

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO, ESPORULAÇÃO E COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA EM PLANTAS DE CUPUAÇUZEIRO E DE PUPUNHEIRA NA AMAZÔNIA CENTRAL¹

Arlem Nascimento de OLIVEIRA²

Luiz Antonio de OLIVEIRA³

RESUMO: A ocorrência e a quantidade dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) dependem das características da planta e dos fatores ambientais. Esta pesquisa avaliou a influência das características químicas de um Latossolo sobre a ocorrência de FMA associados às raízes de plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) e pupunheira (*Bactris gasipaes*). Selecionaram-se cinco plantas de cada espécie como repetições, das quais coletou-se amostras de raízes e solos para avaliações, respectivamente, dos níveis de colonização micorrízica, fertilidade do solo e número de esporos. Na estação seca, os teores de Al e K exerceram influência negativa sobre a colonização por FMA no cupuaçu. Já na chuvosa, houve aumentos correlatos com o pH e os teores de Ca e Mg, sendo esses dois últimos também importantes para a colonização radicular pelos FMA na pupunha. Os esporos de FMA nos solos rizosféricos do cupuaçu e pupunha mostraram aumentos relacionados com os teores do K e P, respectivamente, durante o período seco. Na estação chuvosa, as concentrações de Al e K reduziram as quantidades de esporos no solo. De uma forma geral, os fungos micorrízicos arbusculares foram favorecidos pela elevação do pH e redução do Al trocável, nas condições edáficas avaliadas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Ecologia Microbiana, Latossolo, *Theobroma grandiflorum*, *Bactris gasipaes*.

SOIL CHEMICAL PROPERTIES ASSOCIATED WITH MYCORRHIZAL FUNGI ESPORULATION AND COLONIZATION OF CUPUASSU AND PEACH PALM PLANTS IN CENTRAL AMAZONIA

ABSTRACT: The occurrence and the amount of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) depend on plant characteristics and environmental factors. This work determined the effect of the chemical properties of an Oxisol in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi associated to root systems of cupuassu and peach palm trees. Soil fertility, number of spores and levels of mycorrhizal colonization

¹ Aprovado para publicação em 29.8.2003

² Engenheiro Agrônomo, M.Sc., aluno do curso de Doutorado em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Av. Gal. Rodrigo Otávio, 3000 – Coroado. Manaus, AM. E-mail: arlem@inpa.gov.br.

³ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas – CPCA/INPA e professor dos cursos de pós-graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Univ. Federal do Amazonas (UFAM) e Univ. do Estado do Amazonas (UEA). E-mail: luizoli@inpa.gov.br – C. Postal 478 – 69011-970 – Manaus – Amazonas.

were determined in samples of roots and soil collected from five selected plants of each specie in the dry and rainy season. Levels of Al and K decreased root colonization of cupuassu in the dry season. Mycorrhizal colonization of cupuassu root systems increased with increases in pH and levels of Ca and Mg of the soil during the rainy season. Ca and Mg content of soils were also important for MAF colonization of peach palm roots. Rhizosphere spores of cupuassu and peach palm increased with increases in K and P contents of soil, respectively, in the dry period. Levels of Al and K reduced the amounts of spores in the soil during the rainy season. In general, arbuscular mycorrhizal fungi were favored by increases in pH and reduction of exchangeable Al of the soil.

INDEX TERMS: Microbial Ecology, Oxisol, *Theobroma grandiflorum*, *Bactris gasipaes*.

1 INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) têm sido bastante estudados, mostrando-se importantes para a absorção de nutrientes pelas plantas, especialmente o fósforo (BONETTI, 1984; MARCHNER; DELL, 1994). Na Amazônia, vários autores (ST. JOHN, 1980; BONETTI; NAVARRO, 1990; FIGUEIREDO, 1994; OLIVEIRA; OLIVEIRA; MOREIRA, 1998, OLIVEIRA, 2001) reportam a ocorrência natural desses fungos em muitas espécies nativas da região.

Apesar da importância prática e econômica do uso destas associações para as plantas tropicais, são necessárias mais informações quanto às suas ocorrências naturais e dos efeitos das características químicas do solo sobre o estabelecimento e funcionamento da simbiose. Alguns estudos já foram realizados neste sentido (GUITTON, 1996; TRINDADE; SIQUEIRA, 1998; OLIVEIRA, 2001). Guitton (1996) e Oliveira (2001) observaram a influência de algumas características do solo sobre as colonizações micorrízicas em

espécies florestais e frutíferas da Amazônia Central.

