

RELAÇÕES ENTRE AS COLONIZAÇÕES POR FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES E TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES EM OITO ESPÉCIES FLORESTAIS DA AMAZONIA

Luiz Antonio de OLIVEIRA^{1,3}, Tibério Leonardo GUITTON², Francisco Wesen MOREIRA¹

RESUMO — Na Amazônia encontra-se um grande número de espécies florestais, muitas delas já com reconhecido valor econômico, como a Abiurana (*Eremoloma williamii*), Andiroba (*Carapa guianensis*), Cardeiro (*Scleronema micranthum*), Cedrorana (*Cedrelinga catenaeformis*), Cumarú (*Dipterix odorata*), Jacareúba (*Calophyllum angulare*), Marupá (*Simaruba amara*) e Piquiá (*Caryocar villosum*). Pouco se sabe sobre suas características nutricionais e infecções por micorrizas arbusculares (MA) quando em solos ácidos e de baixa fertilidade da região. Com o objetivo de obter informações neste sentido, foi realizada uma avaliação de campo com estas espécies em fase adulta. Foram coletadas amostras de solos (rizosfera), raízes e folhas das espécies, de plantios experimentais na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA, Manaus, AM, em dois solos podzólicos. Todas as espécies apresentaram infecções por MA, mas diferiram quanto às colonizações, bem como nas concentrações de macro e micronutrientes nas folhas. Foram encontradas algumas correlações significativas (oito de um total de 64) entre as colonizações por micorrizas nas raízes e os teores de Ca, P, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas das espécies. Estas correlações estatisticamente significativas indicam que as endomicorrizas estão contribuindo para a absorção de nutrientes pelas plantas nas condições de terra firme da Amazônia Central.

Palavras chaves: Andiroba, Abiurana, Cardeiro, Cedrorana, Cumarú, Jacareúba, Marupá, Piquiá, nutrição de plantas, fertilidade do solo.

Relationship Between Arbuscular Mycorrhizae Fungi Colonization and leaf Nutrients in Eight Amazonian Forestry Species

ABSTRACT — A large number of forestry species are found in the Amazon, several of which are of economic value, such as Abiurana (*Eremoloma williamii*), Andiroba (*Carapa guianensis*), Cardeiro (*Scleronema micranthum*), Cedrorana (*Cedrelinga catenaeformis*), Cumarú (*Dipterix odorata*), Jacareúba (*Calophyllum angulare*), Marupá (*Simaruba amara*) and Piquiá (*Caryocar villosum*). Their nutritional requirements and arbuscular mycorrhizae (AM) affinity are generally unknown when growing on acid and low fertility soils. Root, soil and leaf samples from adult plants were collected from experimental plantations growing on ultisols near Manaus, AM, Brazil. All the species presented endomycorrhizal fungi, but differed in terms of colonization index, as well as macro and micronutrient contents of the leaves. Some statistically significant relationships were found (eight of a total of 64) between root colonization and Ca, P, Cu, Fe, Mn and Zn contents of the leaves. These relationships suggest that endomycorrhizae are contributing to plant nutrient absorption under the acid and low fertile soils in the Central Amazon.

Key words: Andiroba, Abiurana, Cardeiro, Cedrorana, Cumarú, Jacareúba, Marupá, Piquiá, plant nutrition, soil fertility.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia encontra-se um grande número de espécies florestais, muitas com reconhecido valor econômico

madeireiro, como a Abiurana (*Eremoloma williamii* Aubr. et Pellegr.), Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), Cardeiro (*Scleronema micranthum* Ducke), Cedrorana (*Cedrelinga catenaeformis*

¹ INPA, Coordenação de Pesq. em Ciências Agrônomicas - Caixa postal 478, 69011-970 Manaus - AM.

² Confederação Nacional da Agricultura - Setor Bancário Norte - Quadra I - Bloco F - 70040-800 - Brasília - DF

³ Bolsista do CNPq. (Proc. Nº 521227/94.1 e 520814/96.7 (RE))

Ducke), Cumarú (*Dipterix odorata* (Aubl.) Willd.), Jacareúba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith), Maripá (*Simaruba amara* Aubl.) e Piquiá (*Caryocar villosum* Aubl.). A extração de madeira na região é caracterizada pelo extrativismo por aniquilamento (Homma, 1993), o que vem causando problemas de ordem ecológica e econômica em muitas partes da região, onde várias espécies estão desaparecendo. A pesquisa florestal com espécies madeireiras tem um papel muito importante no sentido de preservá-las e manter o estoque regional, pois permite que as espécies sejam mais conhecidas quanto às suas características, para serem posteriormente usadas em sistemas florestais com rendimento sustentado.

