

NOTA

ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA E TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*) E GUARANAZEIRO (*Paullinia cupana*) DE UM SISTEMA AGROFLORESTAL EM MANAUS, AMAZONAS⁽¹⁾

A. N. OLIVEIRA⁽²⁾ & L. A. OLIVEIRA⁽³⁾

RESUMO

As micorrizas arbusculares podem ser importantes na nutrição das plantas em solos ácidos e de baixa fertilidade, como são os da Amazônia de modo geral. Avaliaram-se a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos e os teores de nutrientes em cupuaçuzeiro e guaranazeiro em um sistema agroflorestal no município de Manaus, Amazonas. Dez plantas de cada espécie foram selecionadas, das quais foram coletadas amostras de raiz, folha e solo durante o período seco e chuvoso da região de Manaus. Os guaranazeiros e os cupuaçuzeiros apresentaram maior colonização radicular por FMAs na época chuvosa. Os teores foliares de Ca, Mg, K, P, Zn, Cu e Mn nas duas espécies não foram influenciados pelas épocas de amostragem. O teor de Fe nas folhas dos cupuaçuzeiros foi maior na época chuvosa, enquanto o dos guaranazeiros, na época seca. A colonização micorrízica correlacionou-se com a concentração foliar de Ca, Mg, P e Cu nos cupuaçuzeiros e com a de Ca, Fe, Zn e Cu nos guaranazeiros.

Termos de indexação: nutrição mineral, Amazônia, ecologia microbiana, colonização micorrízica.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Trabalho financiado pelo BASA, CNPq e INPA. Recebido para publicação em fevereiro de 2001 e aprovado em outubro de 2004.

⁽²⁾ Doutorando em Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas – UFAM. INPA, Caixa Postal 478. CEP 69011-970 Manaus (AM). E-mail: arlem@inpa.gov.br

⁽³⁾ Pesquisador do INPA, Professor da UFAM e UEA. INPA, Caixa Postal 478. CEP 69011-970 Manaus (AM). Bolsista do CNPq. E-mail: luizoli@inpa.gov.br

SUMMARY: *ARBUSCULAR MYCORRHIZAL ASSOCIATION AND FOLIAR NUTRIENT CONCENTRATIONS OF CUPUASSU (Theobroma grandiflorum) AND GUARANÁ (Paullinia cupana) PLANTS IN AN AGROFORESTRY SYSTEM IN MANAUS, AM, BRAZIL*

Arbuscular mycorrhiza can be important for plant nutrition in acid and low fertility soils such as those of the Amazon. The present study evaluated the mycorrhizal colonization by native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and nutrient concentrations of cupuassu and guarana leaves in an agroforestry system in Manaus, Amazonas State, Brazil. Ten plants of each species were selected, of which the roots, soil and leaves were sampled during the rainy and dry seasons. Guarana and cupuassu trees presented higher levels of AMF colonization during the rainy season. Ca, Mg, K, P, Zn, Cu, and Mn concentrations in both species were not affected by the season. Fe concentration was higher during the rainy season in the cupuassu leaves, but higher in the dry season in the guarana leaves. Mycorrhizal colonization correlated with Ca, Mg, P, and Cu concentrations in cupuassu plants and with Ca, Fe, Zn, and Cu in guarana plants.

Index terms: mineral nutrition, Amazon, microbial ecology, mycorrhizal colonization.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia, predominam solos de baixa fertilidade e elevada acidez, limitando seus usos na agricultura (Sanchez et al., 1983). O uso desses solos com sistemas agroflorestais (SAFs) é uma alternativa econômica e ecologicamente equilibrada para a região, pois esses sistemas imitam, de certa forma, a floresta primária, mas com a vantagem de serem mais ricos em espécies importantes para o homem (Oliveira, 1991).

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wildenow ex Sprengel) Schum) e o guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis* Mart.) são duas espécies perenes de grande importância regional, cultivadas em SAFs e pequenas áreas de monocultivo. Apesar de extensivamente usadas, essas espécies necessitam de insumos agrícolas para serem mais produtivas (Figueiredo et al., 2000).

