

EFEITO DO ALUMÍNIO E DE *Glomus leptotichum*
SHENCK E SMITH NO DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES
DE *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT
TOLERANTE E INTOLERANTE AO ALUMÍNIO *

Itamar S. Melo**

Adriana P.D. da Silveira***

Angela M. Maluf***

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a interação micorrízica X Al tóxico no substrato efetuou-se um experimento fatorial 2x2x2, em casa de vegetação, no Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba. Foram empregadas duas cultivares de *Leucaena leucocephala*, uma Al - tolerante (Planta 49 - Estrada do Bongue) e outra Al-intolerante (N0749), cultivadas em areia lavada e esterilizada, com adição de solução nutritiva. A micorriza foi estabelecida com a inoculação de

* Entregue para publicação em 29/10/87.

** Pesquisador da EMBRAPA comissionado no Departamento de Genética, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

*** Pesquisadores do Instituto de Botânica, SP.

Glomus leptochilum Shenck e Smith no substrato, mantendo-se como testemunha a ausência do fungo. Dois níveis de Al foram avaliados, 0 e 9 ppm, adicionados à solução nutritiva. Aos 65 dias após o transplante das plântulas procedeu-se à colheita e foram determinados o peso da matéria seca da parte aérea, altura de planta, porcentagem de colonização radicular, teor e quantidade acumulada de N, P, K, Ca, Mg e Al na parte aérea. Observou-se um acentuado efeito promotor da micorriza em *Leucaena*, o que gerou-lhe incrementos tanto no desenvolvimento da planta como na absorção de nutrientes. A cultivar intolerante ao Al tóxico mostrou-se mais dependente da micorriza e inclusive mais beneficiada, apresentando os maiores acréscimos na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea. Nas condições do experimento não houve acentuada diferença entre as doses de Al empregadas e, apesar do maior acúmulo do elemento em plantas micorrizadas, não foi observado interferência no desenvolvimento das cultivares.

INTRODUÇÃO

O problema da acidez do solo é muito grande no Brasil e a sua correção através do uso de calcário, frequentemente é difícil e antieconômica, principalmente no caso de forrageiras.

Uma alternativa promissora é o uso de plantas tolerantes ao Al, associadas a microrganismos que favoreçam o seu desenvolvimento em condições de alta acidez. Neste

sentido, esta tolerância ao Al pode ter uma considerável influência por parte das micorrizas VA, como demonstrado por SIQUEIRA e OLIVEIRA (1986) e MALUF et alii (no prelo).

O alumínio presente nos solos ácidos, interfere na absorção e utilização de elementos minerais, especialmente Ca e P (FOY et alii, 1978; SANCHEZ e SALINAS, 1981; MALUF et alii, 1986). Assim, a presença de micorrizas VA, aumentando principalmente a absorção de P pelo acréscimo da área de absorção radicular (SANDERS & TINKER, 1971) pode compensar o efeito danoso do Al.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito do alumínio e da micorrização por *Glomus leptotrichum* em cultivares de *Leucaena leucocephala*, contrastantes em relação à tolerância ao alumínio, através do uso de solução nutritiva em areia.

MATERIAL E MÉTODOS

Em casa de vegetação, no Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba, foi instalado um experimento fatorial 2x2x2, conduzido com delineamento inteiramente casualizado e envolvendo duas cultivares de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, dois níveis de Al e a presença ou ausência da micorriza VA. Foram feitas cinco repetições de cada tratamento.