Devido à diversidade de espécies vegetais, fungos micorrízicos e condições edáficas da região, este tipo de estudo deve ser intensificado, para que se compreenda melhor a ocorrência e dinâmica desses microrganismos, permitindo, através do manejo controlado desses fungos nativos, aumentar a eficiência da associação plantas x fungos em solos ácidos e de baixa fertilidade da Amazônia.

O presente trabalho objetivou avaliar a influência de algumas características químicas de um Latossolo Amarelo sobre a esporulação e os níveis de colonização micorrízica em plantas de cupuaçu e pupunha na Amazônia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas, ao acaso, cinco plantas de cupuaçu e de pupunha de uma plantação experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Fundação Universidade do Amazonas, localizada na Rodovia BR 174, km 38, Manaus – Amazonas, cultivadas sobre Latossolo Amarelo de textura argilosa.

Ribeiro (1976) define o clima de Manaus como Af_i, no esquema de Köppen, com médias anuais de 2 418 mm de precipitação; 26,7°C de temperatura e 87,5% de umidade relativa.

No período de agosto de 1996 a maio de 1997, foram coletadas amostras de raízes e solos da rizosfera de cada espécie, para quantificar, respectivamente, os níveis de colonização micorrízica, contagem de esporos e fertilidade do solo; os meses de avaliação foram divididos em duas estações: agosto, setembro e novembro de 1996, estação seca, e dezembro, fevereiro, abril e maio de 1997, estação chuvosa (FIGUEROA; NOBRE, 1990).

Os FMA foram clarificados com KOH (10%) e corados em lactoglicerol e trypan blue, segundo a técnica de Kormanick, Bryam e Schultz (1980). As taxas de colonização micorrízica foram avaliadas com auxílio de lupa e microscópio, adotando-se o método da lâmina para quantificá-las, conforme Giovanetti e Mosse (1980). Neste trabalho, utilizaram-se 50 segmentos de raízes por planta, divididos em cinco séries de dez.

As amostras de solo foram retiradas à profundidade de 0 – 10 cm, formando, por espécie, dez amostras compostas em cada mês de coleta. Em seguida, essas foram analisadas quimicamente (VETTORI, 1969; EMBRAPA, 1997) no Laboratório Temático de Solos e Plantas da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas

(CPCA/INPA), cujas análises encontram-se no Tabela 1.

Procedeu-se ainda, uma análise quantitativa dos esporos micorrízicos em 30 g de solo em cada época de amostragem, seguindo a técnica proposta por Gerdemann e Nicolson (1963).

Realizaram-se as análises estatísticas dos dados, bem como das correlações, segundo Ferreira (1991), entre as taxas de colonização radicular ou número de esporos (variáveis dependentes) e os parâmetros químicos dos solos rizosféricos (variáveis independentes) em cada uma das espécies estudadas.

As correlações foram analisadas de forma pontual, correlacionando-se os teores de nutrientes da rizosfera de cada espécie em cada época de amostragem, com os níveis de colonização micorrízica e número de esporos observados no mesmo dia de coleta, resultando para as plantas de cupuaçu e de pupunha, totais de 15 e 20 pares ordenados, respectivamente. Em seguida, relacionaram-se as mesmas variáveis, porém, independente dos meses de coleta ou estações, gerando 35 pontos para cada espécie. E, por fim, uma correlação global entre as variáveis estudadas, dispondo-se de 70 pontos de correlação, visando obter informações quanto à influência das características químicas do solo, sobre a ocorrência natural dos fungos micorrízicos nas condições edáficas avaliadas.

Tabela 1 – Características químicas do solo das rizosferas das plantas de cupuaçu e de pupunha cultivadas na Amazônia. Manaus (AM), 1996 a 1997.