Um dos aspectos poucos estudados se refere à habilidade que as espécies têm de se adaptarem aos solos ácidos e de baixa fertilidade da Amazônia. Suas associações com microrganismos do solo, como as micorrizas arbusculares (MA), podem ser responsáveis por essa adaptação. Desde sua descoberta, as pesquisas com micorrizas têm demonstrado o efeito benéfico destas associações no estabelecimento e desenvolvimento de plantas em solos de baixa fertilidade (Schenck, 1984). No entanto, existem poucos estudos feitos com micorrizas arbusculares (MA) em espécies nativas da Amazônia, como os trabalhos realizados por St. John (1980 a;b;c), St. John & Uhl (1983), Bonetti *et al.* (1984), que apenas reportam suas ocorrências, sem avaliar suas contribuições para a nutrição das plantas. Apenas a presença do fungo na raiz não significa contribuição na nutrição da

planta, conforme documentado por diversos autores (Bonetti, 1984; Howeler *et al.*, 1987; Saggin Júnior *et al.*, 1995; Silveira *et al.*, 1995), uma vez que a eficiência da simbiose pode variar, dependendo da planta, do fungo e do meio ambiente.

Com relação às espécies do presente estudo, pouco se sabe sobre suas características nutricionais e colonizações por fungos micorrízicos quando em solos ácidos e de baixa fertilidade da região, bem como se esta simbiose contribui, de algum modo, para melhorar os seus estados nutricionais. Este trabalho supre algumas destas informações, que poderão servir de base para futuros estudos de nutrição com as mesmas.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram avaliadas oito espécies florestais em dois plantios experimentais, localizados na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), região de Manaus, AM, Brasil (2° 40' Sul e 60° 20' Oeste), num Podzólico vermelho amarelo de classe textura média (área S1) e num Podzólico vermelho amarelo de textura barro argilo arenoso (área S6), segundo a classificação granulométrica de USDA, EUA (Ranzani, 1980). Estas parcelas de experimentação silvicultural (S1 e S6) foram implantadas pela Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical/INPA, sendo distantes uma da outra em torno de dois quilômetros.

As espécies estudadas na área S1 foram o Cumarú, Jacareúba e Marupá.

As plantas são de um plantio a pleno sol, espaçadas entre si por 4x4m, tendo sido plantadas em 12/72 (Cumarú), 02/73 (Jacareúba) e 01/73 (Marupá). Na área S6 foram pesquisadas as espécies Abiurana, Andiroba, Cardeiro, Cedrorana e Piquiá. As plantas se encontram em um plantio a pleno sol, espaçadas entre si por 3x3m, tendo sido plantadas em 04/78 (Abiurana, Andiroba, Cardeiro e Piquiá) e 05/78 (Cedrorana).

MÉTODOS

Foram coletadas para as análises, folhas e raízes em duas épocas (11/93 e 05/94), usando-se cinco plantas por espécie como repetições. As amostras de solos foram retiradas da rizosfera de cada planta, à profundidade de 0-20 cm, sendo submetidas às análises físicas (textura, método da pipeta) (EMBRAPA, 1979) e químicas (Vettori, 1969; EMBRAPA, 1979) no Laboratório de Solos da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônomicas/INPA. As análises químicas consistiram das seguintes metodologias: pH (água), Ca, Mg e Al (KCl 1N), P (extração pelo Mehlich 1 e leitura por colorimetria), K, Mn, Zn e Fe (Mehlich 1, absorção atômica) e, carbono pelo método de Walkley-Black. Os resultados dos solos das duas áreas se encontram na Tabela 1.

As folhas foram retiradas do terço superior da copa, segundo Van Den Driessche (1974) e separadas em três classes: das extremidades dos ramos (novas), intermediárias ou medianas (médias) e basais (velhas), conforme Dall'orto *et al.* (1976), formando uma amostra composta para as determinações químicas segundo

Tabela 1. Características dos podzólicos amazônicos das áreas experimentais S1 e S6 da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA.

CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS	AREA S1	AREA S6
PH(H ₂ O)	3,8	3,9
P (mg.kg ⁻¹)	3	3
K (mg.kg ⁻¹)	21	45
Ca (cmol(+).kg ⁻¹)	0,35	0,34
Mg (cmol(+).kg ⁻¹)	0,21	0,27
Al (cmol(+).kg ⁻¹)	0,32	0,66
Mn (mg.kg ⁻¹)	10	5
Zn (mg.kg ⁻¹)	19	20
Fe (mg.kg ⁻¹)	41	125
C (%)	5,5	1,9
Areia (%)	82,4	57,8
Silte (%)	6,8	15,4
Argila (%)	10,8	26,8

EMBRAPA (1988). As colonizações pelos fungos micorrizicos nas raízes clarificadas com KOH e coloridas segundo Kormanick *et al.* (1980) foram avaliadas observando-as em lupa e microscópio. Realizou-se a análise estatística dos dados, bem como das correlações, segundo Gomez & Gomez (1984) e Pimentel Gomes (1987), entre as ocorrências das micorrizas arbusculares e os teores de nutrientes em cada uma das espécies para verificar se esta associação planta-fungo influencia a absorção de nutrientes do solo. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados e as correlações foram analisadas de forma pontual. Para isso correlacionou-se os teores de elementos das folhas de cada planta em cada época, com as ocorrências de micorrizas na mesma planta no dia de coleta dessas folhas, dando assim, para cada espécie em cada área, um total de dez amostragens (cinco plantas x duas épocas = dez pontos de correlações para cada espécie).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Área S1: Podzólico vermelho amarelo, textura média

Houve diferenças entre as três espécies para várias das características analisadas, tais como infecções por MA e teores de Ca, Mg, P, Zn e Mn (Tab. 2). Não houve diferenças entre as espécies apenas para os teores de K, Fe e Cu. O Marupá se destacou das demais para a maioria das características analisadas, exceto para os teores de Zn e Mn. Esta espécie apresentou as maiores porcentagens de colonizações por fungos micorrízicos, teores de Ca, Mg, P e, uma tendência de maior concentração de K, embora sem diferença estatística. O Cumaru apresentou as menores infecções por MA e concentrações de Ca e Mg, mas as maiores concentrações de P.

Estas diferenças entre as espécies quanto aos teores de nutrientes nas folhas sugerem que elas apresentam diferentes habilidades para absorver estes nutrientes do solo ácido ou que apresentam variações nas eficiências de uso interno destes elementos. Neste último caso, menor concentração pode significar maior eficiência de uso, com conseqüente diluição nos tecidos, mas

altas produções de biomassas. Menores habilidades de absorção, por outro lado, podem indicar que estejam mais próximas dos limites críticos destes elementos no solo, passível de mostrar-se deficientes dos mesmos com mais facilidade. Espécies com este perfil necessitariam, mais comumente, de uma adubação com estes nutrientes nos solos de baixa fertilidade de terra firme da Amazônia (latossolos e podzólicos) (Clark, 1984; Kamprath, 1984). No entanto, como a fisiologia destas espécies é pouco conhecida, deve-se efetuar estudos mais detalhados para se definir quais os limites críticos da concentração de cada um dos macro e micronutrientes nos seus tecidos, como forma de estabelecer critérios e necessidades de adubação para as mesmas. Estes estudos permitirão saber se as diferenças de concentrações de nutrientes nestas espécies são provenientes da variação da habilidade de absorção do solo ou da eficiência interna no uso destes elementos.

Quando se compara as concentrações dos macronutrientes (Tab. 2), observou-se que as de K foram sempre superiores às de Ca, estando em desacordo com as afirmações de Curlin (1970), pelas quais a maioria das espécies florestais

Tabela 2. Porcentagem de infecções por micorrizas VA e composição mineral foliar das espécies estudadas na área S1. Médias de duas épocas de coletas, dez repetições.

ESPÉCIES	MA (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	K (%)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)
Cumaru	30,9 b	0,09 b	0,14 b	0,09 a	0,37a	81 a	26 a	61 a	5 a
Jacareúba	39,0 b	0,16 a	0,16 ab	0,06 b	0,35a	97 a	34 a	19 c	6 a
Marupá	52,6 a	0,19 a	0,18 a	0,08 ab	0,42a	92 a	8 b	39 b	7 a
Médias	40,8	0,15	0,16	0,08	0,38	90	23	40	6

Obs.: As médias com as mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

acumula os nutrientes na ordem $Ca > K > P$. Pela Tabela 2 observa-se que esta relação foi em geral, $K > Mg = Ca > P$, estando de acordo com os observados por Epstein (1975). A maior concentração do K em relação ao Ca talvez seja decorrente do baixo pH, o que confirmaria as observações de Barbosa *et al.* (1995) de que em condições de pH baixo, o K sobrepuja os teores de Ca, o que permitiria ainda detectar características calcícolas nas espécies estudadas.

