagem do nível de alumínio, no Laboratório de Fertilidade de Solos, Departamento de Solos da U.F.V. A partir desses dados, fez-se a análise de regressão, para os diversos caracteres, em função do nível de alumínio em cada bloco.

Foi feito um teste adicional para avaliar a efetividade da seleção, colorindo-se a radícula com hematoxilina, conforme proposta de POLLE *et alii* (6), modificada por FONSECA Jr. *et alii* (1). Esse teste permite uma determinação visual rápida das plantas tolerantes, com base na intensidade da coloração da radícula pela hematoxilina.

Na análise de variância e na análise de regressão linear utilizaram-se as fórmulas e procedimentos usuais (5). Os ganhos genéticos obtidos (ΔG) foram calculados com a expressão

$$\Delta G = \overline{PS} - \overline{PO}$$

Quando expressos em porcentagem, foram calculados do seguinte modo:

$$\Delta G = \frac{(\overline{PS} - \overline{PO}) 100}{\overline{PO}} \frac{100}{n}$$

sendo

ΔG = ganho genético obtido

\overline{PS} = média do ciclo C₃

\overline{PO} = média da população original

n = número de ciclos de seleção

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de comprimento de planta, radícula e raiz nodal e de número de raízes nodais estão listadas nos Quadros 1 e 2. Observou-se, para as quatro características, um acréscimo de médias à medida que se efetuava a seleção. Isso se refletiu nos ganhos genéticos obtidos (ΔG) para os mesmos caracteres (Quadros 1 e 2), os quais foram positivos, indicando algum efeito da seleção.

Os resultados referentes aos ganhos genéticos obtidos (Quadros 1 e 2) e as análises de variância (Quadros 3 e 4) praticamente não diferiram, nos dois tipos de delineamento. Isso evidencia que as plantas selecionadas, aparentemente tolerantes, não modificaram diferencialmente o pH da solução nutritiva, em comparação com a população original. Esse comportamento era esperado, porquanto, no decorrer do experimento, foram feitas correções diárias de pH, para minimizar a precipitação do alumínio da solução. Assim, se a tolerância fosse proporcionada apenas pela capacidade de elevação do pH da solução, não seria possível a identifica-

QUADRO 1 - Médias observadas e ganhos genéticos obtidos (ΔG), para quatro caracteres, na população original (C_0), 1º ciclo de seleção (C_1), 2º ciclo de seleção (C_2) e 3º ciclo de seleção (C_3), em teste final, em vasos separados (delineamento inteiramente casualizado), com solução nutritiva com excesso de alumínio/Viçosa, junho de 1980.

Caracteres	Médias observadas			Ganhos (ΔG)	
	C_0	C_1	C_2	<u>Total</u>	<u>Por ciclo</u>
Comprimento da planta (cm)	12,6	15,9	15,1	15,6	3,00
Comprimento da radícula (cm)	3,4	4,0	4,6	4,2	0,80
Comprimento raiz nodal (cm)	1,3	2,0	2,0	2,2	0,90
Nº raízes nodais	2,7	3,0	3,0	3,3	0,60

QUADRO 2 - Médias observadas e ganhos genéticos obtidos (ΔG), para quatro caracteres, na população original (C_0), 1º ciclo de seleção (C_1), 2º ciclo de seleção (C_2) e 3º ciclo de seleção (C_3), em teste final, com vasos comuns (delineamento em blocos casualizados), em solução nutritiva com excesso de alumínio/1 Viçosa, junho de 1980.

Caracteres	Médias observadas			Ganhos (ΔG)		
	C_0	C_1	C_2	C_3	Total	por ciclo
						%
Comprimento da planta (cm)	18,0	18,2	19,7	20,1	2,10	0,70
Comprimento da raíz da radícula (cm)	5,6	5,7	7,8	7,5	1,90	0,63
Comprimento raiz nodal (cm)	2,9	3,4	4,1	4,3	1,40	0,47
Nº de raízes nodais	3,4	3,7	3,9	3,7	0,30	0,10
<u>1/</u> 6,75 ppm de Al.						8,82

ção e seleção de plantas tolerantes em experimentos dessa natureza, porque qualquer elevação de pH por parte de genótipos tolerantes seria anulada pelas correções diárias. Portanto, apenas plantas tolerantes, pelo mecanismo da desintoxicação do alumínio absorvido (2), poderiam ser identificadas e selecionadas. Isso parece ter sido confirmado pelos resultados dos testes de coloração com hematoxilina, conforme proposta de POLLE *et alii* (6), modificada por FONSECA Jr. *et alii* (1), que mostraram que as plantas de todos os ciclos absorveram igualmente o alumínio da solução.

