

# Avaliação nutricional de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava de extração de argila

Jolimar Antonio Schiavo<sup>1\*</sup>, Marco Antonio Martins<sup>2</sup> e Luciana Aparecida Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciência do Solo, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Rod. Aquidauana, km 12, 79200-000, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Ciência do Solo, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. <sup>3</sup>Instituto Superior de Tecnologia, Fundação de Apoio a Escola Técnica do Estado do Rio de Janeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: schiavo@uem.br

**RESUMO.** O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) na nutrição de mudas de acácia (*Acacia mangium* Willd.), sesbânia (*Sesbania virgata* (Cav.) Pers.) e eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) em casa-de-vegetação, bem como a influência dos FMAs, do monocultivo e/ou consórcio sobre os teores dos nutrientes nas folhas das plantas em cava degradada pela extração de argila. Em casa-de-vegetação, mudas de acácia inoculadas com FMAs tiveram incrementos nos conteúdos de N, P e Zn de 22, 71 e 67%, respectivamente; as de sesbânia, de 39, 49, 56, 24, 105 e 54%, respectivamente para N, P, Ca, Mg, Mn e Zn. Na cava de extração de argila, plantas de acácia consorciadas com sesbânia apresentaram menor teor de Ca nas folhas. Ainda, no consórcio com eucalipto, plantas de acácia inoculadas com FMAs tiveram incrementos de 36% no teor de Mg, em relação às sem inoculação. Plantas de sesbânia consorciadas com acácia e/ou eucalipto apresentaram menor teor de Mg, em relação às do monocultivo. Por outro lado, plantas de eucalipto consorciadas com acácia e/ou sesbânia sem FMAs apresentaram menor teor de N, em relação às do monocultivo. Até o presente momento, não foram observadas melhorias nutricionais em plantas de eucalipto advindas do consórcio com acácia e/ou sesbânia.

**Palavras-chave:** monocultivo, consórcio, estado nutricional, micorriza, rizóbio.

**ABSTRACT. Nutritional evaluation of *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* and *Eucalyptus camaldulensis*, inoculated with mycorrhizal fungi, grown under greenhouse conditions and in an area of clay extraction.** This work aimed to evaluate, under greenhouse conditions, the effects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the nutrient uptake of *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* and *Eucalyptus camaldulensis*, as well as, the influence of these fungi on the shoot nutrient content of these plant species, when cultivated in single and intercropping systems, under field conditions in an area of clay extraction. Under greenhouse conditions, AMF inoculation increased N, P and Zn content of *A. mangium* by 22, 71 and 67%, respectively, and in *S. virgata* the increase of N, P, Ca, Mg, Mn and Zn was of 39, 49, 56, 24, 105 and 54%, respectively. Under field conditions, *A. mangium*, when cultivated together with *S. virgata*, presented lowest Ca content in shoots. AMF inoculation increased the Mg content in *A. mangium* by 36%, when the plants were grown together with *E. camaldulensis*. *S. virgata* plants in intercrop with *A. mangium* and/or *E. camaldulensis* presented lower Mg content than when cultivated in single system. On the other hand, *E. camaldulensis* plants without AMF inoculation cultivated together with *A. mangium* and/or *S. virgata* presented lower N content than the plants grown in single system. No nutritional improvement was observed in *E. camaldulensis* plants due to intercropping systems.

**Key words:** single planting, intercropping, nutritional status, mycorrhiza, rhizobium.

## Introdução

A produção de mudas de qualidade, sua sobrevivência e estabelecimento no campo são fatores primordiais para obtenção do sucesso no plantio de espécies florestais em grande escala. A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pode contribuir para melhoria da qualidade

das mudas, por meio do aumento da absorção de nutrientes do solo, principalmente os de baixa mobilidade, como P (NOGUEIRA; CARDOSO, 2000), com conseqüente melhoria do crescimento das plantas no campo, podendo favorecer a sucessão da floresta (GOULD; HENDRIX, 1998) e promover a recuperação de áreas degradadas.