Empregou-se como substrato areia lavada e esterilizada em autoclave a 121°C e 1 atm durante duas horas. Os vasos foram irrigados duas vezes ao dia com solução nutritiva. A solução utilizada foi a de Steinberg modificada 1:5, descrita por FOY et alii (1967), diluída dez vezes, com as seguintes concentrações dos elementos, em ppm: Ca - 5,08; Mg - 0,66; N - 5,6 (N-NO₃ - 5,19 e N-NH₄ - 0,41); S - SO₄ - 0,38; K - 2,94; Na - 0,001; P - 0,03; Cl - 0,034; Mn - 0,013; B - 0,007; Zn - 0,004; Cu - 0,001 e Mo - 0,0005. O Fe na concentração de 0,1 ppm

adicionado, separadamente, como Fe-EDTA. Nos tratamentos com Al, adicionaram-se 3 ppm de Al na forma de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, concentração esta que foi determinada por MALUF (1984) como sendo a ideal para diferenciar cultivares Al-tolerante das intolerantes de *Leucaena leucocephala*. Inicialmente, cada vaso foi irrigado com 500ml de solução nutritiva, que era mantida num reservatório, onde toda semana e de forma alternada, era completado o volume ou com água destilada ou com a própria solução; a cada 20 dias a solução era trocada. O controle do pH foi feito semanalmente, mantendo-o na faixa de 4,0 a 4,5.

Foram empregadas duas cultivares de *Leucaena leucocephala*, uma tolerante ao Al - Planta 49 (Estrada do Bongue) e outra intolerante ao Al - N0 749, descritas em MALUF (1984). As sementes, escarificadas mecanicamente, foram postas para germinar em germinador a 25°C durante cinco dias. Por ocasião do transplante, de uma plântula por vaso, foi feita a adição de 40 ml de solo contendo, aproximadamente, 2000 esporos do fungo *Glomus leptotichum* Schenck & Smith, além de pedaços de raiz de milho infectados e micélio. O tratamento testemunha recebeu igual volume de solo isento de propágulos de fungo MVA, mas com pedaços de raiz de milho não infestados.

A colheita foi realizada 65 dias após o transplante. Mediu-se a altura das plantas e cortou-se a parte aérea na região do colo, a qual foi seca em estufa a 45°C, com circulação de ar forçada, até peso constante, para determinação do peso da matéria seca. Posteriormente, as plantas foram trituradas em micromoinho, e fez-se a determinação de N, P, K, Ca, Mg e Al na parte aérea, na Seção de Radioquímica e Química Analítica do CENA, em Piracicaba. O sistema radicular foi lavado com água corrente e fez-se a coloração das raízes (PHILLIPS & MAYMAN, 1970) para posterior determinação da colonização pelo *G. leptotichum*.

As análises estatísticas foram realizadas por programa de computação, empregando-se o SANEST (Sistema de

Análise Estatística) do CIAGRI, ESALQ/USP, Piracicaba, usando-se o teste de Tukey para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância para as variáveis analisadas (Tabela 1) mostram que para a altura de planta somente houve diferenças significativas ($\alpha = 0,01$) para o fator micorriza, enquanto que para o peso da matéria seca da parte aérea houve significância tanto para o efeito da micorriza como de cultivar.

Tabela 1. Análise de variância para as variáveis altura de planta (AP) e peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA).

Causas da variação	GL	Valores de F para	
		AP	PMSPA
Micorriza (M)	1	71,7037**	83,4367**
Cultivar (C)	1	0,2133	18,4337**
Doses Al (A)	1	1,0015	0,0008
M x C	1	0,0059	1,3285
M x A	1	0,8533	0,0033
C x A	1	1,1615	0,3321
MxCxA	1	0,1481	0,0407
Resíduo	32		
Total	39		

O efeito benéfico da micorriza em *Leucaena leucocephala* já foi evidenciado por MANJUNATH *et alii* (1984), HUANG *et alii* (1985) e, em particular, com *Glomus lept-*

