

# AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES DE MILHO E SEUS CRUZAMENTOS PARA TOLERÂNCIA À TOXIDEZ DE ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA<sup>1</sup>

MAURÍCIO ANTÔNIO LOPES<sup>2</sup>, RICARDO MAGNAVACA,  
ANTÔNIO F.C. BAHIA FILHO e ELTO EUGÊNIO GOMES E GAMA<sup>3</sup>

**RESUMO** - Avaliaram-se populações de milho (*Zea mays* L.) e seus cruzamentos quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritiva. No primeiro experimento treze populações foram colocadas em dois níveis de Al (0 e 222  $\mu\text{mol Al litro}^{-1}$ ) e, oito dias após determinou-se a percentagem de crescimento relativo da raiz seminal e o peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular. No segundo experimento foram testadas cinco populações,  $F_1$ 's e recíprocos. Neste experimento analisou-se a variável percentagem de crescimento relativo da raiz seminal. Os parâmetros que envolvem peso de matéria seca foram ineficientes para separar os genótipos quanto à tolerância ao alumínio. O mesmo não se verificou para crescimento relativo da raiz seminal. Genótipos selecionados em condições de toxidez de alumínio no campo mostraram tolerância na avaliação em solução nutritiva. Por outro lado, no dialélico completo efetuado não se detectou herança citoplasmática para tolerância. A capacidade geral de combinação foi o componente de maior magnitude no cruzamento dialélico entre materiais tolerantes e não tolerantes. Dentre o material testado, as populações CMS 36 e CMS 30 podem ser indicadas como fontes de tolerância a alumínio.

**Termos para indexação:** *Zea mays*, capacidade combinatória, herança citoplasmática, cruzamentos dialélicos.

## PERFORMANCE OF MAIZE POPULATIONS AND THEIR CROSSES FOR ALUMINUM TOLERANCE IN NUTRIENT SOLUTION

**ABSTRACT** - Maize (*Zea mays* L.) populations were tested for aluminum tolerance by the nutrient solution technique. Populations were tested *per se* and in a complete diallel cross involving parental populations,  $F_1$  crosses and reciprocals. The variable relative seminal root length was effective in discriminating between tolerant and nontolerant genotypes in a solution containing 222  $\mu\text{mol Al liter}^{-1}$ . The variable top dry weight and root dry weight were not effective for genotype discrimination. The experimental hybrid CMS 200 and the population CMS 30 and CMS 36, that were selected in soils with high aluminum saturation showed to be tolerant in nutrient solution with Al. CMS 30 and CMS 36 were Al tolerant *per se* and affected positively for tolerance the mean of crosses involving those two populations. In the combining analysis, the variance for general combining ability explained most of the variation, but specific combining ability was also statistically significant. Cytoplasmic inheritance was not detected for aluminum tolerance.

**Index terms:** *Zea mays*, combining ability, cytoplasmic inheritance, diallel crosses.

## INTRODUÇÃO

A ocorrência de solos ácidos nos trópicos é bastante comum, estando a acidez associada, em muitos casos, à baixa fertilidade desses solos. No Brasil o problema ocorre em grandes áreas do seu território expressando-se, em parte, nos solos sob vegetação de cerrado que cobrem cerca de 1,8 milhão de  $\text{km}^2$ . Os Estados de Goiás, Mato Grosso e Minas

Gerais respondem por 73% desta área (Relatório técnico anual 1977).

Os solos predominantes são os Latossolos, fortemente ácidos, com baixos valores de CTC efetiva, alta saturação em alumínio e reduzida disponibilidade de fósforo (Lopes & Cox 1977). Associada a estas características tais solos apresentam baixa capacidade de retenção de água (Fernandes et al. 1978). Neste caso, a correção da camada superficial condiciona o desenvolvimento do sistema radicular de culturas sensíveis ao volume de solo corrigido, aumentando, na ocorrência de déficit hídrico, o risco da exploração agrícola nestas áreas.

Desta forma, a combinação de práticas de correção na camada arável com tolerância à toxidez de

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 14 de julho de 1986.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., EPAMIG - À disposição da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPMS.

alumínio constitui uma alternativa para redução do risco nestes solos.

A ocorrência de variabilidade genética em milho para tolerância ao alumínio já foi constatada em alguns trabalhos (Lutz Junior et al. 1971, Bahia Filho et al. 1978, Napolini Filho et al. 1981, Magnavaca 1982).