Uma alternativa para diminuir o uso de fertilizantes é proporcionar às plantas melhores condições de absorção dos nutrientes do solo. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) enquadram-se nesse contexto, visto que aumentam a área de absorção das raízes das plantas, permitindo que explorem o solo mais eficientemente, tornando-as menos dependentes de adubos químicos e, ao mesmo tempo, proporcionando maior capacidade produtiva do solo (Miller & Jastrow, 1992).

Na maioria dos casos, os FMAs estimulam o crescimento vegetal como consequência do efeito sobre a nutrição das plantas, principalmente na absorção de P. Todavia, outros nutrientes, como Ca, S, Zn e Cu, também podem ser favorecidos (Marschner & Dell, 1994). Vários autores (St. John, 1980; Oliveira et al., 1999) já registraram a

colonização micorrízica natural de inúmeras espécies de plantas da Amazônia, sem, contudo, avaliar sua contribuição para a nutrição das plantas.

O presente estudo visou avaliar a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos em cupuaçuzeiros e guaranazeiros e os teores de macro e micronutrientes no tecido foliar das plantas em um Sistema Agroflorestal da Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um Sistema Agroflorestal (SAF, tipo silviagrícola) de propriedade da Escola Agrotécnica Federal de Manaus, em Latossolo Amarelo de textura argilosa, composto de guaranazeiros, cupuaçuzeiros e cafeeiros (*Coffea arabica*) sombreados com castanheiras (*Bertholletia excelsa*). A colonização micorrízica foi avaliada apenas nos cupuaçuzeiros e guaranazeiros por serem duas espécies tradicionais na região e pela facilidade da coleta de suas raízes. O SAF estudado consistiu de plantas adultas, com mais de 15 anos de idade, sem apresentar histórico de adubação, calagem e inoculação de fungos micorrízicos.

Foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas de cada espécie, das quais se coletaram amostras de solo rizosférico, folhas e raízes em quatro meses (08/98, 09/98, 03/99 e 05/99). Para as análises químicas e estatísticas, as amostras de solo, folhas e raízes de cada duas plantas foram misturadas, formando cinco repetições (amostras compostas) por espécie para cada mês de coleta. Como a análise estatística inicial não mostrou diferenças significativas ao analisar separadamente as quatro coletas, estas foram juntadas duas a duas, separando-as apenas em

épocas: seca (08 e 09/98) e chuvosa (03 e 05/99). Nesse caso, cada época consistiu em 10 repetições por espécie de planta, para a análise estatística.

As amostras de solo foram retiradas da rizosfera de cada planta, na profundidade de 0-10 cm, para a análise de fertilidade (Embrapa, 1997) no Laboratório Temático de Análises de Plantas e Solos situado na Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas do INPA, cujo resultado foi: pH (H₂O): 3,8; 1,2 cmol_c kg⁻¹ de Al³⁺; 0,5 cmol_c kg⁻¹ de Ca²⁺; 0,3 cmol_c kg⁻¹ de Mg²⁺; 32 mg kg⁻¹ de K; 14 mg kg⁻¹ de P; 4 mg kg⁻¹ de Zn; 5,3 mg kg⁻¹ de Mn e 119 mg kg⁻¹ de Fe.

As folhas foram retiradas do terço superior da copa (Van Den Driessche, 1974) e separadas em três classes: extremidades dos ramos (novas), intermediárias (médias) e basais (velhas), conforme Dall'ort et al. (1976), formando uma amostra composta por planta e misturando-se as folhas de cada duas plantas, por época de coleta, para as determinações químicas (Embrapa, 1988).