ti chum, por MALUF et alii*. A figura 1 confirma tal efeito, sendo que a micorriza incrementou a altura das plantas em 57% e o peso da parte aérea em 110% (Tabela 2). Este resultado, provavelmente, foi uma consequência da melhoria no "status" nutricional da planta (Tabela 3) causada pela presença do *G. leptotrichum*. Observaram-se consideráveis incrementos, respectivamente, nos teores e quantidades acumulados de N (3 e 118%), K (48 e 212%), Ca (30 e 173%), Mg (68 e 254%) e, principalmente, de P (150 e 400%), bem como do Al (132 e 392%). Apesar desse aumento na absorção de Al não foram constatados sintomas acentuados de toxidez nas plantas, que poderia ter prejudicado o desenvolvimento da *Leucaena*. O estabelecimento de associações micorrízicas em substrato inerte requer o uso de uma solução nutritiva onde a disponibilidade dos elementos deve ser balanceada, havendo necessidade de um fornecimento adequado de N e P, principalmente (MENGE, 1984). Autores como DAFT & EL-GIAHMI (1978), CRESS et alii (1979) e OJALA & JARREL (1980) empregaram, como substrato areia irrigada com solução nutritiva, e obtiveram pleno desempenho da simbiose, o que também ocorreu neste experimento.

A Figura 2 mostra que apesar das cultivares não terem diferido com relação à altura, o Al-tolerante superou significativamente o Al-intolerante no peso da parte aérea e na quantidade acumulada dos nutrientes. No entanto, os maiores incrementos causados pela micorriza foram constatados na cv. intolerante não só no peso da parte aérea (119%), como também na absorção de nutrientes. Os acúmulos relativos de P, K, Ca, Mg e Al foram maiores na intolerante (429, 243, 205, 279 e 437%, respectivamente) que na tolerante (399, 181, 140, 228 e 346%), am-

* MALUF, A.M.; SILVEIRA, A.P.D. da; MELO, I.S. Influência do pH e da micorriza vesículo-arbucular no desenvolvimento de cultivares de *Leucaena leucocephala* tolerante e intolerante ao alumínio. Rev.bras. Ci. Solo (no prelo).

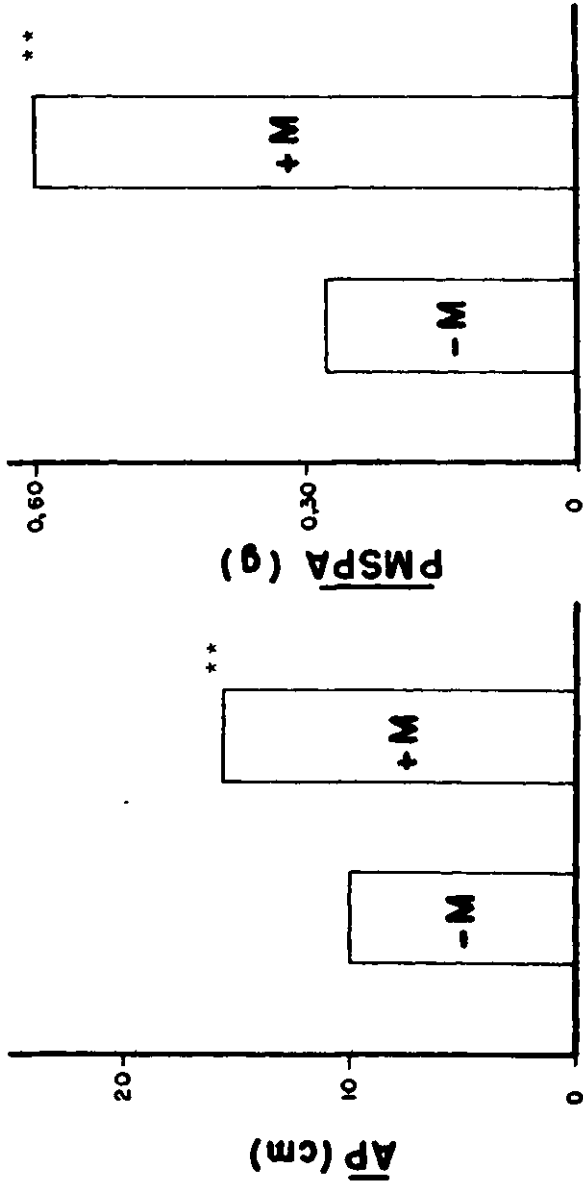


Figura 1. Médias de altura de planta (AP) e peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) de *Leucaena leucocephala*, na presença (+M) e ausência (-M) de *Glomus lepdotrichum* (**-P < 0,01 pelo teste de Tukey).