Por outro lado, vários métodos de screening tem sido desenvolvidos, com várias espécies, para identificação da tolerância tanto a nível de campo quanto em experimentos de vasos com solo e em solução nutritiva. (Arminger et al. 1968, Foy et al. 1965, Howeler & Cadavid 1976, Lefever et al. 1977, MacLean & Chiasson 1966, MacLeod & Jackson 1967, Reid et al. 1969, Furlani & Clark 1981, Garcia et al. 1979, Magnavaca 1982).

No presente trabalho a técnica de solução nutritiva foi empregada na avaliação de populações de milho quanto a tolerância ao alumínio.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos utilizando-se a mesma metodologia. O Experimento I consistiu na avaliação de treze populações de milho, em dois níveis de alumínio (0 e 222  $\mu\text{mol Al litro}^{-1}$ ), no delineamento de parcelas subdivididas, com níveis de alumínio na parcela e populações na subparcela, com três repetições por nível de Al. As variáveis analisadas foram a percentagem de crescimento relativo de raiz seminal, peso de matéria seca da parte aérea e sistema radicular. Das populações testadas, a CMS 30 e CMS 36 são variedades selecionadas por seleção recorrente em solos sob condições de elevada acidez. O CMS 200 é híbrido triplo experimental selecionado também para solos ácidos. As outras populações têm sido selecionadas também pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo mas não em condições de solos ácidos: CMS 14, CMS 04, BR 105, CMS 28, CMS 11, CMS 12, CMS 22, BR 126, CMS 06, CMS 07.

No Experimento II, foram avaliadas cinco populações parentais (CMS 30, CMS 36, CMS 04, CMS 14 e CMS 13) e seus respectivos cruzamentos  $F_1$  e recíprocos de um dialélico completo. Todos os genótipos foram avaliados no nível de 222  $\mu\text{mol litro}^{-1}$  de Al. O experimento foi em blocos casualizados com três repetições, com parcela de 21 plantas. A variável analisada foi a percentagem de crescimento relativo de raiz seminal. Para a análise dos cruzamentos dialélicos completos, foi utilizado o método proposto por Griffing (1956), de acordo com o método I e modelo I.

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, utilizando-se o método de solução nutritiva descrito por Furlani & Clark (1981) e Magnavaca (1982). As placas de plástico para sustentar as plantas eram perfuradas

no diâmetro de 2,0 cm, e a parcela era constituída de três fileiras de sete plantas. As plântulas foram transplantadas para solução tratamento sete dias após germinação, presas com esponja, e permaneceram em crescimento por oito dias com aeração constante e controle de nível de água e pH.

A solução nutritiva usada para o crescimento de plântulas, no volume de 163 ml/planta, continha em  $\text{mmol litro}^{-1}$  3,5 de Ca; 2,3 de K; 10,9 de  $\text{NNO}_3$ ; 0,85 de Mg; 1,3 de  $\text{NNH}_4$ ; 0,58 de S; 0,59 de Cl. Continha também em  $\mu\text{mol litro}^{-1}$  45 de P; 25 de B; 75 de Fe; 9,1 de Mn; 2,29 de Zn; 0,63 de Cu; 0,83 de Mo e 75 de EDTA. O alumínio, quando presente, foi colocado na concentração de 222  $\mu\text{mol litro}^{-1}$  na forma de  $\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . O pH da solução nutritiva foi ajustado inicialmente para 4,0 e af mantido por controle diário.

Quando as plantas eram colocadas na solução nutritiva com os tratamentos, media-se para cada planta o crescimento inicial de raiz seminal (CIRS) e após oito dias de crescimento media-se o comprimento final de raiz seminal (CFRS) para a mesma raiz. Com estes dois dados foi calculada a percentagem de crescimento relativo de raiz seminal (CRRS):

$$\text{CRRS} = \left[ \frac{\text{CFRS}}{\text{CIRS}} - 1 \right] \cdot 100$$

A depressão no crescimento relativo da raiz seminal (DCRS) em percentagem, foi calculada pela fórmula:

$$\text{DCRS} = \frac{\text{CRRS (0 } \mu\text{mol Al)} - \text{CRRS (222 } \mu\text{mol Al)}}{\text{CRRS (0 } \mu\text{mol Al)}} \cdot 100$$

Após as medidas da raiz, separou-se o sistema radicular da parte aérea, obtendo-se após secagem a 75°C por 48 horas, peso de matéria seca da parte aérea (MSPA) e peso de matéria seca do sistema radicular (MSSR).