Quanto aos micronutrientes, observou-se em geral a relação $Fe > Mn > Zn > Cu$, estando em conformidade com as quantidades relativas encontradas por outros autores, como Epstein (1975), Soria *et al.* (1982) e Sarmiento *et al.* (1992). A

Jacareúba foi a mais eficiente na absorção de Zn, com tendência de o ser também em Fe. O Marupá apresentou teor de Zn significativamente inferior ao encontrado nas outras espécies. Observa-se que somente os teores de Mn apresentaram diferenças marcantes entre as espécies estudadas na área S1. Os teores de Fe e Cu não apresentaram diferenças estatísticas entre as espécies.

Houve poucas correlações significativas entre as colonizações dos fungos micorrízicos arbusculares e os teores de nutrientes nas folhas das três espécies (Tab. 3). O Cumaru não apresentou correlações significativas com as características avaliadas, enquanto a Jacareúba apresentou três e o Marupá

Tabela 3. Correlações entre as colonizações por micorrizas arbusculares (MA) e os teores de macro e micronutrientes nas folhas das três espécies da área S1.

ESPÉCIES	EQUAÇÕES ⁽¹⁾	VALORES DE r
Cumaru	Ca = 0,001 MA + 0,083	0,225ns ⁽²⁾
	Mg = 0,001 MA + 0,124	0,317ns
	P = 0,001 MA + 0,085	0,077ns
	K = 0,002 MA + 0,310	0,301ns
	Fe = 0,841 MA + 55,02	0,550ns
	Zn = - 0,152 MA + 29,00	0,325ns
	Mn = - 0,327 MA + 71,18	0,308ns
Jacareúba	Cu = 0,107 MA + 1,801	0,395ns
	Ca = 0,001 MA + 0,109	0,438ns
	Mg = - 0,001 MA + 0,168	0,066ns
	P = 0,001 MA + 0,048	0,837**
	K = 0,002 MA + 0,248	0,566ns
	Fe = - 0,466 MA + 114,8	0,643*
	Zn = - 0,673 MA + 60,82	0,580ns
Marupá	Mn = - 0,107 MA + 23,76	0,267ns
	Cu = 0,114 MA + 1,162	0,801**
	Ca = 0,001 MA + 0,135	0,402ns
	Mg = 0,001 MA + 0,169	0,075ns
	P = 0,001 MA + 0,059	0,481ns
	K = 0,001 MA + 0,409	0,064ns
	Fe = 0,034 MA + 74,04	0,034ns
Zn = 0,114 MA + 2,097	0,737*	
	Mn = - 0,329 MA + 56,30	0,409ns
	Cu = 0,092 MA + 2,742	0,598ns

(1) - macronutrientes em % e micronutrientes em mg.kg⁻¹

(2) - ns: não significativo a 5%; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% de probabilidade.

uma. Na Jacareúba, as correlações significativas foram com os nutrientes P, Cu e Fe, sendo positivas para os dois primeiros e negativa para o último, segundo os coeficientes das equações. Portanto, as micorrizas contribuíram para a concentração do P e Cu na Jacareúba, mas esta associação pode diminuir o teor de Fe pelas plantas, mantendo sua concentração semelhante à encontrada nas outras duas espécies.

Com relação ao Marupá, as micorrizas contribuíram apenas para a concentração do Zn, embora seus teores nas plantas tenham sido os menores das três espécies estudadas (Tab. 2). Estes resultados realçam o fato de que embora o P seja o nutriente ao qual se dá maior importância nesta simbiose, por ter baixa concentração em solos intemperizados, pode ocorrer também uma grande absorção de outros nutrientes, especialmente Ca, Zn, Cu e S (Silveira, 1992). Apenas a Jacareúba apresentou relação significativa entre a concentração de P e as colonizações por MA, estando portanto de acordo com muitos trabalhos que reportam esta correlação positiva (Lopes *et al.*, 1983; Lynch, 1986; Siqueira & Franco, 1988; Silveira, 1992).

Área S6 : Podzólico Vermelho Amarelo textura barro argilo arenosa

Nesta área, apenas os teores de Ca e Cu foram iguais estatisticamente entre as cinco espécies estudadas (Tab. 4). Todas as outras características analisadas apresentaram diferenças entre as espécies. Os maiores índices de colonizações por MA foram observados na Cedrorana e Andiroba, com a Abiurana apresentando os menores.