Tabela 2. Altura de planta (AP), peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) e porcentagem de infecção micorrizica em raízes de *Leucaena leucocephala* (médias de cinco repetições).

Tratamentos	(1)	AP cm	PMSPA g	Infecção micorrizica %
Te-Al T		10,5	34,0	0,0
Te+Al T		10,2	35,0	0,0
Te-Al I		11,1	24,0	0,0
Te+Al I		8,9	23,0	0,0
Gl-Al T		15,6	69,0	72,0
Gl+Al T		16,0	71,0	62,0
Gl-Al I		15,8	53,0	66,0
Gl+Al I		15,6	50,0	40,0

(1) Tratamentos: cultivares-Tolerante (T) e Intolerante (I) ao Al; fungo micorrizico - testemunha (Te) e *Glomus leptotichum* (Gl); níveis de Al - 0 ppm (-Al) e 9 ppm (+Al).

Tabela 3. Teor e quantidade acumulada de N, P, K, Ca, Mg e Al na parte aérea de duas cultivares de *Leucaena leucocephala*, tolerante (T) e intolerante (I) ao Al, cultivadas com dois níveis de Al (-Al=0 e +Al=9ppm), na presença de *Glomus leptotrichum* (Gl) e ausência (Te).

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Al	Teor	
							%	ppm
Te-Al T	2,15	0,04	1,42	0,63	0,18			26,5
Te+Al T	2,19	0,03	1,42	0,54	0,15			91,5
Te-Al I	2,09	0,04	1,41	0,59	0,17			53,5
Te+Al I	2,25	0,04	1,13	0,52	0,16			22,0
Gl-Al T	2,31	0,09	1,94	0,75	0,27			91,5
Gl+Al T	2,27	0,08	2,00	0,63	0,26			86,5
Gl-Al I	2,31	0,11	1,88	0,82	0,28			75,5
Gl+Al I	2,06	0,09	2,03	0,73	0,29			76,5
							Quantidade acumulada	
							mg	
Te-Al T	7,31	0,13	4,83	2,14	0,61			9,01
Te+Al T	7,67	0,11	4,97	1,89	0,53			32,03
Te-Al I	5,02	0,10	3,38	1,42	0,41			12,84
Te+Al I	5,18	0,09	2,60	1,20	0,37			5,06
Gl-Al T	15,94	0,62	13,39	5,18	1,86			63,14
Gl+Al T	16,12	0,57	14,20	4,47	1,85			61,42
Gl-Al I	12,24	0,58	9,96	4,35	1,48			40,02
Gl+Al I	10,30	0,45	10,15	3,65	1,45			38,25