Os resultados das análises de variâncias, nos experimentos de avaliação dos ciclos em solução nutritiva, apresentados nos Quadros 3 e 4, evidenciam influência da seleção para tolerância à toxidez de alumínio sobre o comprimento da planta, comprimento da radícula e comprimento da raiz nodal, mas não sobre o número de raízes nodais. Nos dois experimentos, o ciclo C₂ não diferiu significativamente do ciclo C₃, para os três primeiros caracteres mencionados. Isso indica que a seleção não progrediu após o segundo ciclo de seleção. Embora não se possa, com base nesses dados, formular uma explicação sólida para esse fato, pode-se sugerir a possibilidade de estar a tolerância à toxidez de alumínio, no germoplasma utilizado, próxima do limite de seleção. Isso ocorreria se a tolerância fosse condi-

QUADRO 3 - Análise de variância e comparação da população original (C₀), 1º ciclo de seleção (C₁), 2º ciclo de seleção (C₂) e 3º ciclo de seleção (C₃), em teste final, em vasos separados (delineamento inteiramente casualizado), com solução nutritiva com excesso de alumínio^{1/} Viçosa, junho de 1980.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios			
		Comprimento da planta (cm)	Comprimento da radícula (cm)	Comprimento raiz nodal (cm)	Número de raízes nodais
Tratamento	03	6,7400*	0,7900*	0,4700*	0,1800 ^{NS}
Resíduo	08	1,1125	0,1450	0,0863	0,1338
C.V.		7,13	9,40	15,63	12,19
Médias					
Ciclos					
C ₀		12,6 a	3,4 a	1,3 a	2,7 a
C ₁		15,9 b	4,0 ab	2,0 b	3,0 a
C ₂		15,1 b	4,6 b	2,0 b	3,0 a
C ₃		15,6 b	4,2 b	2,2 b	3,3 a

1/ 6,75 ppm de Al.

* Diferença significativa, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

NS - Diferença não-significativa, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

QUADRO 4 - Análise de variância e comparação da população original (C_0), 1º ciclo de seleção (C_1), 2º ciclo de seleção (C_2) e 3º ciclo de seleção (C_3), em teste final, em vasos comuns (delineamento em blocos casualizados), em solução nutritiva com excesso de alumínio^{1/} Viçosa, junho de 1980.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		Comprimento da planta (cm)	Comprimento da radícula (cm)	Comprimento raiz nodal (cm)	Número de raízes nodais
Repetição	11	13,1800	12,7546	1,6291	0,4100*
Tratamento	03	13,5300*	16,2967**	5,3067**	0,6900*
Resíduo	33	3,2042	1,8112	0,4282	0,2073
C.V.		9,42	20,24	11,64	12,37
Ciclos		Médias			
C_0		18,0 a	5,6 a	2,9 a	3,4 a
C_1		18,2 ab	5,7 a	3,4 a	3,7 ab
C_2		19,7 bc	7,8 b	4,1 b	3,9 b
C_3		20,1 c	7,5 b	4,3 b	3,7 ab

1/ 6,75 ppm de Al.

* Diferença significativa, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Diferença significativa, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

cionada por um gene dominante, conforme trabalho de RHUE *et alii* (8). A seleção aproximaria a tolerância desse limite rapidamente, de modo que os dois ciclos seguintes poderiam não diferir muito. Por outro lado, GALVÃO e SILVA (4) trataram a tolerância como caráter quantitativo.

Foram determinados os níveis de alumínio em cada bloco, nos dois experimentos no campo, verificando-se grande variação dentro de cada experimento, mas quase nenhuma diferença entre experimentos (Quadro 5). Desse modo, fez-se a regressão linear simples, para cada um dos 12 caracteres estudados, em função do nível de alumínio por bloco (Quadro 6).

Pela significância do coeficiente de regressão para o ciclo C_0 e pela sua não-significância para C_1 e C_2 , concluiu-se que houve efeito da seleção apenas para altura da planta, altura da espiga, número de plantas acamadas e número de folhas acima da espiga (Quadro 6). O nível de alumínio influenciou negativamente esses caracteres apenas na população C_0 , que não sofreu seleção para tolerância. As populações C_1 e C_2 , resultantes de seleção, não foram influenciadas pelo nível de alumínio (Quadro 6).

QUADRO 5 - Níveis de alumínio (eq.mg/100 cc) no solo, por bloco, em dois experimentos, para a avaliação dos efeitos da seleção para tolerância à toxidez de alumínio sobre caracteres de interesse agronômico.