Para avaliar a colonização pelos fungos micorrízicos nativos, as raízes foram clarificadas com KOH a 10 dag L⁻¹ e coradas em lactoglicerol com azul de tripano (Kormanick et al., 1980). Adotou-se o método da lâmina para quantificar a percentagem de colonização radicular (Giovanetti & Mosse, 1980), utilizando 50 segmentos de raiz por planta em cada uma das quatro épocas de coleta, tendo-se 100 segmentos analisados de cada duas plantas.

Realizou-se a análise estatística dos dados, bem como das correlações (Gomez & Gomez, 1984), entre a percentagem de colonização radicular e os teores de macro e micronutrientes nas folhas de cada uma das espécies. Foi usado o delineamento experimental inteiramente casualizado para a análise de variância entre época seca e chuvosa, enquanto as correlações

foram analisadas de forma pontual por planta e época individualmente. Para isso, correlacionaram-se os teores de nutrientes das folhas de cada espécie em cada época de amostragem com a colonização radicular, observada no mesmo dia de coleta das folhas, resultando, para cada espécie, um total de 20 amostragens (cinco amostras, compostas de duas plantas cada, e quatro épocas) para cada espécie.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colonização das raízes por fungos micorrízicos foi mais elevada na estação chuvosa (Quadro 1), talvez por ocorrer a emissão de novas raízes finas no sistema radicular de ambas as espécies. Quanto aos teores de nutrientes nas folhas, não houve diferenças significativas entre a época seca e a chuvosa, com exceção do Fe. Este elemento estava em maior concentração nas folhas do cupuaçuzeiro na época chuvosa, e, nas folhas do guaranazeiro, na época seca. A colonização micorrízica e os teores de macro e micronutrientes nas folhas do guaranazeiro foram muito semelhantes aos observados no cupuaçuzeiro (Quadro 1).

Os teores de macronutrientes nos cupuaçuzeiros apresentaram a seguinte ordem decrescente: Ca > K > Mg > P. Estes resultados diferem dos obtidos por Figueiredo et al. (2000), Sousa (2000) e Salvador et al. (2002), nos quais o cupuaçuzeiro apresentou teores de nutrientes na ordem K > Ca > Mg > P. Estudos de exportação de nutrientes nos frutos realizados por Cravo & Souza (1996) mostraram que o K é o elemento mais exigido pela cultura do cupuaçu, seguido de Mg, P e Ca.

A maior concentração do Ca em relação ao K nas folhas do cupuaçuzeiro deveu-se, possivelmente, ao

Quadro 1. Colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e teor foliar de macro e micronutrientes de plantas de cupuaçu e guaraná em duas estações de coleta: seca e chuvosa

Estação	FMA	g kg ⁻¹							
		Ca	Mg	K	P	Zn	Cu	Mn	Fe
	%					mg kg ⁻¹			
Cupuaçuzeiro									
Seca	13,8 b	4,5 a	3,0 a	5,0 a	1,2 a	34,6 a	22,2 a	129 a	94 b
Chuvosa	16,6 a	4,4 a	2,6 a	3,9 a	1,2 a	34,6 a	23,4 a	154 a	125 a
Médias	15,2	4,5	2,8	4,5	1,2	34,6	22,8	141	109
Guaranazeiro									
Seca	13,3 b	6,1 a	3,6 a	3,0 a	1,3 a	41,6 a	22,8 a	160 a	137 a
Chuvosa	18,5 a	5,3 a	3,0 a	4,2 a	1,5 a	39,4 a	23,0 a	106 a	106 b
Médias	15,9	5,7	3,3	3,6	1,4	40,5	22,9	133	121

Obs.: As médias com letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 %.

benefício da simbiose na absorção do Ca do solo, uma vez que a espécie apresentou correlação positiva significativa desse nutriente com a colonização radicular por FMA (Quadro 2).

Os teores de Mg, K, Ca e P nas folhas do cupuaçuzeiro estão abaixo dos encontrados por outros autores (Salvador et al., 1998; Figueiredo et al., 2000; Sousa, 2000), provavelmente pelas baixas concentrações encontradas no solo (excetuando-se o P), sendo um indicativo de que as plantas estavam deficientes quanto a esses macronutrientes.