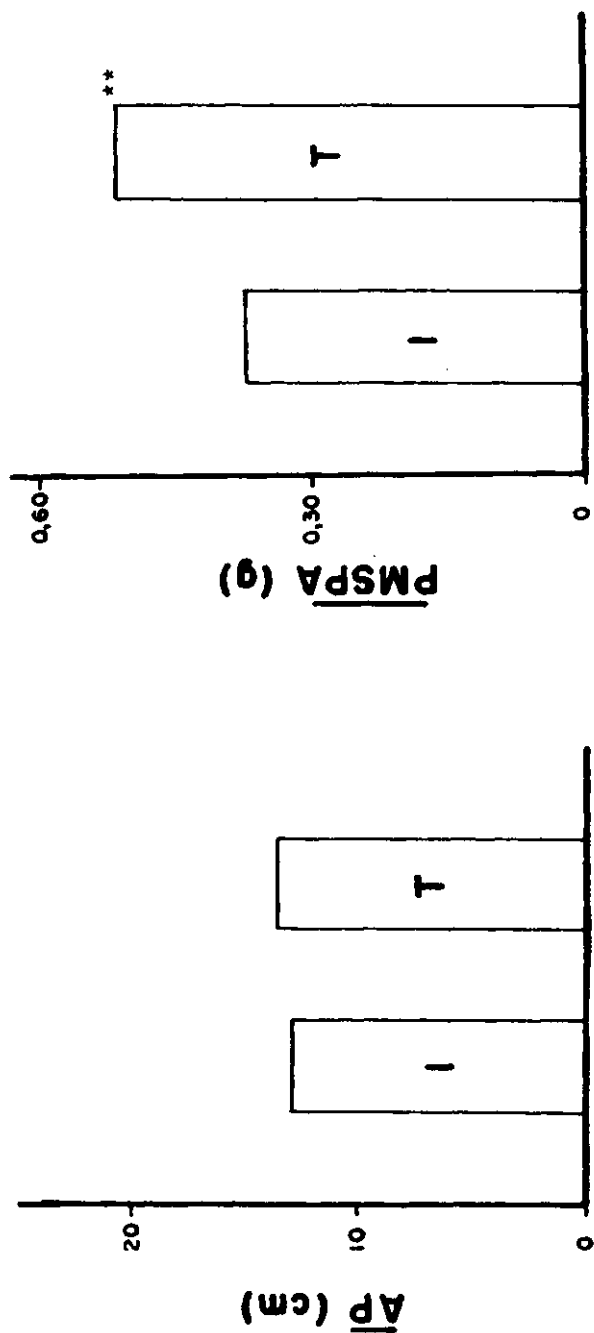


Figura 2. Médias de altura de planta (AP) e peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) de *Leucaena leucocephala* intolerante (I) e tolerante (T) ao alúminio (**-p < 0,01 pelo teste de Tukey).

bas micorrizadas, confirmando os resultados de MALUF et alii (no prelo), a dependência relativa à associação micorrízica foi de 50% para a tolerante e 55% para a intolerante.

As doses de Al usadas (0 e 9 ppm) não diferiram estatisticamente entre si, com relação ao desenvolvimento das plantas (Figura 3). Provavelmente, isto tenha sido consequência do manejo empregado na aplicação da solução nutritiva, que causou maior diluição dos nutrientes (inclusive Al) no decorrer do experimento. Este manejo propiciou a micorrização, sem entretanto, permitir um nítido efeito dos níveis de Al empregados. LEE (1971) e GARCIA et alii (1979) sugerem que a troca da solução nutritiva acrescida de Al, usando areia como substrato, deve ser feita três vezes por semana (não consideram o estabelecimento da simbiose). Assim, fica evidente que um manejo correto da solução nutritiva é fundamental, quando o objetivo é estudar a interação entre a micorriza e o Al tóxico do substrato.

A taxa de infecção radicular (Tabela 2), em ambas as cultivares, diminuiu com o aumento do nível de Al disponível no substrato, concordando com WUANG et alii (1986) e SIQUEIRA et alii (1986). Sintomas de toxicidade de Al como encurtamento e engrossamento de raízes e rachaduras no colo da planta foram observados nos tratamentos com 9 ppm de Al (Tabela 3).

De modo geral, o teor e a quantidade acumulada de P, Ca e Mg na parte aérea diminuíram com a adição de Al, como constatado por FOY et alii (1972) e CALBO (1978). A cv. Al-tolerante apresentou maior teor de Al, N, K e Ca na parte aérea que a intolerante, com a adição de Al e ausência de micorriza. Entretanto, com o estabelecimento da simbiose a intolerante superou a tolerante na absorção de P, K, Ca e Mg, quando foram adicionados 9 ppm de Al ao substrato, ou seja, a micorrização conferiu à cv. intolerante características de tolerância ao Al. Este fato evidencia que os mecanismos de tolerân