Quanto aos macronutrientes, os menores teores de Mg foram observados nas folhas de Piquiá (0,23%); contudo este valor diferiu apenas em relação às concentrações alcançadas por Andiroba e Abiurana. A concentração de P obtida no tecido foliar de Cedrorana (0,16%) foi, exceto quanto ao Cardeiro, significativamente superior a todas as demais espécies, o que ocorreu também quanto ao teor foliar de K. Este acúmulo superior de P e K apresentado pela Cedrorana poderia ser decorrente da maior eficácia da simbiose MA, pois também apresentou as maiores taxas de colonização micorrizica. No entanto, a espécie não apresentou correlação positiva entre as variáveis (Tab. 5), talvez porque o fator eficiência

Tabela 4. Porcentagem de colonizações por micorrizas arbusculares (MA) e composição mineral foliar das espécies estudadas na área S6. Médias de duas épocas de coletas, dez repetições.

ESPÉCIES	MA (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	K (%)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)
Abiurana	25 b	0,41 a	0,36 a	0,05 c	0,25 d	80 b	14 b	27 c	7 a
Andiroba	50 a	0,32 a	0,36 a	0,08 bc	0,44cd	101 ab	16 b	14 c	6 a
Cardeiro	44 ab	0,28a	0,28 ab	0,11ab	0,55bc	111ab	18 b	135 a	7 a
Cedrorana	61 a	0,29a	0,33ab	0,16a	0,89a	102ab	28a	103ab	5 a
Piquiá	47 ab	0,28a	0,23b	0,09b	0,60b	123 a	13b	54bc	8 a
Médias	45	0,32	0,32	0,10	0,55	103	18	67	7

Obs.: As médias com as mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

da simbiose esteja atuando significativamente neste caso. Esta hipótese é reforçada por resultados encontrados na literatura mostrando que ocorrem diferenças significativas de rendimento das plantas, mesmo quando os níveis das colonizações são semelhantes (Bonetti, 1984; Howeler *et al.*, 1987; Saggin Júnior *et al.*, 1995; Silveira *et al.*, 1995).

De um modo geral, a acumulação total de macronutrientes apresentou a seguinte ordem decrescente: $K > Ca = Mg > P$, sendo esta relação, semelhante à da área S1 e a apresentada por Epstein (1975). As concentrações de K foram sempre superiores às de Ca, com exceção na Abiurana, onde a ordem de acúmulo de nutrientes seguiu o padrão observado por Kramer & Kolowski (1960) e Curlin (1970), ou seja: $Ca > K > P$. Isto sugere, quando comparados às médias apresentadas por Epstein (1975) uma possível deficiência para estes nutrientes. Os valores médios mostrados por este autor foram: $K = 1,0\%$, $Ca = 0,5\%$ e, Mg ou $P = 0,2\%$, sendo portanto, superiores aos da Tabela 4.

Com relação aos teores dos micronutrientes, o Piquiá apresentou maior concentração de Fe que a Abiurana, enquanto que em relação ao Zn, a Cedrorana foi a que apresentou as maiores concentrações nas folhas. Finalmente, o Cardeiro foi a espécie que apresentou maiores concentrações de Mn, não diferindo estatisticamente da Cedrorana. Das cinco espécies estudadas, a Abiurana foi a que apresentou as menores concentrações de Fe, Zn e Mn, sugerindo que ela apresenta menor capacidade de absorção destes nutrientes do solo e/ou que a mesma possui maior eficiência de

conversão fotossintética, o que causaria uma diluição destes elementos nos tecidos vegetais. De um modo geral, as concentrações dos micronutrientes foram semelhantes às encontradas por Epstein (1975): $Fe > Mn > Zn > Cu$. A seqüência de acúmulo dos micronutrientes apresentou a seguinte conformação:

Fe: Piquiá \gg Cardeiro \gg Cedrorana \gg Andiroba \gg Abiurana

Mn: Cardeiro \gg Cedrorana \gg Piquiá \gg Abiurana \gg Andiroba

Zn: Cedrorana $>$ Cardeiro \gg Andiroba \gg Abiurana \gg Piquiá

Cu: Piquiá \gg Cardeiro = Abiurana \gg Andiroba \gg Cedrorana

O acúmulo total de micronutrientes para cada espécie apresentou a seguinte ordem decrescente:

Abiurana: $Fe > Mn > Zn > Cu$

Andiroba: $Fe > Zn > Mn > Cu$

Cardeiro: $Mn > Fe > Zn > Cu$

Cedrorana: $Mn > Fe > Zn > Cu$

Piquiá: $Fe > Mn > Zn > Cu$

Observa-se que no Cardeiro e na Cedrorana, os teores de Mn superaram os de Fe, diferindo da condição fisiológica $Fe > Mn > Zn$ já observada por vários autores (Epstein, 1975; Soria *et al.*, 1982; Sarmiento *et al.*, 1992). Estas seqüências de concentrações de macro e micronutrientes podem ser muito importantes numa possível indicação de espécies para sistemas agroflorestais, pois aquelas que apresentam seqüências iguais ou semelhantes poderão competir mais entre si ao serem colocadas na mesma área de solo, o que não seria o mais adequado. Numa escolha com base nestas características, o mais aconselhável seria escolher espécies que tendem a competir menos pelos mesmos nutrientes do solo, apresentando, portanto, seqüências diferentes. Partindo desta premissa e com base nas seqüências de micronutrientes acima, pode-se esperar maior competição entre a Abiurana e Piquiá, ou entre

Cardeiro e Cedrorana, do que entre Andiroba e Cardeiro/Cedrorana.

Apenas quatro das correlações entre as concentrações dos macro e micronutrientes com as colonizações micorrízicas se mostraram estatisticamente significativas (Tab. 5), indicando que outros fatores relacionados com as espécies de plantas,

fungos micorrízicos, meio ambiente e a interação entre eles prevaleceram na maioria dos casos. No entanto, os poucos casos significativos encontrados comprovam que as micorrizas influenciaram na concentração do P e Cu na Andiroba e, Ca e Mn no Piquiá.

Na Andiroba, a taxa de colonização

Tabela 5. Correlações entre as colonizações por micorrizas arbusculares (MA) e os teores de macro e micronutrientes nas folhas das espécies da área S6.

ESPÉCIES	EQUAÇÕES ⁽¹⁾	VALORES DE r
Abiurana	Ca = 0,002 MA + 0,342	0,261ns ⁽²⁾
	Mg = 0,003 MA + 0,282	0,489ns
	P = - 0,001 MA + 0,057	0,149ns
	K = - 0,003 MA + 0,341	0,582ns
	Fe = 0,383 MA + 71,65	0,210ns
	Zn = 0,001 MA + 13,58	0,004ns
	Mn = 0,289 MA + 19,38	0,328ns
Andiroba	Cu = 0,072 MA + 5,41	0,493ns
	Ca = 0,002 MA + 0,231	0,266ns
	Mg = 0,003 MA + 0,231	0,436ns
	P = - 0,001 MA + 0,101	0,669*
	K = - 0,005 MA + 0,693	0,508ns
	Fe = - 0,222 MA + 111,65	0,175ns
	Zn = 0,116 MA + 9,275	0,426ns
Cardeiro	Mn = - 0,137 MA + 20,39	0,449ns
	Cu = 0,074 MA + 2,273	0,640*
	Ca = 0,001 MA + 0,241	0,384ns
	Mg = 0,001 MA + 0,269	0,082ns
	P = - 0,001 MA + 0,133	0,396ns
	K = - 0,001 MA + 0,564	0,049ns
	Fe = 0,631 MA + 83,65	0,525ns
Cedrorana	Zn = 0,081 MA + 14,26	0,433ns
	Mn = 0,125 MA + 129,99	0,089ns
	Cu = - 0,011 MA + 6,996	0,145ns
	Ca = 0,001 MA + 0,221	0,097ns
	Mg = 0,002 MA + 0,204	0,339ns
	P = - 0,001 MA + 0,162	0,069ns
	K = - 0,006 MA + 1,239	0,327ns
Piquiá	Fe = 0,824 MA + 51,54	0,549ns
	Zn = 0,114 MA + 21,20	0,189ns
	Mn = 0,999 MA + 42,75	0,201ns
	Cu = - 0,105 MA + 11,58	0,424ns
	Ca = 0,004 MA + 0,072	0,675*
	Mg = - 0,001 MA + 0,289	0,344ns
	P = - 0,001 MA + 0,117	0,329ns
	K = - 0,003 MA + 0,756	0,308ns
	Fe = 0,393 MA + 104,56	0,243ns
	Zn = 0,030 MA + 11,55	0,099ns
	Mn = 0,617 MA + 24,24	0,654*
	Cu = 0,032 MA + 6,868	0,352ns