Os teores de macronutrientes nas folhas do guaranazeiro apresentaram a mesma seqüência observada para o cupuaçu, $Ca > K > Mg > P$, concordando com a série verificada por Chepote et al. (1983), mas divergindo da relatada por Castro et al. (1975) e Canto (1989), segundo os quais o K é o elemento exigido em maiores quantidades pela espécie, resultando como demanda nutricional $K > Ca > Mg > P$.

Castro et al. (1975), avaliando plantios de guaraná em Maués, estado do Amazonas, obtiveram as maiores produções médias por planta quando apresentavam os seguintes teores de nutrientes: $K = 7,9$; $Ca = 1,0$; $Mg = 1,7$; $P = 3,2 \text{ g kg}^{-1}$. Com base nesses valores, verificou-se, no presente trabalho, que os teores de K e P estavam menores, enquanto os de Ca e Mg estavam cinco e duas vezes maiores, respectivamente (Quadro 1), apesar de se encontrarem em baixas concentrações no solo.

As concentrações de micronutrientes, na ordem $Mn > Fe > Zn > Cu$, nos cupuaçuzeiros (Quadro 1) estão de acordo com as observadas por Cravo & Souza (1996), Benchimol et al. (1998) e Sousa (2000).

Quanto às concentrações foliares dos micronutrientes no guaranazeiro, registrou-se a ordem $Mn > Fe > Zn > Cu$ (Quadro 1). Entretanto, segundo Chepote et al. (1983), o Fe foi o elemento mais exigido pela cultura.

Nas condições em que foi realizada a amostragem, não era esperado grande número de correlações significativas entre a colonização micorrízica e os teores de macro e micronutrientes nas folhas (Quadro 2), tampouco valores altos de r ($> 0,949$), visto que são muitos os fatores que influenciam a absorção de nutrientes do solo, principalmente em um levantamento de campo com material genético desconhecido. Valores de r altos e significativos só ocorreriam se houvesse homogeneidade genética das plantas e dos fungos micorrízicos, bem como condições edafoclimáticas mais controladas. Altas variações genéticas são comumente encontradas em plantas da Amazônia que não passaram por processos de seleção (Lima et al., 1986). Além disso, encontra-se elevada diversidade de fungos micorrízicos que também diferem quanto à eficiência na absorção de nutrientes, quando associados às plantas (Bever et

al., 2001). As plantas apresentavam variabilidade genética e o solo continha esporos de diversos gêneros de fungos micorrízicos, não se identificando, entretanto, as espécies predominantes nas épocas de amostragens. Assim, os baixos valores de r indicam que outros fatores não relacionados com a colonização dos fungos micorrízicos nas raízes estão atuando mais intensamente na eficiência da absorção dos nutrientes. As correlações significativas somente indicam que as micorrizas contribuíram, pelo menos em parte, para maior absorção de nutrientes pelas plantas.

Houve correlações significativas entre a colonização radicular e os nutrientes nas folhas de ambas as espécies, muitas delas com valores de r superiores a 0,707. Isso mostra que, provavelmente, há certa contribuição desses fungos para a absorção de nutrientes, confirmando, em condições de campo, a importância das micorrizas na nutrição das plantas (Oliveira et al., 1999).

Os resultados obtidos indicam que houve 11 correlações significativas, do total de 32, entre a colonização por fungos micorrízicos e os teores de nutrientes nas folhas das duas espécies, nas duas épocas de amostragens (estações: chuvosa e seca).