Características	Amplitude de variação	Valores médios
<i>Rizosfera do cupuaçu</i>		
pH (H ₂ O)	2,4 – 4,4	3,9 Ac
Al (cmol _c kg ⁻¹)	0,9 – 2,0	1,5 AN
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	0,6 – 1,5	0,9 B
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0,2 – 1,0	0,5 B
K (mg kg ⁻¹)	44 – 82	61,0 A
P (mg kg ⁻¹)	0,8 – 3,4	2,1 B
<i>Rizosfera da pupunha</i>		
pH (H ₂ O)	3,8 – 4,6	4,1 Ac
Al (cmol _c kg ⁻¹)	0,8 – 1,8	1,3 AN
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	0,6 – 1,8	1,1 B
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0,3 – 1,7	0,8 B
K (mg kg ⁻¹)	56 – 100	78,0 A
P (mg kg ⁻¹)	1,7 – 3,4	2,5 B

Nota: Convenções utilizadas: Ac = ácido; AN = Altamente nocivo; B = Baixo e A = Alto (Cochrane *et al.*, 1985).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve oito correlações significativas do total de 28 entre as colonizações por fungos micorrízicos e as características químicas do solo, ao analisá-las dentro das estações estudadas. Através dos valores de *r*, pode-se verificar que as colonizações radiculares do cupuaçu apresentaram seis correlações linearmente significativas, sendo duas negativas na estação seca e uma na chuvosa, e três linearmente positivas na estação chuvosa (Tabela 2). Comparando as duas estações, nota-se que, em ambas, o K relacionou-se inversamente com as colonizações micorrízicas, confirmando os

resultados de Figueiredo (1994), porém, diferentes das observações de Oliveira e Oliveira (2000), segundo as quais a elevação dos teores de K em solos deficientes pode favorecer à micorrização dessa espécie. Por outro lado, o resultado neste estudo deve-se, possivelmente, à alta disponibilidade desse elemento na rizosfera dessa planta (COCHRANE *et al.*, 1985), onde a faixa de 44 a 82 mg kg⁻¹ de K disponível estaria atuando favoravelmente sobre a esporulação de algumas espécies de fungos micorrízicos arbusculares (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2000).

Na rizosfera do cupuaçu, pode-se observar ainda que a colonização radicular dessa espécie é reduzida pelos altos teores de Al trocável (Tabela 1), corroborando com outros trabalhos (LOPES; SIQUEIRA; ZAMBOLIM, 1983; SIQUEIRA; FRANCO, 1988, OLIVEIRA, 2001) que consideram o Al como um dos elementos que influenciam negativamente a colonização micorrízica. De acordo com esses trabalhos, os fungos micorrízicos são muito sensíveis à toxidez por esse cátion, com este elemento atuando diretamente sobre os propágulos fúngicos. Com a redução dos propágulos no solo, também poderá ocorrer diminuição na colonização radicular. Além disso, o Al inibe o crescimento radicular e a formação de raízes finas, onde se formam as micorrizas.

O efeito fungistático do Al sobre os fungos micorrízicos e/ou sobre as raízes ajudaria a explicar a correlação negativa verificada neste estudo, principalmente depois de se ter constatada a redução correlata também no número de esporos na mesma estação avaliada (Tabela 3).

As colonizações radiculares das plantas de cupuaçu e guaraná foram influenciadas positivamente pelas concentrações de Ca e Mg no solo (Tabela 2). Siqueira e Franco (1988) mencionam que a acidez do solo influencia, qualitativa e quantitativamente, as micorrizas; a calagem dos solos ácidos elimina os fatores fungistáticos, estimulando, com isso, a formação e o estabelecimento da associação. Rheinheimer et al. (1993) observaram que a adição de CaCO_3 e MgCO_3

proporciona melhor estabelecimento dos fungos micorrízicos no sistema radicular de trevo nativo. É provável que aumentando as concentrações de Ca e Mg no solo através da calagem, provoque não somente a redução do Al trocável, mas, também, melhorias do ambiente rizosférico e, conseqüentemente, as relações ecológicas dessas associações (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2000).

Os números de esporos rizosféricos do cupuaçu relacionaram-se de forma positiva com o K na estação seca, confirmando parcialmente o resultado registrado por Oliveira (2001), que observou essa mesma correlação, porém, na estação chuvosa. Foram observadas ainda relações inversas entre o mesmo nutriente e o Al nas estações chuvosa e seca, respectivamente (Tabela 3). Conforme discutido anteriormente, a alta concentração de K pode estar reduzindo a população de certas espécies fúngicas através da esporulação, ao mesmo tempo que poderá estar estimulando a colonização das raízes por outras espécies, à medida que ocorre variação no conteúdo de água na rizosfera das plantas. Essa observações ajudam a explicar, pelo menos em parte, as correlações positivas (Tabela 3) e negativa encontradas (Tabelas 2 e 3). Em relação à pupunha, os esporos micorrízicos correlacionaram-se da maneira positiva com o P e negativamente com o Al, Ca e K (Tabela 3), indicando que tanto as baixas concentrações de P e Ca quanto as altas de Al e K podem estar estimulando a produção de esporos nessas condições edafoclimáticas.