As leguminosas arbóreas em associação com rizóbio e fungos micorrízicos apresentam características desejáveis para a finalidade de recuperação de áreas degradadas, sendo algumas delas: rápido recobrimento do solo, sistemas radiculares desenvolvidos, absorção de nutrientes nas camadas mais profundas do solo, retorno ao solo de parte da biomassa produzida, formada por folhas, galhos e estruturas reprodutivas que constituem a camada de serapilheira (FRANCO; FARIA, 1997).

Em cultivos consorciados de leguminosas com plantas de diferentes espécies, o N fixado simbioticamente é, em certas circunstâncias, translocado para a cultura não-leguminosa, mediada pelos FMAs, proporcionando efeitos positivos para as plantas interconectadas pela rede micelial (MARTINS; CRUZ, 1998; RODRIGUES et al., 2003). Bauhus et al. (2000) verificaram aumentos nos teores de N nas raízes de *Eucalyptus globulus* em consórcio com *Acacia mearnsii*, provavelmente via fixação biológica de N.

Em ambientes degradados, como nas cavas de extração de argila, cujo substrato apresenta características químicas, físicas e microbiológicas desfavoráveis para o crescimento de espécies não-fixadoras de N, como eucalipto, torna-se necessária a investigação do efeito do plantio dessas espécies em consórcio com leguminosas fixadoras de N.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito dos FMAs, em casa-de-vegetação, sobre a nutrição de mudas de acácia (*Acacia mangium* Willd.), sesbânia (*Sesbania virgata* (Cav.) Pers.) e eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), bem como verificar o efeito dos FMAs e das leguminosas sobre os teores nutricionais das folhas de eucalipto em área degradada pela extração de argila.

## Material e métodos

O experimento foi realizado em Campos de Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, em duas fases: uma em casa-de-vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; e a outra diretamente em cava degradada pela extração de argila, pertencente à cerâmica Stilbe Ltda.

Foram utilizados FMAs nativos isolados de áreas degradadas pela extração de argila, sendo identificadas as seguintes espécies: *Glomus macrocarpum*, *Glomus etunicatum* e *Entrophospora colombiana*.

Para a produção das mudas de leguminosas e eucalipto, foram utilizados tubetes com volume de 250 e 50 mL, respectivamente.

As sementes de acácia (provenientes da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Estado do Rio de Janeiro) e de sesbânia (coletadas de planta matriz

localizada em Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro) foram submetidas à quebra de dormência por intermédio de imersão em ácido sulfúrico concentrado (RODRIGUES et al., 2008), por um período de 20 min.; a seguir, foram lavadas com água corrente destilada. As sementes de eucalipto foram procedentes do Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF), de Piracicaba, Estado de São Paulo.

No tratamento com FMAs, a inoculação foi realizada no momento da semeadura nos tubetes, tendo como inóculo 5 mL de uma mistura de solo, raízes colonizadas e esporos do fungo (cerca de 120 esporos de *Glomus macrocarpum*, 100 de *Glomus etunicatum* e 80 de *Entrophospora colombiana*). No caso das leguminosas, foram também inoculadas com estirpes selecionadas de rizóbio (acácia Br 3609 e Br 6009 e sesbânia Br 5401) da coleção pertencente à Embrapa Agrobiologia.

## Casa-de-vegetação

Aos 120 (leguminosas) e 150 (eucalipto) dias após a semeadura (DAS), respectivamente, as mudas de cada tratamento foram coletadas e o sistema radicular separado da parte aérea. Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu e Mn na parte aérea foram determinados após as amostras terem sido secas em estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 48h (MALAVOLTA et al., 1997). A seguir, o material foi pesado e moído, em moinho tipo Willey (peneira de 20 mesh), e armazenado em frascos hermeticamente fechados. Após o material ser submetido à oxidação pela digestão sulfúrica (para determinação de N) e nítrico-perclórica para os demais nutrientes, os teores de N foram determinados pelo método de Nessler, os de P e S por colorimetria, os de K por fotometria de chama e os de Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn por espectrofotometria de absorção atômica.

Os dados obtidos foram expressos em teores e conteúdos de nutrientes presentes na parte aérea das mudas, e submetidos à análise de variância; as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Plantio na cava de extração de argila

Aos 90, 180 e 220 dias após o plantio no campo (DAPC), na área da cava de extração de argila, foram coletadas folhas jovens totalmente expandidas do terço mediano dos galhos para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, conforme metodologia citada anteriormente, na fase de produção de mudas em casa-de-vegetação.