Quadro 2. Coeficiente de correlação linear simples entre a colonização micorrízica (%) e os teores de macro e micronutrientes nas folhas de plantas de cupuaçu e guaraná, em duas estações de coleta

Nutriente	Estação	
	Seca	Chuvosa
Cupuaçuzeiro		
Ca	0,649*	0,214 ^{NS}
Mg	0,816**	0,814**
K	-0,239 ^{NS}	0,255 ^{NS}
P	0,683*	0,880**
Zn	0,118 ^{NS}	0,105 ^{NS}
Cu	0,877**	0,850**
Mn	0,182 ^{NS}	-0,277 ^{NS}
Fe	0,397 ^{NS}	-0,569 ^{NS}
Guaranazeiro		
Ca	0,666*	-0,155 ^{NS}
Mg	0,470 ^{NS}	0,167 ^{NS}
K	-0,400 ^{NS}	-0,405 ^{NS}
P	-0,352 ^{NS}	0,055 ^{NS}
Zn	0,420 ^{NS}	0,870**
Cu	-0,105 ^{NS}	-0,719*
Mn	0,489 ^{NS}	-0,077 ^{NS}
Fe	0,669*	0,460 ^{NS}

NS: não-significativo a 5%; *, ** significativos a 5 e 1%, respectivamente.

O cupuaçuzeiro apresentou sete correlações significativas, sendo quatro na estação seca (Ca, Mg, P e Cu) e três na estação chuvosa (Mg, P e Cu) (Quadro 2).

No guaraná, as correlações foram para o Ca, Fe, Zn e Cu. Na estação seca, os aumentos correlacionados com as concentrações de Ca e Fe e, na chuvosa, com os teores de Zn e Cu. Observou-se uma relação negativa entre as colonizações por FMA e os teores de Cu nos guaranazeiros, na época chuvosa. Esse resultado diverge dos observados por outros autores (Oliveira & Oliveira, 1999; Oliveira et al., 1999), uma vez que, geralmente, este elemento tem sua absorção favorecida na presença dos fungos micorrízicos.

Na estação seca (Quadro 2), observou-se que a correlação foi superior a 0,707 apenas para os teores de Mg e Cu no cupuaçuzeiro. Na estação chuvosa, quando o crescimento radicular pode ter sido estimulado juntamente com a colonização pelos fungos micorrízicos (Quadro 1), as correlações foram maiores que 0,707 para o Mg, P e Cu no cupuaçu e para Zn no guaraná.

Verificou-se ausência de correlação entre a colonização radicular e os teores de P nas folhas do guaranazeiro, contrariando o esperado, visto que o estabelecimento da associação micorrízica geralmente está relacionado com a absorção de P do solo (Marschner & Dell, 1994).

As correlações significativas verificadas neste estudo indicam certa importância dos fungos micorrízicos nativos no balanço nutricional das plantas de cupuaçu e guaraná cultivadas em um sistema agroflorestal nas condições edafoclimáticas da Amazônia.

CONCLUSÕES

1. Os guaranazeiros e os cupuaçuzeiros apresentaram maior colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos na época chuvosa.

2. Os teores foliares de Ca, Mg, K, P, Zn, Cu e Mn nos guaranazeiros e nos cupuaçuzeiros não foram influenciados pelas épocas de amostragem.

3. A colonização micorrízica correlacionou-se com a concentração foliar de Ca, Mg, P e Cu no cupuaçuzeiro e com Ca, Fe, Zn e Cu no guaranazeiro.