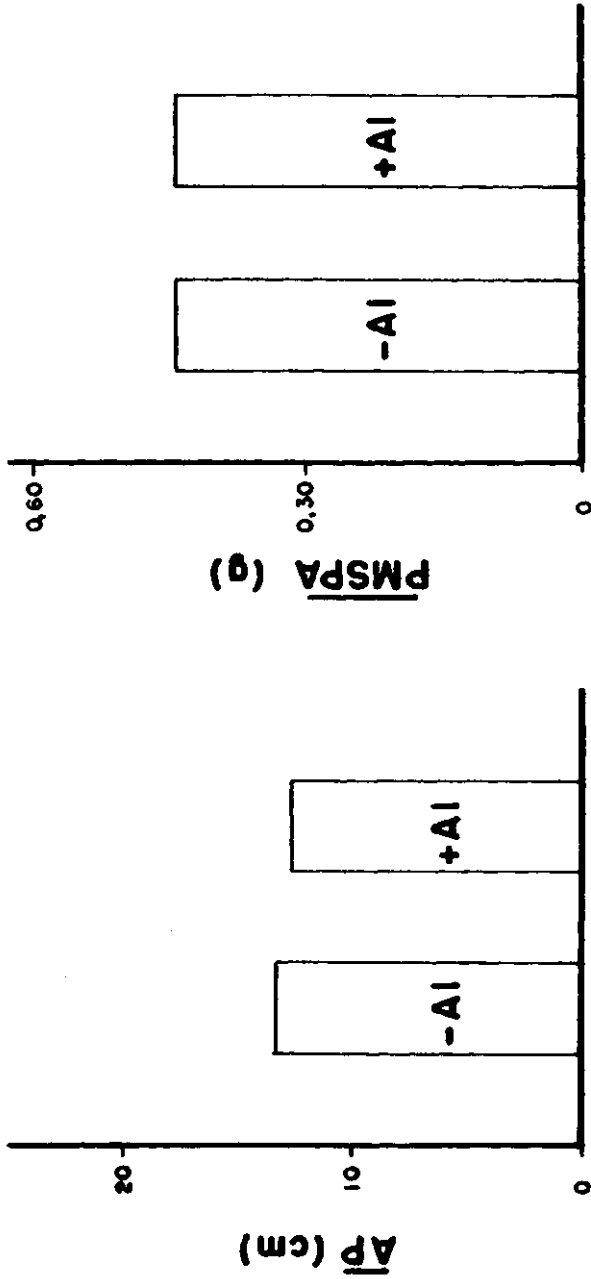


Figura 3. Médias de altura de planta (AP) e peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) de *Leucaena leucocephala* cultivada com solução nutritiva sem Al (-Al) e com 9 ppm de Al (+Al).

cia ao Al ligados à nutrição mineral da planta podem ser influenciados pela presença da micorriza, o que também foi observado por MALUF et alii (no prelo), utilizando solo como substrato.

CONCLUSÃO

O estabelecimento da micorriza com *G. leptotichum* empregando solução nutritiva em substrato inerte (areia) trouxe grandes benefícios para *Leucaena leucocephala*, aumentando o desenvolvimento e absorção de nutrientes.

A cultivar Al-intolerante mostrou-se mais dependente da micorriza, a qual gerou-lhe maiores incrementos no acúmulo de nutrientes na parte aérea.

O estabelecimento da micorriza na cv. Al-intolerante proporcionou características de tolerância ao Al às plantas.

O desenvolvimento das plantas, medido pela altura e peso da matéria seca da parte aérea, praticamente não foi afetado pelos níveis de Al empregados, ocorrendo efeito na absorção dos nutrientes.

SUMMARY

EFFECT OF ALUMINUM AND *Glomus leptotichus* Shenck. & Smith ON THE DEVELOPMENT OF Al-TOLERANT AND INTOLERANTE CULTIVARS OF *Leucaena leucocephala*