(1) - macronutrientes em % e micronutrientes em mg.kg⁻¹

(2) - ns: não significativo a 5%; * - significativo a 5% de probabilidade.

por MA apresentou correlação negativa com a concentração foliar de P. Tal resultado parece divergir dos benefícios proporcionados pelas MA em termos de crescimento e nutrição, amplamente documentados para muitas espécies vegetais, incluindo várias florestais (Maronek *et al.*, 1981; Silva & Siqueira, 1991; Weber & Amorim, 1994). Contudo, a eficiência do processo de absorção e translocamento decorrente da simbiose está também estreitamente relacionada ao teor de fósforo disponível, que embora não provoque necessariamente diferenças na capacidade de colonização do sistema radicular do hospedeiro, pode proporcionar diferenças quanto à efetividade na produção de matéria seca, no acúmulo de nutrientes e no índice de utilização de P (Sylvia & Schenck, 1983; Shubert & Hayman, 1986). Assim, a relação linear significativa e inversa observada na Andiroba pode ser conseqüência de uma melhor utilização do P na parte aérea, como já foi observado por Araújo *et al.* (1994) em tomateiro cultivado sob diferentes níveis de P no solo.

A relação linear significativa e positiva entre a colonização por MA e as concentrações de Ca no tecido foliar do Piquiá (Tab. 5), realça as observações de Silveira (1992) de que, embora o P seja o mais importante nutriente envolvido na resposta de crescimento das plantas micorrizadas, estas apresentam maior absorção de outros nutrientes, especialmente Ca, Zn, Cu e S, indicando a ocorrência de efeitos nutricionais benéficos decorrentes da simbiose.

Assim, as correlações significativas encontradas no presente trabalho comprovam que as micorrizas arbusculares

contribuem para o balanço de nutrientes nas plantas em condições de campo na Amazônia, fato este sugerido por outros autores (St. John, 1980 a, b, c; St. John & Uhl, 1983; Bonetti *et al.*, 1984; Bonetti & Navarro, 1990), mas sem esta comprovação.