Para cada época de avaliação, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias

comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

### Casa-de-vegetação

Os teores e conteúdos dos nutrientes analisados da parte aérea das mudas das três espécies são apresentados na Tabela 1.

Dos nutrientes analisados nas mudas de acácia, não se verificaram diferenças nos teores em relação à inoculação com FMAs, exceto para N e Cu. Mudas de acácia não-inoculadas com FMAs apresentaram teores de N e Cu 23 e 98% maiores, respectivamente, em relação às com inoculação com os FMAs (Tabela 1). No entanto, avaliando os conteúdos dos nutrientes das mudas inoculadas com FMAs ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), observaram-se acréscimos de 22, 71 e 67% para N, P e Zn, respectivamente, em relação às não-inoculadas.

**Tabela 1.** Teores e conteúdos de nutrientes da parte aérea de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas ou não com FMAs, produzidas em casa-de-vegetação.

Nutrientes	Acácia		Sesbânia		Eucalipto	
	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs
	Teor ( $\text{g kg}^{-1}$ )					
N	19,34 b	23,90 a	45,49 b	49,90 a	14,46 a	12,86 a
P	4,23 a	3,76 a	3,52 a	3,57 a	2,15 a	2,09 a
K	19,90 a	20,60 a	24,80 b	30,80 a	20,40 a	17,60 b
Ca	7,56 a	8,08 a	8,32 a	8,21 a	6,07 b	8,13 a
Mg	4,23 a	4,55 a	4,07 b	4,93 a	3,20 a	4,11 a
S	2,03 a	2,01 a	3,62 a	2,18 a	1,83 a	1,58 a
Carbono	427,64 a	379,20 a	380,72 a	349,00 a	378,68 a	383,72 a
	Teor ( $\text{mg kg}^{-1}$ )					
Fe	81,24 a	97,07 a	108,34 a	134,00 a	80,00 b	99,18 a
Mn	40,77 a	46,06 a	54,73 a	40,88 b	162,46 b	362,68 a
Cu	0,61 b	1,21 a	0,95 a	0,69 a	4,04 a	3,93 a
Zn	17,20 a	15,78 a	26,94 a	26,97 a	51,10 a	55,31 a
	Conteúdo ( $\text{mg planta}^{-1}$ )					
N	112,90 a	92,25 a	295,20 a	211,78 b	39,79 a	49,49 a
P	24,79 a	14,46 b	22,74 a	15,27 b	5,93 a	8,22 a
K	117,57 a	81,46 a	160,18 a	130,44 a	56,00 a	68,86 a
Ca	44,35 a	31,45 a	53,93 a	34,43 b	16,76 b	31,54 a
Mg	24,97 a	17,93 a	26,26 a	21,06 b	8,78 b	15,69 a
S	11,96 a	8,07 a	24,01 a	9,15 a	5,04 a	6,01 a
Fe	0,47 a	0,38 a	0,70 a	0,57 a	0,21 b	0,38 a
Mn <sup>1</sup>	2,40 a	1,70 a	3,50 a	1,70 b	4,48 b	13,72 a
Cu <sup>2</sup>	0,36 b	0,46 a	0,63 a	0,31 a	1,11 a	1,53 a
Zn <sup>1</sup>	1,02 a	0,61 b	1,70 a	1,10 b	1,40 b	2,13 a
	Relação C/N					
	22,49 a	16,06 b	8,36 a	7,00 a	26,58 a	29,89 a

Para cada espécie e nutriente analisado, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Os conteúdos de Mn e Zn foram multiplicados por 10. <sup>2</sup>O conteúdo de Cu foi multiplicado por 100.

Os teores de N, K e Mg das mudas de sesbânia apresentaram comportamento semelhante ao observado para os teores de N e Cu nas mudas de acácia. Mudas de sesbânia inoculadas com FMAs apresentaram acréscimos de 39, 49, 56, 24, 105 e 54% nos conteúdos de N, P, Ca, Mg, Mn e Zn, respectivamente, em relação às não-inoculadas. Ainda, mudas de sesbânia inoculadas com FMAs apresentaram acréscimos de 33% nos teores de Mn, em comparação com às não-inoculadas. O menor teor de

alguns nutrientes, como N, nas mudas inoculadas com FMAs pode ser explicado pelo efeito de diluição, uma vez que as mudas desse tratamento apresentaram maior acúmulo de matéria da parte aérea seca. Essa resposta pode explicar o resultado na relação C/N, que foi maior nas mudas micorrizadas de acácia.