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### Experimento I. Avaliação de populações de milho para tolerância ao alumínio

Na análise de variância o parâmetro crescimento relativo de raiz seminal (CRRS) mostrou diferenças entre níveis de alumínio, para as treze populações, e interação entre níveis de alumínio e populações (Tabela 1). As variáveis matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca do sistema radicular (MSSR), apesar de haver diferenças entre populações, são independentes do nível de alumínio. Esta insensibilidade dos parâmetros de matéria seca para detectar diferenças entre genótipos tolerantes e não tolerantes à toxidez de alumínio já havia

sido relatada para sorgo por Furlani & Clark (1981) e para milho por Magnavaca (1982).

Na Tabela 2 são mostrados os dados médios para as mesmas variáveis e ainda a depressão no crescimento relativo de raiz seminal (DCRS) entre os níveis de 0 e 222  $\mu\text{mol Al litro}^{-1}$ . O híbrido experimental CMS 200 selecionado em solos com alumínio tóxico e as variedades CMS 36 e CMS 30 também selecionadas nas mesmas condições, mostraram em solução nutritiva um desenvolvimento de raiz seminal superior às demais populações. No entanto, os dados de matéria seca da parte aérea e sistema radicular (MSPA e MSSR), na média dos dois níveis, mostraram que os três genótipos considerados mais tolerantes com base em crescimento de raiz seminal apresentaram menor acúmulo de matéria seca, principalmente no sistema radicular. Estes resultados são uma indicação de que genótipos mais tolerantes ao alumínio desenvolvem raízes mais finas, confirmando resultados obtidos em milho pelo Relatório técnico anual (1980) e Magnavaca (1982) e em soja por Hanson & Kamprath (1979).

A discriminação semelhante de genótipos para tolerância à toxidez de alumínio pelas variáveis DCRS e CRRS no nível de 222  $\mu\text{mol litro}^{-1}$  mostrou que não é necessária a comparação relativa com um nível zero de alumínio. As duas variáveis são estreitamente correlacionadas ( $r = -0,964^{**}$ ). Basta que se use um nível único de alumínio mas que seja mantida uma relação de aproximadamente 5:1 entre alumínio e fósforo na solução nutritiva. Esta relação de alumínio e fósforo e a variável crescimento relativo de raiz seminal (CRRS) constituem o procedimento indicado por Magnavaca (1982) para discriminar genótipos tolerantes para toxidez de alumínio.

Os resultados também confirmam tolerância para toxidez de alumínio esperada para os genótipos CMS 200, CMS 30 e CMS 36. O CMS 30 (Composto Amplo) é oriundo de seis ciclos de seleção recorrente de famílias de meios-irmãos em Latossolo Vermelho Escuro distrófico com 45% de saturação de alumínio (Relatório técnico anual 1980). O CMS 200 foi obtido a partir de linhagens que se mostraram muito tolerantes quando avaliadas *per se* em solos ácidos (Bahia Filho et al. 1978) e tam-

bém em cruzamento (Naspolini Filho et al. 1981). O CMS 36 é um sintético formado pela recombinação de linhagens de maior capacidade geral de combinação para tolerância a solos ácidos.

#### Experimento II. Capacidade combinatória de populações de milho para tolerância ao alumínio

No Experimento I, ficou clara a superioridade das populações CMS 30 e CMS 36 quanto a tolerância à toxidez de alumínio. No Experimento II, procurou-se detectar se estes genótipos mais tolerantes transmitem suas características quando em cruzamento com outras populações.

Os cruzamentos dialélicos completos realizados com as populações CMS 30, CMS 36, CMS 14, CMS 13 e CMS 04 foram avaliados segundo o parâmetro percentagem de crescimento relativo da raiz seminal (CRRS) e analisados segundo o método I e modelo I de análise de variância preconizada por Griffing (1956).

As médias de percentagem de crescimento relativo da raiz seminal (CRRS) para as populações parentais,  $F_1$ 's e recíprocos testados em solução nutritiva com 222  $\mu\text{mol Al litro}^{-1}$  acham-se na Tabela 3. Observa-se que na linha diagonal, os desempenhos *per se* das populações consideradas tolerantes no Experimento I (CMS 36 e CMS 30) foram os maiores dentre as cinco populações testadas, confirmando suas tendências de suportar satisfatoriamente níveis tóxicos de alumínio em solução nutritiva.