Tabela 2 – Relações entre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e as características químicas do solo das rizosferas das plantas de cupuaçu e de pupunha na Amazônia. Manaus, Amazonas, 1996 a 1997.

Espécies	Equações	Valores de r
Estação seca (agosto, setembro e novembro)		
Cupuaçu	$FMA = 1,933 \text{ pH} + 11,285$	0,208 ns
	$FMA = - 6,397 \text{ Al} + 8,967$	0,637 *
	$FMA = 0,589 \text{ P} + 20,178$	0,085 ns
	$FMA = -0,241 \text{ K} + 34,620$	0,850 **
	$FMA = -9,260 \text{ Ca} + 26,944$	0,477 ns
	$FMA = 4,380 \text{ Mg} + 16,426$	0,078 ns
Pupunha	$FMA = -0,198 \text{ pH} + 25,334$	0,208 ns
	$FMA = -1,557 \text{ Al} + 26,619$	0,020 ns
	$FMA = -1,868 \text{ P} + 29,040$	0,420 ns
	$FMA = 0,050 \text{ K} + 28,311$	0,405 ns
	$FMA = 4,156 \text{ Ca} + 20,211$	0,674 *
	$FMA = 1,946 \text{ Mg} + 22,925$	0,527 *
Estação chuvosa (dezembro, fevereiro, abril e maio)		
Cupuaçu	$FMA = 4,279 \text{ pH} + 3,515$	0,580 *
	$FMA = 0,545 \text{ Al} + 19,586$	0,067 ns
	$FMA = 0,626 \text{ P} + 19,221$	0,164 ns
	$FMA = -0,173 \text{ K} + 30,281$	0,580 *
	$FMA = 4,076 \text{ Ca} + 24,144$	0,487 *
	$FMA = 5,202 \text{ Mg} + 23,152$	0,630 *
Pupunha	$FMA = 1,791 \text{ pH} + 16,786$	0,157 ns
	$FMA = -3,928 \text{ Al} + 29,385$	0,415 ns
	$FMA = 1,101 \text{ P} + 21,324$	0,228 ns
	$FMA = 0,042 \text{ K} + 20,856$	0,186 ns
	$FMA = -3,340 \text{ Ca} + 28,061$	0,372 ns
	$FMA = 2,831 \text{ Mg} + 21,885$	0,406 ns

Nota: Convenções utilizadas: ns, não significativo. *, ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 3 – Relações entre os números de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (NEFMA) e as características químicas do solo das rizosferas das plantas de cupuaçu e de pupunha na Amazônia. Manaus, Amazonas, 1996 a 1997.

Espécies	Equações	Valores de r
Estação seca		
Cupuaçu	NEFMA = -10,880 pH + 134,510	0,330 ns
	NEFMA = -29,960 Al + 138,340	0,566 *
	NEFMA = 5,699 P + 78,619	0,156 ns
	NEFMA = 1,018 K + 25,596	0,680 *
	NEFMA = 43,300 Ca + 53,919	0,446 ns
	NEFMA = -21,040 Mg + 103,680	0,300 ns
Pupunha	NEFMA = -31,360 pH + 236,730	0,234 ns
	NEFMA = 16,572 Al + 87,393	0,170 ns
	NEFMA = 33,705 P + 28,257	0,580 *
	NEFMA = -0,514 K + 148,680	0,321 ns
	NEFMA = -42,260 Ca + 153,560	0,525 *
	NEFMA = -24,770 Mg + 129,670	0,504 ns
Estação chuvosa		
Cupuaçu	NEFMA = 85,426 pH - 170,900	0,340 ns
	NEFMA = -30,020 Al + 216,620	0,154 ns
	NEFMA = 14,291 P + 145,250	0,157 ns
	NEFMA = -5,441 K + 483,250	0,766 **
	NEFMA = -80,810 Ca + 246,390	0,406 ns
	NEFMA = -81,530 Mg + 215,260	0,415 ns
Pupunha	NEFMA = 65,769 pH - 71,190	0,172 ns
	NEFMA = -191,300 Al + 453,270	0,604 *
	NEFMA = -55,160 P + 346,830	0,342 ns
	NEFMA = -3,843 K + 507,050	0,505 *
	NEFMA = -85,880 Ca + 300,520	0,286 ns
	NEFMA = -90,980 Mg + 276,810	0,390 ns

Nota: Convenções utilizadas: ns, não significativo. *, ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.