Com relação aos teores de nutrientes das mudas de eucalipto, verificaram-se efeitos da inoculação com FMAs apenas para o K, Ca, Fe e Mn. O teor de K das mudas de eucalipto foi 16% maior em relação às não-inoculadas, enquanto os de Ca, Fe e Mn foram menores 33, 24 e 123%, respectivamente. Avaliando-se os conteúdos dos nutrientes das mudas de eucalipto, verifica-se efeito negativo da inoculação para Ca, Mg, Fe, Mn e Zn. Provavelmente, esses menores conteúdos são em decorrência da menor produção de matéria da parte aérea observada no tratamento com inoculação com FMAs. Resultados semelhantes foram obtidos por Melloni et al. (2000) que encontraram efeito negativo de inoculação em limoeiro-cravo, quando inoculado com *Glomus darum* no solo, com aplicação de P nas dosagens de 50, 100 e 250  $\text{mg dm}^{-3}$ . Em mudas de eucalipto, o maior valor em eficiência micorrízica foi observado na dose 0 de P, decrescendo com o aumento das doses deste nutriente; na dose de 160  $\text{mg dm}^{-3}$  de P houve efeito depressivo da inoculação (TRAJANO et al., 2001), o que pode ocorrer quando o saldo do balanço entre a quantidade de nutrientes transferida para as raízes da planta pelo fungo e a quantidade metabólica produzida pela planta e consumida pelo fungo para se sustentar for negativo (GUADARRAMA et al., 2004). O fato de a associação micorrízica poder ter natureza parasítica no solo, com nível de P acima da dosagem adequada para o crescimento da planta (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002), explicaria os valores negativos obtidos da inoculação.

Ainda, para as mudas de eucalipto, os teores de nutrientes considerados adequados apresentaram comportamentos diferenciados. Os teores de P, K, S, Mn e Zn, independentemente da inoculação com FMAs, e de acordo com Malavolta et al. (1997), estão dentro dos níveis adequados, enquanto os de Fe e Cu estão inadequados. O teor de N das mudas com inoculação com FMAs está adequado; sem inoculação, porém, estão abaixo desse nível. Comportamento inverso, com relação à inoculação, foi observado para os teores de Ca e Mg.

Os benefícios na nutrição de diferentes espécies de plantas advindos da inoculação com FMAs têm sido bastante relatados, principalmente para os teores foliares de N e P (RODRIGUES et al., 2003;

SCHIAVO; MARTINS, 2003; CHU et al., 2004). No entanto, como a interação planta-fungos micorrízicos é um processo biológico e evolutivo, é de se esperar que a extensão da resposta de plantas à micorriza varie entre diferentes plantas e fungos micorrízicos (CHU et al., 2004). Essa interação é influenciada pela dependência da planta aos fungos micorrízicos, pela eficiência do fungo em aumentar o crescimento da planta e pelas condições edafoclimáticas (SMITH; GIANNINAZZI-PEARSON, 1988). Entre os fatores edáficos, a disponibilidade de P exerce grande influência sobre a formação de micorriza, o que pode reduzir ou até inibir a colonização radicular em níveis extremamente deficientes ou altos (NOGUEIRA; CARDOSO, 2007). Schiavo e Martins (2003), em trabalho com produção de mudas de *Acacia mangium*, verificaram que os FMAs proporcionaram aumentos nos conteúdos de N e P da parte aérea das plantas, mesmo quando o substrato apresentou elevados teores de P.

Neste estudo, verificou-se que, para alguns nutrientes, os teores não diferiram em função da inoculação com os FMAs. Este fato, possivelmente, pode ser explicado pela alta concentração de nutrientes, principalmente P, e pela presença de propágulos de fungos micorrízicos no substrato utilizado para produção das mudas, os quais estariam suprimindo o efeito da inoculação.