A greenhouse experiment was carried out to evaluate the mycorrhiza x toxic Al interaction in the substrate using a factorial design 2x2x2. Two cultivars of *Leucaena leucocephala*; a Al-tolerant (plant 49 - Estrada do Bongue) and another Al-intolerant (NO 749), were grown in washed sand and sterilized with addition of nutrient

solution. The mycorrhiza was established with the inoculation of *Glomus leptotichum* Shenck e Smith and a control plot without VA fungi. It were evaluated two Al levels, 0 and 9 ppm, added to nutrient solution. The plants were harvested at 65 days after seedlings transplantation and shoot height, shoot dry matter weight, root colonization and shoot concentration of N, P, K, Ca, Mg and Al were determined. The following results can be formulated from the experiment herein analyzed: a) there was a plant growth increased and uptake of nutrient promoted by *Glomus leptotichum*, b) the Al-intolerant cultivar showed greater mycorrhizal dependence and were more benefit, presenting greater shoot dry matter weight and shoot nutrients acumulation. In these experimental conditions there was not significant difference between the Al levels used and also there was not interference in the cultivars growth.

LITERATURA CITADA

- CALBO, A.G., 1978. Efeito do alumínio sobre a absorção, o transporte e a distribuição de alguns elementos minerais, em dois cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.). Viçosa, UFV. 43p. (Dissertação de Mestrado).
- CRESS, W.A.; THRONEBERRY, G.O.; LINDSEY, P.L., 1979. Kinetics of phosphorus absorption by micorrhizal and non micorrhizal tomato roots. *Plant Physiol.*, 64: 484-487.
- DAFT, M.J. & EL-GIAHMI, A.A., 1978. Effect of arbuscular mycorrhiza on plant growth. VIII. Effects of the foliation and light on selected hosts. *New Phytol.*, 80: 365-372.

- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.R.; ARMIGER, W.H., 1967. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31: 513-521.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; GERLOFF, G.C., 1972. Differential aluminum tolerance in two snapbean varieties. *Agronomy Journal*, 64: 815-822.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 29: 511-566.
- GARCIA Jr., O.; DA SILVA, W.J.; MASSEI, M.A.S., 1979. An efficient method for screening maize inbreds for aluminum tolerance. *Maydica*, 24: 75-82.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B., 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytol.*, 84: 489-500.
- HUANG, R.S.; SMITH, W.R.; YOST, R.S., 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth, water relations and leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *New Phytol.*, 99: 229-243.
- LEE, C.R., 1971. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of potatoes. *Agronomy J.*, 63: 604-608.
- MANJUNATH, A.; BAGYARAJ, D.J.; GOPALA GOWDA, H.S., 1984. Dual inoculation with VA mycorrhiza and *Rhizobium* is beneficial to *Leucaena*. *Plant Soil*, 78: 445-448.
- MALUF, A.M., 1984. Avaliação da variabilidade intra e interpopulacional para tolerância ao alumínio em leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) de Wit.). Piracicaba, ESALQ. 110p. (Dissertação de Mestrado).

- MALUF, A.M.; MARTINS, P.S.; MALUF, W.R., 1986. Interrelação entre tolerância ao alumínio e teores de cálcio e fósforo na plântula em *Leucaena leucocephala*. Ciência e cultura, 38(2): 341-346.
- MENGE, J.A., 1984. Inoculum production. In: POWELL, C. L.; D.J. BAGYARAJ (eds.). VA Mycorrhiza. Florida, CRC Press, p.187-203.
- OJALA, J.C. & JARREL, W.R., 1980. Hydroponic sand culture systems for mycorrhizal research. Plant and Soil, 57: 297-303.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc., 55: 158-161.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G., 1981. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. Advances in Agronomy, 34: 279-406.
- SANDERS, F.E. & TINKER, P.B., 1971. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. Nature, 233: 278-279.
- SIQUEIRA, J.O. & OLIVEIRA, E., 1986. Efeito da calagem na micorrização, crescimento e nutrição de dois cultivos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Anais da I Reunião Brasileira sobre Micorrizas. p.187.
- SIQUEIRA, J.O.; MAHMUD, A.W.; HUBBELL, P.H., 1986. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. Rev. bras. Ci. Solo, 10: 11-16.
- WANG, G.; WANG, S.; STRIBLY, D.P.; TINKER, P.B., 1986. Efeito do pH do solo sobre micorriza vesicular-arbuscular (VA). Anais da I Reunião Brasileira sobre Micorrizas p.194