Experimento ^{1/}	Blocos										X
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	0,1	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7	0,9	1,3	-	-	0,53 ±0,42
II	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,61 ±0,26

^{1/} Os experimentos I e II, antes de efetuadas as determinações, eram tidos como localizados em solos com alto e baixo nível de alumínio trocável, respectivamente.

QUADRO 6 - Regressão linear simples para cada um dos 12 caracteres agronômicos estudados, em função do nível de alumínio (eq.mg/100 cc) no solo, para a população original (C_0), 1º ciclo de seleção (C_1) e 2º ciclo de seleção (C_2).

Caracteres		C_0	C_1	C_2
Altura da planta (cm)	b	-65,2711**	-16,7427 ^{NS}	-23,0678 ^{NS}
	r^2	0,3562**	0,0332 ^{NS}	0,0863 ^{NS}
Altura da espiga (cm)	b	-53,4351**	-10,0148 ^{NS}	-17,4119 ^{NS}
	r^2	0,3485**	0,0201 ^{NS}	0,0895 ^{NS}
Nº de plantas	b	-6,3962 ^{NS}	0,7196 ^{NS}	-6,5295 ^{NS}
	r^2	0,0955 ^{NS}	0,0018 ^{NS}	0,1152 ^{NS}
Nº de plantas acamadas	b	-6,7131**	-1,2141 ^{NS}	-0,0148 ^{NS}
	r^2	0,4264**	0,1046 ^{NS}	0,0000 ^{NS}
Nº de plantas quebradas	b	-1,4421 ^{NS}	-0,0829 ^{NS}	-2,3216 ^{NS}
	r^2	0,0397 ^{NS}	0,0008 ^{NS}	0,2031 ^{NS}
Nº de espigas	b	-20,9891**	-3,8851 ^{NS}	-14,3322*
	r^2	0,3829**	0,0220 ^{NS}	0,2453*
Peso de 100 grãos (g)	b	0,8078 ^{NS}	-1,2718 ^{NS}	-0,5327 ^{NS}
	r^2	0,0124 ^{NS}	0,0254 ^{NS}	0,0029 ^{NS}
Peso de espigas (kg)	b	-4,6305**	-1,2408 ^{NS}	-3,5621**
	r^2	0,4565**	0,0402 ^{NS}	0,4224**
Peso de grãos (kg)	b	-3,8907**	-0,9571 ^{NS}	-3,0249**
	r^2	0,4594**	0,0322 ^{NS}	0,4201**
Nº de folhas acima da espiga	b	-0,4768*	-0,2150 ^{NS}	0,0548 ^{NS}
	r^2	0,2399*	0,0398 ^{NS}	0,0024 ^{NS}
Nº de folhas abaixo da espiga	b	-0,7750 ^{NS}	0,9118 ^{NS}	-0,5221 ^{NS}
	r^2	0,0576 ^{NS}	0,0929 ^{NS}	0,0407 ^{NS}
Umidade	b	-0,6917 ^{NS}	-0,6977 ^{NS}	-1,0198 ^{NS}
	r^2	0,0554 ^{NS}	0,0617 ^{NS}	0,1184 ^{NS}

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t , para o coeficiente de regressão, b , e pelo teste F , para o coeficiente de determinação, r^2 .

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t , para b , e pelo teste F , para r^2 .

NS Não-significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t , para b , e pelo teste F , para r^2 .

Resultados aparentemente incoerentes, quanto à significância dos coeficientes de regressão (não-significância de b para C_1 e significância para C_2), foram obtidos para número de espigas, peso de espigas e peso de grãos (Quadro 6). É difícil imaginar uma explicação para esses resultados, já que não foi aplicada seleção inversa na população C_1 quando se obteve C_2 .

Por outro lado, o número de plantas, o número de plantas quebradas, o peso de 100 grãos, o número de folhas abaixo da espiga e a umidade foram caracteres que não sofreram influência do nível de alumínio no solo. Caso houvesse tal influência, o coeficiente de regressão deveria ter sido significativo pelo menos na população C_0 (Quadro 6).

Foi encontrada dificuldade na utilização da solução nutritiva proposta por RHUE e GROGAN (7). Apesar de os autores mencionarem estabilidade de pH durante os 12 dias de cultivo, isso não foi conseguido. A duplicação da concentração de $(NH_4)_2SO_4$ melhorou a estabilidade do pH da solução, que, mesmo assim, teve de ser renovada no quinto dia.

4. RESUMO

Neste trabalho foi utilizada a variedade 'Composto Dente', que constituiu a população original, ou ciclo C_0 . A partir dessa variedade foram obtidos três ciclos de seleção subsequentes, para tolerância à toxidez de alumínio. A seleção foi feita em solução nutritiva com excesso de alumínio (6,75 ppm), proposta de RHUE e GROGAN (7) modificada, com pH ajustado para 4,6, diariamente.