Somente na parte aérea da acácia, a inoculação com os FMAs proporcionou aumento na relação C/N (Tabela 1). Esse aumento da relação C/N, possivelmente, deve-se à maior alocação de carbono na parte aérea da acácia inoculada com FMAs. A parte aérea da sesbânia, independentemente da inoculação com FMAs, apresentou menor relação C/N, podendo formar serapilheira de melhor qualidade, comparada às de acácia e eucalipto. De acordo com Franco e Balieiro (1999), espécies de leguminosas arbóreas são responsáveis pela incorporação ao solo de material formador de serapilheira com relação C/N estreita, favorecendo o retorno da vida ao solo e intensificando a ciclagem de nutrientes. Nos cultivos consorciados, a baixa relação C/N nas raízes das leguminosas pode beneficiar a outra espécie cultivada em consórcio. Rodrigues et al. (2003) verificaram diminuição na relação C/N das raízes de eucalipto quando consorciado com sesbânia.

#### Plantio na cava de extração de argila

Os teores dos nutrientes analisados nas folhas das plantas de acácia encontram-se na Tabela 2. Os teores de N, P e K, nos três períodos de coleta, não

foram influenciados pelo tipo de cultivo e inoculação com FMAs. Para N e K, os teores mantiveram-se constantes nos períodos de coleta; os teores de P, no entanto, decresceram em relação ao primeiro período, ou seja, à medida que as plantas cresceram. Observou-se influência do cultivo e da inoculação com FMAs sobre os teores foliares de Ca na acácia aos 180 e 220 DAPC. Plantas de acácia inoculadas com FMAs, quando consorciadas com sesbânia, apresentaram decréscimos de 40 e 39% nos teores de Ca aos 180 e 220 DAPC, respectivamente, em relação às sem inoculação. Quando em monocultivo ou em consórcio com eucalipto, entretanto, essas diferenças não foram verificadas. Ainda, com relação ao Ca, aos 180 e 220 DAPC, no tratamento com FMAs, plantas de acácia em consórcio com eucalipto apresentaram os maiores teores, em comparação aos observados em consórcio com a sesbânia. Plantas de acácia inoculadas com FMAs e em consórcio com eucalipto tiveram aumentos de 36,6 e 36,5%, em relação às não-inoculadas, aos 180 e 220 DAPC, respectivamente, nos teores foliares de Mg.

**Tabela 2.** Teores de nutrientes (g kg<sup>-1</sup>) das folhas de *Acacia mangium* inoculadas com FMAs, em monocultivo e consorciadas com *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, em cava degradada pela extração de argila. DAPC – dias após plantio no campo.

DAPC	Monocultivo		C/ sesbânia		C/ eucalipto	
	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs
Nitrogênio						
90	26,27 aA	25,65 aA	23,95 aA	21,95 aA	21,95 aA	24,73 aA
180	24,73 aA	25,84 aA	24,65 aA	24,13 aA	24,20 aA	26,68 aA
220	23,88 aA	24,99 aA	23,80 aA	23,28 aA	23,35 aA	25,83 aA
Fósforo						
90	3,01 aA	3,22 aA	3,25 aA	3,25 aA	3,02 aA	3,26 aA
180	1,70 aA	2,02 aA	1,71 aA	2,18 aA	1,81 aA	2,15 aA
220	1,66 aA	1,98 aA	1,67 aA	2,14 aA	1,77 aA	2,11 aA
Potássio						
90	8,75 aA	10,18 aA	8,87 aA	9,37 aA	10,25 aA	10,81 aA
180	10,71 aA	12,03 aA	9,71 aA	11,56 aA	11,43 aA	11,12 aA
220	11,11 aA	12,43 aA	10,11 aA	11,96 aA	11,83 aA	11,52 aA
Cálcio						
90	4,46 aA	4,33 aA	4,75 aA	3,97 aA	3,82 aA	3,66 aA
180	1,67 aAB	2,07 aA	1,63 bB	2,29 aA	2,20 aA	2,50 aA
220	1,70 aAB	2,10 aA	1,66 bB	2,32 aA	2,24 aA	2,54 aA
Magnésio						
90	1,95 aA	1,67 aA	2,01 aA	1,81 aA	1,66 aA	2,07 aA
180	1,84 aA	1,66 aA	1,75 aA	1,98 aA	1,94 aA	1,42 bA
220	1,87 aA	1,70 aA	1,79 aA	2,02 aA	1,98 aA	1,45 bA