A análise de variância para o mesmo parâmetro (Tabela 4) evidenciou diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) para tratamentos, evidenciando que existem diferenças predominantemente genotípicas, e que foram devidamente investigadas pela análise de capacidade combinatória. Os quadrados médios da capacidade geral de combinação (CGC), foram muito superiores aos da capacidade específica de combinação (CEC) sendo significantes respectivamente a 1% e 5%. Este resultado mostra a importância da variância aditiva na seleção de genótipos tolerantes à toxidez de alumínio, em concordância com resultados de Naspolini Filho et al. (1981) e Magnavaca (1982).

TABELA 1. Análise de variância dos dados de percentagem de crescimento relativo da raiz seminal, peso de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das populações de milho em solução nutritiva.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		CRRS (%) <sup>1</sup>	MSPA (g) <sup>2</sup>	MSSR <sup>3</sup>
Bloco	2	0,0052	0,8623	0,0357
Níveis de Alumínio (Al)	1	7,9725**	7,0753	1,8653
Resíduo (a)	2	0,0108	0,5470	0,2755
Populações	12	0,1619**	3,3897**	0,8081**
Al x populações	12	0,0644**	0,3631	0,0437
Resíduo (b)	48	0,0142	0,2766	0,0467
Média		67,89	5,99	3,04
CV (b) %		7,10	8,78	7,11

<sup>1</sup> Percentagem de crescimento relativo da raiz seminal.

<sup>2</sup> Peso da matéria seca da parte aérea.

<sup>3</sup> Peso da matéria seca do sistema radicular.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1%.

TABELA 2. Percentagem de crescimento relativo da raiz seminal (CRRS), percentagem de depressão no crescimento relativo da raiz seminal (DCRS) entre 0 e 222  $\mu\text{mol Al litro}^{-1}$ , peso de matéria seca da parte aérea (MSPA) e peso da matéria seca do sistema radicular (MSSR) de populações de milho em solução nutritiva. Experimento I (médias de três repetições).

Populações	CRRS (%) <sup>1</sup>		DCRS (%) <sup>1</sup>	MSPA (g) <sup>1</sup>	MSSR (g) <sup>1</sup>
	Al 0 $\mu\text{mol}$	Al 222 $\mu\text{mol}$		Média 2 níveis	Média 2 níveis
CMS 36	88.9 cde	64.4 b	27.54 b	5.85 c	2.95 de
CMS 14	107.2 abc	23.7 c	77.86 a	5.44 cd	2.94 de
CMS 04	81.7 de	17.2 c	78.92 a	6.78 a	3.45 ab
CMS 30	113.9 ab	71.4 ab	37.25 b	4.60 e	2.52 fg
BR 105	81.9 de	25.2 c	69.26 a	6.60 a	3.34 bc
CMS 28	106.5 abc	25.7 c	75.88 a	5.97 bc	3.14 cd
CMS 11	98.0 bcde	17.4 c	82.22 a	6.51 ab	3.28 bc
CMS 12	102.0 bc	21.6 c	78.75 a	5.42 cd	2.72 ef
CMS 22	92.7 cde	26.8 c	71.10 a	5.84 c	2.94 de
BR 126	100.1 bc	24.3 c	75.73 a	6.99 a	3.60 a
CMS 06	79.9 e	25.9 c	67.58 a	7.00 a	3.42 ab
CMS 07	123.1 a	33.7 c	72.57 a	5.79 c	2.75 ef
CMS 200	121.8 a	89.2 a	26.78 b	5.08 de	2.45 g

<sup>1</sup> As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade.

A estimativa para efeito recíproco não mostrou significância para percentagem de crescimento relativo da raiz seminal. A ausência de efeito recíproco indica que não há efeito materno para tolerância

a toxidez de alumínio quando avaliado por esta variável. Esta não interferência de herança citoplasmática confirma resultados com linhagens de milho obtidos por Rhue et al. (1978). É portanto

suficiente, apenas a discussão de capacidade combinatória para os pais e seus respectivos  $F_1$ 's já que os recíprocos não acrescentam maiores informações.

com as quais se compara. Estes são portanto, valores que indicam a importância dos genes de efeito predominantemente aditivo. As populações CMS 36 e CMS 30 mostraram os maiores valores posi-

TABELA 3. Percentagem de crescimento relativo da raiz seminal para as populações paternas (diagonal),  $F_1$ 's e recíprocos de cruzamentos dialélicos testados para tolerância à toxidez de alumínio em solução nutritiva com 222  $\mu\text{mol Al litro}^{-1}$ . Experimento II (médias de três repetições).