Para a avaliação dos efeitos da seleção sobre caracteres da planta, em solução nutritiva, foi realizado um teste com todos os ciclos, de C_0 até C_3 . Esse teste foi feito no delineamento inteiramente casualizado (cada vaso com um ciclo) e em blocos casualizados (cada vaso com todos os ciclos).

Para a avaliação dos efeitos da seleção sobre 12 caracteres de interesse agro-nômico da planta adulta, em condições de campo, foram realizados dois experimentos, em blocos casualizados, com os ciclos C_0 , C_1 e C_2 .

Foi feito teste adicional para avaliar a seleção praticada: coloração da radícula com hematoxilina, para determinar, visualmente, plantas tolerantes que não absorviam alumínio, com base na intensidade da coloração da radícula.

Os resultados evidenciaram que a seleção para tolerância à toxidez de Al influenciou o comprimento da planta, o comprimento da radícula e o comprimento da raiz nodal, em solução nutritiva.

Em condições de campo, a análise de regressão linear simples, em função do nível de Al, revelou que a seleção teve efeito sobre a altura da planta, altura da espiga, número de plantas acamadas e número de folhas acima da espiga. Noutras palavras, o nível de Al prejudicou menos essas características nas plantas selecionadas do que na população original.

Finalmente, deve-se salientar que a solução nutritiva não apresentou a estabilidade de pH esperada, conforme mencionado por RHUE e GROGAN (7).

5. SUMMARY

(SELECTION FOR ALUMINUM TOLERANCE IN MAIZE (*Zea mays* L.))

In this research, the corn variety, 'Composto Dente', was used as the base population (C_0). This variety was submitted to three cycles of selection for aluminum toxicity tolerance. The selection was done in nutrient solution with excess aluminum (6.75 ppm) as proposed by Rhue and Grogan, modified, and with the pH adjusted daily to 4.6.

In order to evaluate the effects of selection on the plants in nutrient solution, cycles C₀ to C₃ were tested, using two designs: completely randomized (each pot with one cycle) and randomized complete blocks (each pot with all cycles).

The effects of selection on 12 (twelve) agronomic characters of the adult plant were evaluated under field conditions by means of two tests in randomized complete block designs using cycles C₀, C₁ and C₂.

An additional test for the evaluation of the effects of the selection was carried out using hematoxylin in order to visually identify the plants that did not absorb aluminum as based on root staining intensity.

The results showed that the selection for tolerance to aluminum toxicity influenced plant height, root length and nodal root length in nutrient solution.

Under field conditions, linear regression analysis in function of the aluminum levels in the blocks, showed that the selection practiced reduced the effects of the aluminum on plant height, ear height, number of lodged plants and number of leaves above the ear.

6. LITERATURA CITADA

1. FONSECA, Jr., N.S.; MARIA, J.; SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; YAMADA, M.M. & TRAGNAGO, J.L. Método de detecção visual da sensibilidade ao alumínio em soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2.º, Brasília, 1981. Anais, Londrina, EMBRAPA — CNPS. (no prelo).
2. FOY, C.D. & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soils. Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28:27-32. 1964.
3. FOY, C.D.; CHANEY, R.L. & WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29:511-566. 1978.
4. GALVÃO, J.D. & SILVA, J.C. Herança da tolerância ao alumínio na variedade de milho Piranão. *Revista Ceres* 25:71-78. 1978.
5. GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. S. Paulo, Livraria Nobel, 1977. 430 p.
6. POLLE, E.; KONZAK, C.F. & KITTRICK, J.A. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedlings roots. *Crop Sci.* 18:823-827. 1978.
7. RHUE, R.D. & GROGAN, C.O. Screening corn for aluminum tolerance. In: Wright, M.J. e Ferrari, S.A. (eds.). *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Ithaca, Cornell Univ., 1976. p. 297-310.
8. RHUE, R.D.; GROGAN, C.O.; STOCKMEYER, E.W. & EVERETT, H.L. Genetic control of aluminum tolerance in corn. *Crop. Sci.* 18:1063-1067. 1978.
9. SILVA, A.R. Melhoramento genético para resistência à toxidez de alumínio e manganês no Brasil. Antecedentes, necessidade e possibilidades. Tópicos para discussão e pesquisa. *Ciência e Cultura*. 28:147-149. 1976.
10. VIANA, R.T. *Correlações genéticas e capacidade geral de combinação em linhagens endogâmicas de milho (Zea mays L.)*. Viçosa, U.F.V.. Imprensa Universitária, 1977. 72 p. (Tese M.S.).