Para cada nutriente, dentro de cada cultivo, letras minúsculas comparam a inoculação com FMAs, enquanto letras maiúsculas, dentro de cada tratamento microbiológico, comparam os cultivos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores dos nutrientes da sesbânia (Tabela 3) apresentaram respostas semelhantes aos da acácia com relação ao P, ou seja, foi observado decréscimo no teor desse nutriente aos 180 e 220 DAPC em relação aos 90 DAPC. Os teores de Ca e Mg foram influenciados pelo cultivo e inoculação com FMAs. No monocultivo, os teores de Ca e Mg das plantas

de sesbânia inoculadas com os FMAs, aos 180 e 220 DAPC, foram inferiores em relação às não-inoculadas. Os teores de Mg das plantas sem inoculação, aos 180 e 220 DAPC, foram maiores no monocultivo, em comparação aos do consórcio com acácia e/ou eucalipto. Apesar de comportamento semelhante, os teores de N nas folhas da sesbânia foram superiores aos da acácia (de 33 a 50%).

**Tabela 3.** Teores de nutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) das folhas de *Sesbania virgata* inoculadas com FMAs, em monocultivo e consorciadas com *Acacia mangium* e *Eucalyptus camaldulensis*, em cava degradada pela extração de argila. DAPC – dias após plantio no campo.

DAPC	Monocultivo		C/ acácia		C/ eucalipto	
	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs
Nitrogênio						
90	34,81 aA	37,06 aA	40,04 aA	36,50 aA	36,22 aA	34,61 aA
180	30,29 aA	30,79 aA	32,04 aA	29,98 aA	32,11 aA	32,07 aA
220	29,44 aA	29,94 aA	31,19 aA	29,13 aA	31,26 aA	31,22 aA
Fósforo						
90	3,80 aA	3,93 aA	3,94 aA	3,91 aA	3,96 aA	3,65 aA
180	1,72 aA	2,11 aA	1,95 aA	2,05 aA	1,95 aA	2,06 aA
220	1,68 aA	2,07 aA	1,91 aA	2,01 aA	1,91 aA	2,03 aA
Potássio						
90	12,62 aA	12,12 aA	12,81 aA	12,18 aA	12,43 aA	12,12 aA
180	12,00 aA	12,06 aA	11,31 aA	11,40 aA	11,09 aA	12,28 aA
220	12,40 aA	12,46 aA	11,71 aA	11,80 aA	11,49 aA	12,68 aA
Cálcio						
90	4,50 aA	4,93 aA	5,10 aA	4,39 aA	4,72 aA	4,82 aA
180	3,00 bA	3,79 aA	2,66 aA	3,18 aA	3,10 aA	3,15 aA
220	3,04 bA	3,82 aA	2,69 aA	3,21 aA	3,13 aA	3,19 aA
Magnésio						
90	1,34 aA	1,35 aA	1,61 aA	1,41 aA	1,40 aA	1,36 aA
180	2,13 bA	3,10 aA	2,21 aA	2,27 aB	2,10 aA	2,13 aB
220	2,16 bA	3,14 aA	2,24 aA	2,30 aB	2,13 aA	2,17 aB

Para cada nutriente, dentro de cada cultivo, letras minúsculas comparam a inoculação com FMAs, enquanto letras maiúsculas, dentro de cada tratamento microbiológico, comparam os cultivos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores dos nutrientes analisados presentes nas folhas das plantas de eucalipto são apresentados na Tabela 4, sendo observada influência do cultivo e inoculação com os FMAs para N, P e Mg. No monocultivo, nas três coletas, os teores de N foram menores no tratamento com FMAs, enquanto o Mg, aos 90 DAPC, apresentou comportamento oposto. Aos 180 e 220 DAPC, os teores foliares de N das plantas não-inoculadas foram maiores no monocultivo, equivalendo-se ao tratamento com sesbânia; já os de P e Mg foram maiores no consórcio com sesbânia que no monocultivo. Plantas de eucalipto, em todos os tratamentos, apresentaram teores foliares de Ca e Mg abaixo da faixa adequada, a qual varia entre 8-12  $\text{g kg}^{-1}$  e 4-5  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente (MALAVOLTA et al., 1997). A relação teor Ca:Mg encontra-se abaixo de 4:1, o que pode, inclusive, prejudicar o crescimento do eucalipto.