Bibliografia citada

- Araújo, A.P.; Silva, E. M. R.; Almeida, D. 1994. Efetividade de fungos endomicorrízicos em tomateiro em diferentes níveis de fósforo no solo. *R. bras. Ci. Solo*, 18(2):193-200.
- Barbosa, Z.; Venturin, R.P.; Carvalho, J.G.; Morais, A.R. 1995. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodon urundeuva* (Fr. All.) Eng.) sob diferentes saturações por bases. II. Teor foliar de macronutrientes. In: *Resumos expandidos*. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, UFV, Viçosa, p.809-10.
- Bonetti, R. 1984. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza in the nodulation, growth and phosphorus and nitrogen uptake in siratro. *R. bras. Ci. Solo*, 8:189-192.
- Bonetti, R.; Navarro, R.B. 1990. Ocorrência de micorriza vesículo-arbuscular (MVA) em espécies frutíferas nativas da região amazônica. *Eng. Nucl. Agric.*, 11(1):26-33.
- Bonetti, R.; Oliveira, L.A.; Magalhães, F.M.M. 1984. População de *Rhizobium* spp. e ocorrência de micorrizas VA em cultivos de essências florestais. *Pesq. agropec. Bras.*, 19:137-142.
- Clark, R.B. 1984. Physiological aspects of calcium, magnesium, and molybdenum deficiencies in plants. In: Adams, F. (ed.). *Soil acidity and liming*. 2nd ed. ASA, Madison, Wis., USA. p.99-170.
- Curlin, J.W. 1970. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: Youngberger, C.T.; Davey, C.B. (eds.). *Tree growth and forest soils*. Oregon Univ. Press, Corvallis. p.313-335.
- Dall'orto, F.A.C.; Garlipp, R.C.D.; Brauner, L.J.; Miranda, M.T. 1976. 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.
- EMBRAPA. 1979. *Manual de métodos de análise de solos*. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. EMBRAPA, Rio de Janeiro. 220p.
- EMBRAPA. 1988. *Análise foliar: laboratório de análises de solos e plantas*. Centro Nacional de Pesquisas de Seringueira e Dendê, Manaus. 8p.
- Epstein, 1975. *Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas*. EDUSP, São Paulo, 341p.
- Gomez, K.A.; Gomez, A.A. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York. 680p.
- Homma, A.K.O. 1993. *Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades*. EMBRAPA, Brasília, DF. 202p.
- Howeler, R.H.; Sieverding, E.; Saif, S. 1987. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil*, 100:249-283.
- Kamprath, E.J. 1984. Crop response to lime on soils in the tropics. In: Adams, F. (ed.). *Soil acidity and liming*. 2nd ed., ASA, Madison, Wisc., USA. p.349-368.
- Kormanick, P.P.; Bryan, W.C.; Schultz, R.C. 1980. Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. *Can. J. Microbiol.*, 26:536-538.
- Kramer, P.J.; Kolowski, T. 1960. *Fisiologia das árvores*. Fundação C. Gulbenkian, Lisboa. 745p.
- Lopes, E.S.; Siqueira, J.O.; Zambolim, L. 1983. Caracterização das micorrizas vesicular-arbuscular (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *R. bras. Ci. Solo*, 7:1-19.
- Lynch, J.M. 1986. *Biotechnology do solo: fatores microbiológicos na produtividade agrícola*. Edit. Manole Ltda, São Paulo. 209p.
- Maronek, D.M.; Hendrix, J.W.; Kierman, J. 1981. Mycorrhizal fungi and their importance in horticultural crop production. *Hort. Rev.*, 3:172-213.
- Pimentel Gomes, F. 1987. *Curso de estatística experimental*. 12.^a ed., ESALQ, USP, Piracicaba. 467p.
- Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical. *Acta Amazonica*, 10(1):7-41.
- Saggin Júnior, O.J.; Siqueira, J.O.; Guimarães, P.T.G.; Oliveira, E. 1995. Colonização do cafeeiro por diferentes fungos micorrízicos: efeitos na formação das mudas e no crescimento em solo fumigado. *R. bras. Ci. Solo*, 19:213-220.
- Sarmiento, J.L.; Garcia, J.L.; Grande, M.C.; Villalon, M.C.; Castro, A.; Mazuelos, C. 1992. Niveles críticos y equilibrios óptimos de macronutrientes en la fertilización diferenciada de la vid. *Suelos y Planta*, 2(4):663-673.
- Schenck, N.C. 1984. *Methods and principles of mycorrhizal research*. The American Phytopathology Society, St. Paul. 234p.
- Shubert, A.; Hayman, D.S. 1986. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XVI. Effectiveness of different endophytes at different levels of soil phosphate. *New Phytol.*, 103:79-90.
- Silva, L.F.C.; Siqueira, J.O. 1991. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. *R. bras. Ci. Solo*, 15(3):283-288.
- Silveira, A.P.D. 1992. Micorrizas. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. (eds.) *Microbiologia do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas. p.257-282.
- Silveira, A.P.D.; Freitas, S.S.; Silva, L.R.C.; Lombardi, M.L.C.O.; Cardoso, E.J.B.N. 1995. Interações de micorrizas arbusculares e rizobactérias promotoras do crescimento em plantas de feijão. *R. bras. Ci. Solo*, 19:205-211.
- Siqueira, J.O.; Franco, A.A. 1988. *Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas*. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, Brasília. 235p.
- Soria, J.T.; Palacios, S.J.; Esteban, E. 1982. Estudio de la nutrición del almendro. Niveles críticos y equilibrados óptimos de macro y micronutrientes. *An. Edafol. Agronol.*, 41:1003-1025.

- St. John, T.V. 1980a. A survey of micorrhizal infection in an Amazonian rain forest. *Acta Amazonica*, 10(3):527-533.
- St. John, T.V. 1980b. Tamanho da raiz, pêlos radiculares e infecção por micorrizas: um reexame da hipótese de Baylis com árvores tropicais. *Acta Amazonica*, 10(1):141-145.
- St. John, T.V. 1980c. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorriza vesicular-arbuscular. *Acta Amazonica*, 10(1):229-234.
- St. John, T.V.; Uhl, C. 1983. Mycorrhizae in the rain forest at San Carlos de Rio Negro, Venezuela. *Acta Cient. Venezoelana*, 34:233-237.
- Sylvia, D.M.; Shenck, N.C. 1983. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus-tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.*, 95:655-661.
- Van Den Driessche, H.K. 1974. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *The Bot. Ver.* 40(3):347-394.
- Vettori, L. 1969. *Métodos de análises de solos*. Boletim Técnico 7. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. 24p.
- Weber, O.B.; Amorim, M.C. 1994. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrizicos vesiculo-arbusculares em mamoeiro 'Solo'. *R. bras. Ci. Solo*, 18(2):187-192.

Aceito para publicação em 14.10.98