LITERATURA CITADA

- BENCHIMOL, R.L.; VIÉGAS, I.J.M. & CARVALHO, J.G. Concentração de micronutrientes em tecidos de cupuaçuzeiros sadios e infectados por *Crinipellis pernicioso*. In: FERTBIO, 5., Caxambú, 1998. Resumos. Caxambú, SBM, 1998. p.577.
- BEVER, J.D.; SCHULTZ, P.A.; PRINGLE, A. & MORTON, J.B. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. *Bioscience*, 51:923-931, 2001.
- CANTO, A.C. Importância ecológica do uso de leguminosas como plantas de cobertura em guaranazais no estado do Amazonas. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia /Universidade do Amazonas, 1989. 121p. (Tese de Doutorado)
- CASTRO, A.M.G.; SARRUGE, J.R. & MAFRA, B.S. Influência de tipos de substratos e modos de aplicação de nutrientes na extração de macronutrientes por mudas de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). *An. ESALQ*, 32:627-632, 1975.
- CHEPOTE, R.E.; SANTANA, M.B.M.; SACRAMENTO, C.K. & MAIA, M.A.Z. Sintomas de deficiências minerais em plantas de guaraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GUARANÁ, 1., Manaus, 1986. Anais... Manaus, 1986. p.311-317.
- CRAVO, M.S. & SOUZA, A.G.C. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., Manaus, 1996. Resumos. Manaus, SBCS, 1996. p.632-633.
- DALL'ORT, F.A.C.; GARLIPP, R.C.D.; BRAUNER, L.J. & MIRANDA, M.T. Concentrações de alguns macro e micronutrientes em essências florestais do parque da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 33:233-242, 1976.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Análise foliar. Laboratório de análise de solos e plantas. Belém, Centro de Pesquisa de Seringueira e Dendê, 1988. 8p.
- FIGUEIREDO, N.N.; MACÊDO, J.L.V. & CRAVO, M.S. Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum) em um Sistema Agroflorestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., Manaus, 2000. Resumos. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.48-50.
- GIOVANETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84:489-500, 1980.
- GOMEZ, K.A. & GOMEZ, A.A. Statistical procedures for agricultural research. New York, John Wiley & Sons, 1984. 680p.
- KORMANICK, P.P.; BRYAN, W.C. & SCHULTZ, R.C. Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. *Can. J. Microbiol.*, 26:536-538, 1980.

- LIMA, R.R.; ALENCAR, S.A.; FREADE JÚNIOR, J.M. & BRANDÃO, G.R. Coleta e avaliação de plantas amazônicas de cultura ou de exploração pré-colombiana: Recursos genéticos da região do Solimões. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1986. Anais. Belém, Embrapa Amazônia Ocidental, 1986. p.39-49.
- MARSCHNER, H. & DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 159:89-102, 1994.
- MILLER, R.M. & JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Madison, America Society of Agronomy, 1992. p.29-44.
- OLIVEIRA, A.N. & OLIVEIRA, L.A. Micorrizas arbusculares e teores de nutrientes em bananeiras (*Musa spp*) em um Latossolo da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 20., Salvador, 1999. Resumos. Salvador, SBM, 1999. p.288.
- OLIVEIRA, L.A. Ocupação racional da Amazônia: o caminho para preservar. In: VAL, A.L.; FIGLIUOLO, R. & FELDBERG, E., eds. Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas, 1. Manaus, 1995. Anais. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1991. p.47-52.
- OLIVEIRA, L.A.; GUITTON, T.L. & MOREIRA, F.W. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. *Acta Amaz.*, 29:183-193, 1999.
- SALVADOR, J.O.; ROSSETO, R.; MURAOKA, T. & MALAVOLTA, E. Nutrição mineral do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). I. Composição mineral das folhas. II. Acumulação de nutrientes pelos diversos órgãos da planta. *Científica*, 26:95-112, 1998.
- SANCHEZ, P.A.; VILLACHICA, J.H. & BANDY, D.E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:1171-1178, 1983.
- SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S.; SILVA, L.R.C.; LOMBARDI, M.L.C.O. & CARDOSO, E.J.B.N. Interações de micorrizas arbusculares e rizobactérias promotoras de crescimento em plantas de feijão. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:205-211, 1995.
- SOUSA, G.F. Manejo do solo e seu efeito no crescimento e produção do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Spreng) Schumann), na composição florística e biomassa de plantas invasoras em Sistemas Agroflorestais no Município de Presidente Figueiredo, Amazonas. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas, 2000. 161p. (Tese de Doutorado)
- ST. JOHN, T.V. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorriza vesicular-arbuscular. *Acta Amaz.*, 10:229-234, 1980.
- VAN DEN DRIESSCHE, H.K. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *Bot. Rev.*, 40:347-394, 1974.