Após a extração da argila, a camada superficial (top soil), rica em matéria orgânica, foi devolvida para dentro da cava, atribuindo boas condições de

fertilidade ao substrato onde se realizou o plantio das espécies. Este poderia ser um dos fatores para explicar o efeito depressivo dos FMAs. Outro fator edáfico é a presença da microbiota indígena, incluindo os fungos micorrízicos existentes que podem também influenciar o funcionamento da inoculação de espécies de FMAs selecionadas (GARBAYE; BOWEN, 1987), sendo interessante conhecer os efeitos da inoculação no solo natural sem fumigação, para prever o grau de sucesso na parte de inoculação em condições de campo (TRINDADE et al., 2000; POUYÚ-ROJAS; SIQUEIRA, 2000).

**Tabela 4.** Teores de nutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) das folhas de *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com FMAs, em monocultivo e consorciadas com *Acacia mangium* e *Sesbania virgata*, em cava degradada pela extração de argila. DAPC – dias após plantio no campo.

DAPC	Monocultivo		C/ acácia		C/ sesbânia	
	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs	+ FMAs	- FMAs
Nitrogênio						
90	17,16 bA	24,31 aA	19,21 aA	22,24 aA	19,55 aA	19,55 aA
180	14,26 bA	17,42 aA	13,74 aA	13,98 aB	13,16 aA	15,03 aAB
220	13,41 bA	16,57 aA	12,88 aA	13,13 aB	12,31 aA	14,18 aAB
Fósforo						
90	3,17 aA	3,40 aA	3,34 aA	3,37 aA	3,29 bA	3,65 aA
180	2,44 aA	2,50 aAB	2,28 aA	1,84 aB	2,12 bA	2,86 aA
220	2,41 aA	2,46 aAB	2,24 aA	1,80 aB	2,09 bA	2,83 aA
Potássio						
90	13,93 aA	13,93 aA	14,94 aA	14,13 aA	14,50 aA	15,31 aA
180	10,71 aA	10,84 aA	9,50 aA	10,62 aA	10,71 aA	9,87 aA
220	11,11 aA	11,24 aA	9,90 aA	11,02 aA	11,11 aA	10,27 aA
Cálcio						
90	3,52 aA	3,47 aA	2,67 aA	2,75 aA	2,13 aA	2,40 aA
180	3,66 aA	3,13 aA	3,25 aA	3,00 aA	3,30 aA	3,46 aA
220	3,69 aA	3,16 aA	3,28 aA	3,03 aA	3,33 aA	3,49 aA
Magnésio						
90	2,66 aA	1,79 bA	2,26 aA	2,40 aA	2,09 aA	2,25 aA
180	3,11 aA	2,73 aB	2,97 aA	2,96 aAB	2,80 bA	3,26 aA
220	3,15 aA	2,76 aB	3,00 aA	3,00 aAB	2,82 bA	3,29 aA

Para cada nutriente, dentro de cada cultivo, letras minúsculas comparam a inoculação com FMAs, enquanto letras maiúsculas, dentro de cada tratamento microbiológico, comparam os cultivos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As leguminosas apresentaram teores foliares de N bem superiores aos do eucalipto, obtidos, provavelmente, por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). As folhas dessas leguminosas junto com estruturas reprodutivas e galhos constituirão o material formador da serapilheira, que, depositado sobre o solo, poderá disponibilizar os nutrientes nela presentes e, no caso do consórcio, beneficiar plantas que não realizam a FBN. Leguminosas arbóreas podem melhorar a nutrição por meio da FBN e, conseqüentemente, o crescimento de espécies não-fixadoras como o eucalipto. Binkley et al. (2000) e Rodrigues et al. (2003) verificaram que plantas de eucalipto consorciadas com leguminosas apresentaram maior concentração de N nas raízes, quando comparadas

com as do monocultivo, sugerindo que este N seja proveniente das leguminosas via FBN.