Quando se relacionaram as mesmas variáveis, porém independente dos meses de coleta ou estações, do total de doze correlações, seis foram negativas e duas linearmente positivas (Figuras 1 e 2). As correlações registradas para as plantas de cupuaçu mostram que o baixo pH e o alto teor de K no solo influenciam a colonização radicular dessa espécie independente dos meses de avaliação (Figura 1). Já na rizosfera da pupunheira, além de ratificar a relação positiva da colonização radicular com o Mg, notou-se uma tendência negativa do Al trocável sobre a associação

micorrízica. Essa tendência confirma alguns trabalhos na região (GUITTON, 1996; OLIVEIRA, 2001), que também observaram essa relação inversa entre os fungos micorrízicos arbusculares e os teores de Al.

Todas as correlações envolvendo as características químicas do solo e os números de esporos micorrízicos foram negativas. A baixa concentração de P disponível reduziu significativamente a esporulação micorrízica, independente da espécie avaliada (Figura 2).

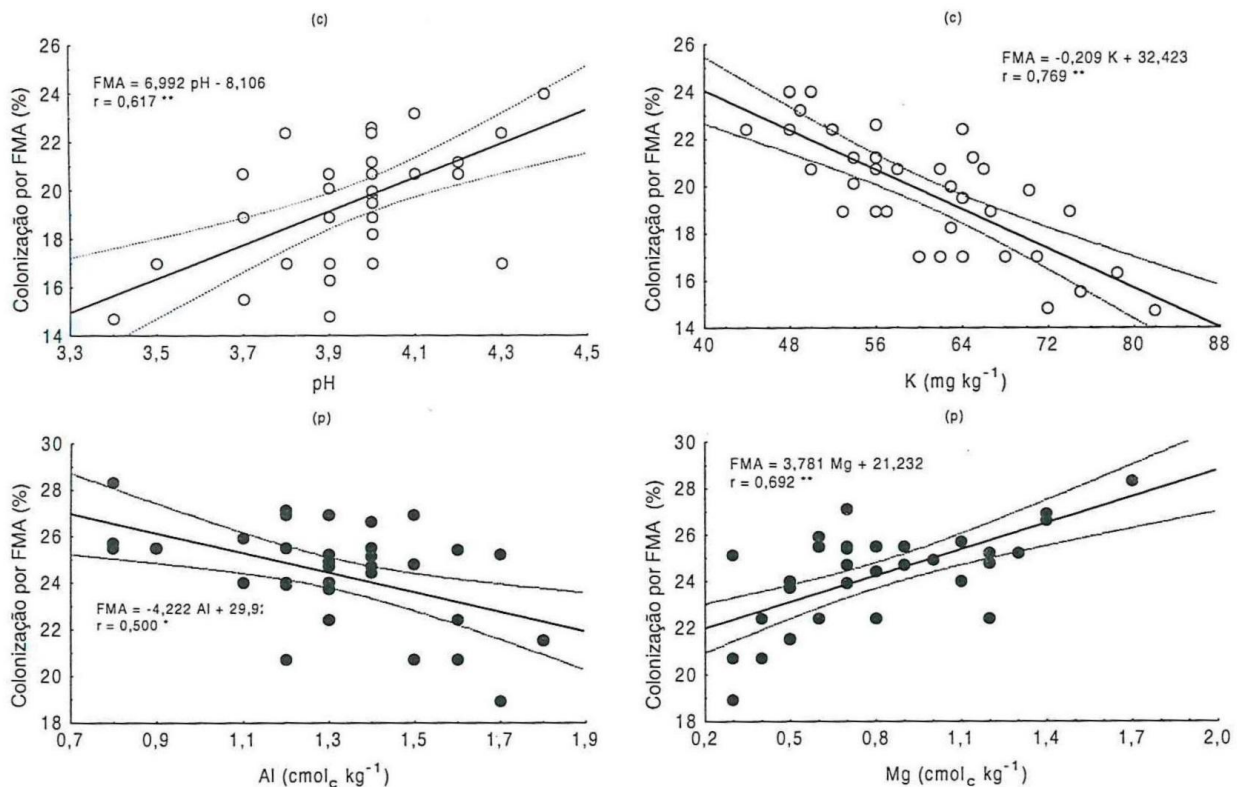


Figura 1 – Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e o pH, teores de K, Al e Mg nas rizosferas das espécies estudadas. c = cupuaçu; p = pupunha. * e ** significativos a 5 e 1% respectivamente. As linhas tracejadas indicam o intervalo de confiança de 95% de confiança da reta de correlação.