	CMS 04	CMS 14	CMS 36	CMS 13	CMS 30	Total
CMS 04	37.66	26.00	44.33	35.00	48.00	191.00
CMS 14	40.33	27.00	44.66	34.33	51.66	198.00
CMS 36	51.33	40.33	66.00	37.00	50.00	244.67
CMS 13	37.00	30.00	53.00	36.00	56.66	212.67
CMS 30	42.00	54.33	56.66	47.66	47.33	248.00
Total	208.33	177.66	264.66	190.00	253.66	1094.33

TABELA 4. Análise de variância para capacidade combinatória do parâmetro percentagem de crescimento relativo da raiz seminal de cruzamentos dialélicos completos entre cinco populações de milho testados em solução nutritiva para tolerância à toxidez de alumínio. Experimento II.

Fonte de variação	G.L.	QM
Blocos	2	19.23
Tratamentos	24	99.89**
Capacidade geral de combinação	4	394.28**
Capacidade específica de combinação	10	46.01*
Efeito recíproco	10	36.03
Erro	48	21.633
Média geral = 43.77	C.V. = 18.4%	

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5%.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1%.

As estimativas dos efeitos de capacidade geral e específica de combinação constam na Tabela 5. Segundo Sprague & Tatum (1942), baixas estimativas de  $\hat{g}_i$  indicam variedades com combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos no sistema dialélico. Altas estimativas de  $\hat{g}_i$  (com sinal positivo ou negativo) indicam variedades melhores ou piores que as variedades restantes

para  $\hat{g}_i$ . As populações CMS 14, CMS 04 e CMS 13 apresentaram valores de  $\hat{g}_i$  negativos. CMS 36 e CMS 30, portanto, aumentam a média dos cruzamentos em que participam. De forma contrária, as populações CMS 14, CMS 04 e CMS 13 apresentam médias de seus cruzamentos menores que a média geral dos  $F_1$ 's, contribuindo com genes de ação aditiva que provocam queda de desempenho nos cruzamentos em que participam.

Com relação à capacidade específica de combinação, Sprague & Tatum (1942) relatam que os valores altos com sinal positivo ou negativo indicam algumas combinações específicas que são melhores ou piores que o esperado, baseando-se na CGC dos genitores. Desta forma, pode-se afirmar que, em grande parte, a CEC depende de genes que mostram efeitos de epistasia ou dominância. Os cruzamentos CMS 14 x CMS 30 e CMS 13 x CMS 30 apresentaram os maiores valores positivos.

Os cruzamentos CMS 36 x CMS 30, CMS 36 x CMS 13 e CMS 36 x CMS 14 tiveram os maiores valores negativos para CEC.

Comparando os dados dos Experimentos I e II, parece que para o Experimento II, a avaliação *per se* do CMS 30 ficou subestimada. Isto explica em parte os resultados para CEC envolvendo a variedade CMS 30. Apesar destes efeitos significativos para CEC, a tolerância das populações CMS 36 e

CMS 30 é superior ou comparável aos melhores  $F_1$ 's. Isto possibilita sua utilização como fonte de tolerância à toxidez de alumínio, visto que na média dos cruzamentos, ou em alguns cruzamentos específicos superiores, ambas as populações melhoraram a tolerância.

TABELA 5. Estimativa dos efeitos de capacidade específica e capacidade geral de combinação para cruzamentos dialélicos entre cinco populações de milho testados em solução nutritiva quanto à tolerância a toxidez de alumínio. Experimento II.

Populações	$\hat{S}_{ij}$					$\hat{g}_i$
	CMS 04	CMS 14	CMS 36	CMS 13	CMS 30	
CMS 04		-0.560104	0.73999	-0.42664	-1.3266	-3.84002
CMS 14			-2.2266	-1.89332	9.04002	-6.20669
CMS 36				-2.42667	-3.99332	7.16001
CMS 13					5.50668	-3.40665
CMS 30						6.39335

E.P.

$$\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik} = 4.16018$$

$$\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl} = 3.60282$$

$$\hat{g}_i - \hat{g}_j = 2.08009$$

### CONCLUSÕES

1. Percentagem de crescimento relativo da raiz seminal (CRRS) discriminou materiais tolerantes de não tolerantes. Peso de matéria seca da parte aérea (MSPA) e sistema radicular (MSSR) foram ineficientes para este fim.