### Conclusão

Em casa-de-vegetação, os fungos micorrízicos arbusculares proporcionaram melhoria no estado nutricional somente nas espécies *A. mangium* e *S. virgata*.

Na cava de extração de argila, as leguminosas *A. mangium* e *S. virgata* apresentaram elevados teores foliares de N, e observaram-se efeitos dos fungos micorrízicos arbusculares e do cultivo (monocultivo e/ou consorciação) apenas para os teores de Ca e Mg.

Para as plantas de eucalipto, até a data de avaliação do experimento, não se observou influência das leguminosas no acúmulo de nutrientes nas plantas e, independentemente dos tratamentos, os teores de Ca e Mg estão abaixo dos níveis adequados. Os teores de N, mesmo que adequados, foram bem menores, comparados aos das leguminosas.

### Referências

- BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; MENDEN, N. Aboveground and belowground interactions in mixed plantations of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 30, n. 12, p. 1886-1894, 2000.
- BINKLEY, D.; GIARDINA, C.; BASHKIN, M. A. Soil phosphorus pools and supply under the influence of *Eucalyptus saligna* and nitrogen – fixing *Albizia facaltaria*. **Forest Ecology and Management**, v. 128, n. 3, p. 241-247, 2000.
- CHU, E. Y.; YARED, J. A. G.; MAKI, H. J. I. O. Efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada em mudas de *Vochysia maxima* Ducke. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 157-165, 2004.
- FRANCO, A. A.; BALIEIRO, F. C. Fixação biológica de nitrogênio: uma alternativa aos fertilizantes nitrogenados. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relações fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS-UFLA, 1999. p. 577-596.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 516, p. 897-903, 1997.
- GARBAYE, J.; BOWEN, G. D. Effect of different microflora on the success of ectomycorrhizal inoculation of *Pinus radiata*. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 17, n. 8, p. 941-943, 1987.
- GOULD, A. B.; HENDRIX, J. W. Relationship of mycorrhizal activity to time following reclamation of surface mine land in western Kentucky – II: mycorrhizal fungal communities. **Canadian Journal of Botany**, v. 72, n. 2, p. 204-212, 1998.
- GUADARRAMA, P.; ALVAREZ-SANCHEZ, J.; ESTRADA-TORRES, A. Phosphorus dependence in seedlings of a tropical pioneer tree: The role of arbuscular mycorrhizae. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 12, p. 2159-2174, 2004.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARTINS, M. A.; CRUZ, A. F. the role of the external mycelial network of arbuscular mycorrhizal fungi: III. A study of nitrogen transfer between plants interconnected by a common mycelium. **Revista de microbiologia**, v. 29, n. 4, p. 289-294, 1998.
- MELLONI, R.; NOGUEIRA, N. A.; FREIRE, V. F.; CARDOSO, E. J. B. N. Phosphorus levels and arbuscular mycorrhizal fungi on growth and mineral nutrition of *Citrus limonia* (L.) Osbeck. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 767-775, 2000.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. p. 483-539.
- NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo de fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 329-338, 2000.
- NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Phosphorus availability changes the internal and external endomycorrhizal colonization and affects symbiotic effectiveness. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 3, p. 295-300, 2007.
- POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 103-114, 2000.
- RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M. S. M. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. I. Crescimento, absorção e transferência de nitrogênio entre plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 583-591, 2003.
- RODRIGUES, A. P. D. C.; KOHL, M. C.; PEDRINHO, D. R.; ARIAS, E. R. A.; FAVERO, S. Tratamentos para superar a dormência de sementes de *Acacia mangium* Willd. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 279-283, 2008.
- SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em

diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 173-178, 2003.

SMITH, S. E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbiots in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review of Plant Physiology, Plant Molecular Biology**, v. 99, n. 3, p. 221-224, 1988.

TRAJANO, M. A. B.; KASUYA, M. C. M.; TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C.; NOVAES, R. F. Suprimento de fósforo e formação de micorrizas em mudas de eucalipto em sistemas de raízes divididas. **Revista Árvore**, v. 25, n. 2, p. 193-201, 2001.

TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não-fumigado para mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 505-513, 2000.

*Received on July 5, 2007.*

*Accepted on March 24, 2008.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.