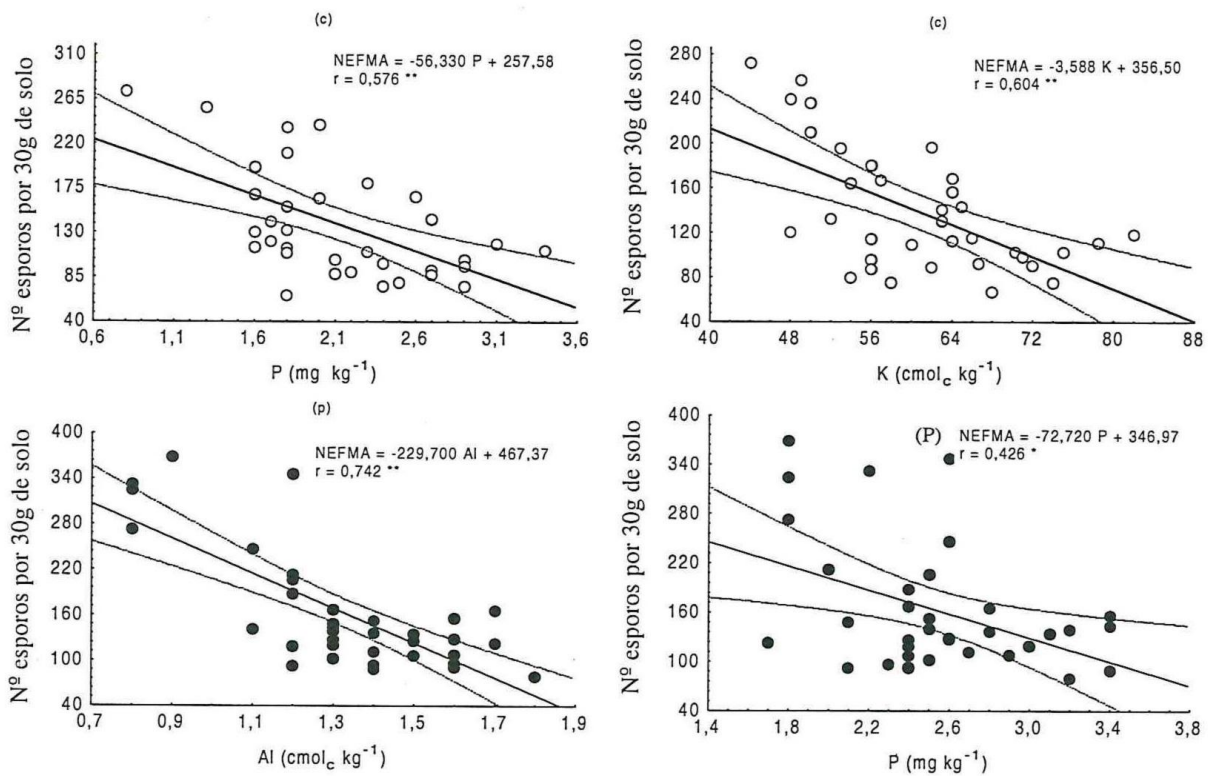


Figura 2 – Relações entre os números de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (NEFMA) e os teores de P, K e Al nas rizosferas das espécies estudadas. c = cupuaçu; p = pupunha. * e ** Significativos a 5 e 1% respectivamente. As linhas tracejadas indicam o intervalo de confiança de 95% de confiança da reta de correlação.

Estudos envolvendo teores de P e colonização micorrízica mostraram que nos níveis de 3 a 100 mg kg⁻¹ ocorrem benefícios da simbiose para a planta. Entre 100 e 300 mg kg⁻¹ há inibição da associação (SIQUEIRA; COLOZZI-FILHO, 1986). Então, é possível que em solos escassos de P, como os amazônicos, as plantas desenvolvam mecanismos para estimular a germinação dos esporos. Com a esporulação sendo estimulada, a colonização radicular das plantas também será favorecida, aumentando, com isso, a habilidade exploratória das plantas em condições ambientais adversas.