2. O caráter tolerância à toxidez de alumínio não revelou herança citoplasmática.

3. A capacidade geral de combinação foi o parâmetro de maior magnitude no estudo dos cruzamentos dialélicos entre populações de milho tolerantes e não tolerantes à toxidez de alumínio.

4. As populações CMS 36 e CMS 30 são indicadas como fontes de tolerância ao alumínio.

### REFERÊNCIAS

- ARMINGER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; CALDWELL, B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid high in exchangeable aluminum. *Agron. J.*, 60:67-70, 1968.
- BAHIA FILHO, A.F.C.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; MAGNAVACA, R.; BAHIA, F.G.F.T.C. Avaliação de linhagens e populações de milho em condições de elevada acidez. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, 1976. Anais. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.51-8.
- FERNANDES, B.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B. Caracterização de alguns solos sob cerrado e disponibilidade d'água para culturas. *Experientiae*, 24:209-60, 1978.
- FOY, C.D.; BORN, G.R.; BROW, J.C.; FLEMING, A.L. Differential aluminum tolerance of two wheat varieties associated with plant-induced pH changes ground their roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29:64-7, 1965.
- FURLANI, P.R. & CLARK, R.B. Screening sorghum for aluminum tolerance in nutrient solution. *Agron. J.*, 73:587-94, 1981.
- GARCIA, J.R.; SILVA, W.J. da; MASSEI, M.A.S. An efficient method for screening maize inbred for aluminum tolerance. *Maydica*, 23:75-82, 1979.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel-crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.*, 9:463-93, 1956.
- HANSON, W.D. & KAMPRATH, E.J. Selection for aluminum tolerance in soybean based on seedling-root growth. *Agron. J.*, 71:581-6, 1979.
- HOWELER, R.H. & CADAVID, L.F. Screening of rice cultivars for tolerance to Al toxicity in nutrient solution as compared with field screening method. *Agron. J.*, 68:551-5, 1976.
- LEFEVER, A.N.; CAMPBELL, L.G.; FOY, C.D. Differential response of wheat cultivars to Al. *Agron. J.*, 69:563-8, 1977.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. A survey of the fertility status simpose soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:742-7, 1977.

- LUTZ JUNIOR, J.A.; HAWKINS, G.W.; GENTER, C.F. Differential response of corn inbreds and single crosses to certain properties of an acid soil. *Agron. J.*, 63: 803-5, 1971.
- MACLEAN, A.A. & CHIASSON, T.C. Differential performance of two barley varieties to varying aluminum concentrations. *Can. J. Soil Sci.*, 46:147-53, 1966.
- MACLEOD, L.B. & JACKSON, L.P. Aluminum tolerance of two barley in nutrient solution, peat and soil culture. *Agron. J.*, 59:359-63, 1967.
- MAGNAVACA, R. Genetic variability and the inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays* L.). Lincoln, University of Nebraska, 1982. 135p. Tese Doutorado.
- NASPOLINI FILHO, V.; BAHIA FILHO, A.F.C.; VIANNA, R.T.; GAMA, E.E.G. e; VASCONCELLOS, C.A.; MAGNAVACA, R. Comportamento de linhagens e de híbridos simples de milho em solos sob vegetação de cerrado. *Ci. e Cult.*, 33(5):722-7, 1981.
- REID, D.A.; JONES, G.D.; ARMINER, W.H.; FOY, C.D.; KOCA, E.J.; STARLINS, T.M. Differential aluminum tolerance of winter barley varieties and selections in associated greenhouse and field experiments. *Agron. J.*, 61:218-22, 1969.
- RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS, 1975-1976. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1977. 150p.
- RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, 1979. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1980. 121p.
- RHUE, R.D.; GROGAN, C.O.; STOCKMEYER, E.W.; EVERETT, H.L. Genetic control of aluminum tolerance in corn. *Crop Sci.*, 18:1063-67, 1978.
- SPRAGUE, G.F. & TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 34:923-32, 1942.