Realizaram-se ainda correlações globais envolvendo o conjunto total dos dados das colonizações radiculares ou

número de esporos dos fungos micorrízicos arbusculares, e as características químicas (pH, Al, Ca, Mg, K e P) dos solos rizosféricos das espécies estudadas em ambas as estações de coleta (Figura 3).

Os fungos e os esporos micorrízicos relacionaram-se positivamente com o pH e inversamente com o alumínio trocável (Figura 3). Esses resultados mostram claramente a importância da acidez do solo sobre o estabelecimento e o sucesso da associação fungo-plantas, independente da estação e espécie avaliada. Os valores de r na figura 3 foram menores, indicando que outros fatores não analisados estão influenciando mais essas características dos fungos micorrízicos, o que é esperado numa análise globalizada como essa.

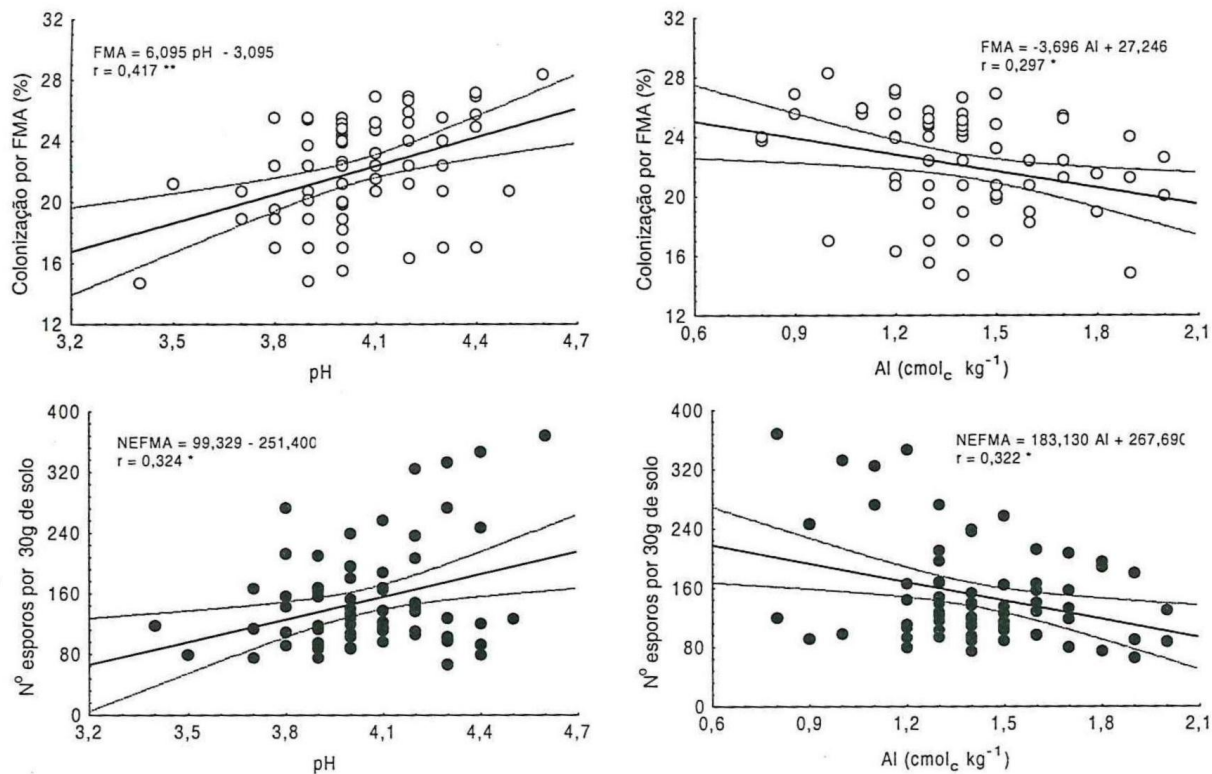


Figura 3 – Relações globais entre os FMA ou NEFMA e a acidez nas rizosferas das espécies estudadas. * e ** significativos a 5 e 1% respectivamente. As linhas tracejadas indicam o intervalo de confiança de 95% de confiança da reta de correlação.

Muitos autores (HEPPER, 1984; SIQUEIRA; MAHMUD; HUBBELL, 1986; SIQUEIRA; FRANCO, 1988) ressaltam o pH como sendo o fator mais evidente no desenvolvimento das micorrizas arbusculares, influenciando na disponibilidade de nutrientes e no comportamento quantitativo e qualitativo das espécies; as variações na acidez do solo são fatores de grande relevância, tanto para a ecologia quanto para a distribuição dos fungos micorrízicos (SIQUEIRA, 1994).

4 CONCLUSÃO

a) A redução da acidez do solo e a elevação dos teores de Ca e Mg disponíveis tendem a favorecer as colonizações radiculares por fungos micorrízicos das plantas de cupuaçu e de pupunha.

b) Os números de esporos dos fungos micorrízicos arbusculares nativos foram inversamente relacionados com os baixos níveis de P do solo.

c) As altas concentrações de Al e K trocáveis afetam negativamente as associações micorrízicas independente das espécies ou épocas de avaliação;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONETTI, R. Efeito de micorrizas vesiculares arbusculares na nodulação, crescimento e absorção de fósforo e nitrogênio em siratro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 8, p. 189-192, 1984.
- ; NAVARRO, R.B. Ocorrência de micorriza vesículo-arbuscular (MVA) em espécies frutíferas nativas da região amazônica. *Energ. Nucl. Agric.*, v. 11, p. 26-33, 1990.
- COCHRANE, T.T.; SANCHES, L.G.A.; PORRAS, J.A.; GARVER, C.L. Soil chemical properties. In: *LAND in tropical America; La tierra en America Tropical; A terra na América Tropical*. CIAT-EMBRAPA/CPAC. 3:7-9, 1985.
- EMBRAPA. *SNLCS Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, P.V. *Estatística experimental aplicada à agronomia*. Maceió: UFAL, 1991. 437p.
- FIGUEIREDO, E.M. *Características químicas de solos e ocorrências de micorrizas vesículo-arbusculares em várzeas do Estado do Amazonas*. 1994. 132p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, 1994.
- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. *Climálice*; Boletim de Monitoramento e Análise Climática, v. 5, p. 36-45, 1990.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decating. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, v. 84, p. 489-500, 1980.
- GUITTON, T.L. *Micorrizas vesículo-arbusculares em oito espécies florestais da Amazônia: efeitos de fatores sazonais e edáficos em plantios experimentais de terra firme na região de Manaus – AM*. 1996. 81p. Dissertação (Mestrado em CFT) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, 1996.
- HEPPER, C.M. Regulation of spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Acaulospora laevis* by soil pH. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, v. 83, p. 154-156, 1984.
- 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.*, v. 26, p. 536-538, 1980.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 7, p. 1-19, 1983.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, v. 159, p. 89-102, 1994.
- OLIVEIRA, A.N. *Fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em plantas de cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal na região de Manaus, AM*, 2001. 150p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Ciências Agrárias da Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, 2001.
- ; OLIVEIRA, L.A. Colonizações micorrízicas em sistema agroflorestal com cupuaçu e guaraná em um Latossolo ácido e de baixa fertilidade da Amazônia Central. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS*, 3., 2000, Manaus. *Resumos...* Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 94-96.

OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, F.W. Micorrizas arbusculares em cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal de terra firme no Município de Manaus, AM. In: FERTBIO, 7., 1998, Caxambú. *Resumos ...* Caxambú: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. p. 617.

—————; —————; RAMOS, M.B.P. Fungos endomicorrízicos em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) e pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K) em um solo de terra firme da Amazônia. In: MOSTRA TÉCNICO-CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS, 1., 1999, Manaus. *Anais...* Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 1999. p. 12.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, J.C.P.; MAFRA, A.L.; KRUNVALD, L.; VIEIRA, D. Micorriza vesicular-arbuscular em trevo nativo. I: Efeito da calagem e da adição de fósforo na simbiose. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. *Resumos...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 279.

RIBEIRO, M.N.G. Aspectos climáticos de Manaus. *Acta Amazonica*, v. 6, p. 229-233, 1976.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 151-194.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 10, p. 207-211, 1986

—————; FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo; fundamentos e perspectivas*. Lavras: Gráfica Nagy, 1988. 235p.

—————; MAHMUD, A.W.; HUBBELL, D.H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 10, p. 11-16, 1986.

ST. JOHN, T.V. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorriza vesicular-arbuscular. *Acta Amazonica*, v. 10, p. 229-234, 1980.

TRINDADE, A.V.; SIQUEIRA, J.O. Ocorrência de micorrizas arbusculares no mamoeiro em diferentes regiões produtoras In: FERTBIO, 7., 1998, Caxambú. *Resumos...* Caxambú: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. p. 756.

VETTORI, L. *Métodos de análises de solos*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).