

## FÓSFORO E INOCULAÇÃO COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE EMBAÚBA (*Cecropia pachystachya* Trec)<sup>1</sup>

Marco Aurélio Carbone Carneiro<sup>2</sup>, José Oswaldo Siqueira<sup>3</sup> e Antônio Cláudio Davide<sup>4</sup>

### ABSTRACT

PHOSPHATE AND INOCULATION WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON THE GROWTH OF *Cecropia pachystachya* (Trec) SEEDLINGS

The objective of this study was to evaluate the effect of the inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (FMA) in different levels of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> on the growth of *Cecropia pachystachya* seedlings in the field. The study consisted of a 5x2 factorial with five levels of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (zero, 85, 170, 255 and 340 mg.kg<sup>-1</sup>), with and without inoculation with a mixture of FMA. It was used four replications, each one with twelve seedlings. The seeds were sowed in plastic tubes with capacity of 50 cm<sup>3</sup> of substratum and stored for 120 days. After this period the seedlings were transplanted to the field, where they remained for another 150 days. Seedling diameter and height were measured at 60 and 120 days, aerial part and root dry matter, and arbuscular mycorrhizal colonization. Diameter, height, leaf area, aerial part dry matter and the number of surviving seedlings were determined after 150 days. None of the factors tested had any effect on seedling growth with one exception; inoculated plants with FMA had more root dry matter. Plants inoculated with smaller doses of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> showed a larger percentage of surviving individuals and more vigorous seedlings. Results suggest that in low fertility soils of and subject to the hydric stress the *C. pachystachya* seedlings should be inoculated with FMA.

KEY WORDS: Native vegetation, mycorrhiza fungi, native species, seedling production, inoculation.

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na formação de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya*) e no seu estabelecimento em campo. O estudo constou de um experimento fatorial 5x2, sendo cinco doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (zero, 85, 170, 255 e 340 mg.kg<sup>-1</sup>), aplicadas na ausência e na presença de inoculação com uma mistura de FMA. Foram usados quatro repetições, cada uma composta de doze mudas. As sementes foram semeadas em tubetes com capacidade para 50 cm<sup>3</sup> de substrato e mantidas por 120 dias. Após este período, as mudas foram transplantadas para o campo, onde permaneceram por mais 150 dias. Foram determinados durante o período de muda, o diâmetro e a altura aos 60 e 120 dias, a matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) e a colonização micorrízica. Aos 150 dias, foram determinados o diâmetro, a altura, a área foliar, MSPA e o número de mudas sobreviventes. Na formação das mudas, praticamente não houve efeito algum dos fatores estudados, com exceção de um aumento em MSR, nas plantas inoculadas com FMA. No estabelecimento em campo, plantas inoculadas com FMA e com baixas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresentaram maior porcentagem de sobrevivência e mudas mais vigorosas. Os resultados sugerem que, em solos de baixa fertilidade e sujeitos a estresse hídrico, as mudas de embaúba devem ser pré-inoculadas com FMA.

PALAVRAS-CHAVE: Vegetação nativa, micorriza arbuscular, espécie nativa, mudas, inoculação.

### INTRODUÇÃO

A produção de mudas de espécies arbóreas nativas, para reflorestamento ou recomposição de áreas degradadas, é de grande importância para o uso nos programas de recuperação de áreas devastadas, tendo como finalidade a diminuição do

impacto ambiental, a melhoria das condições edafoclimáticas e a conservação da biodiversidade. O conhecimento das relações ecológicas e das exigências nutricionais das espécies pode facilitar o desenvolvimento de tecnologias para a obtenção de mudas sadias destinadas aos programas de revegetação do ambiente, bem como a utilização

1. Trabalho recebido em fev./2003 e aceito para publicação em nov./2004 (registro nº 538).

2. Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal Goiás, Campus Avançado de Jataí.

Laboratório de Solos, Rodovia BR 364, km 192, CEP 75800-000, Jataí, GO. E-mail: mcarbone@jatai.ufg.br

3. Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras. C.P. 37, CEP 37200-000, Lavras, MG. E-mail: siqueira@ufla.br.

4. Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, C.P. 37, Lavras, MG. E-mail: acdavide@ufla.br

econômica das espécies nativas para os diversos fins (Gonçalves *et al.* 1992). A recuperação natural de áreas devastadas é demorada e, muitas vezes, requer intervenção antrópica, além de ser extremamente limitada e altamente imprevisível, devido, principalmente, à ausência de banco de sementes e à baixa fertilidade do solo (Jordan 1991).

Pouco ainda se conhece sobre as necessidades nutricionais das plantas nativas de diferentes espécies. Renó (1994) observou que a adição de fósforo em doses crescente resultou em resposta positiva no crescimento inicial de *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpinia ferrea* e *Platycium regnelli*. Alguns estudos relatam aumentos significativos no crescimento, devido à aplicação de pequenas doses de P e de N, e a presença de simbioses mutualistas radiculares que auxiliam no crescimento das plantas (Franco 1994).

Dentre as diversas relações biológicas existentes, destaca-se a simbiose micorrízica, que constitui vários tipos de micorrizas (Harley & Smith 1983). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são do tipo predominante nas espécies vegetais e de maior importância nos ecossistemas tropicais (Janos 1983, Alexander *et al.* 1992, Hogberg & Kvarnstrom 1982). Formadas por fungos da ordem Glomales (Zigomicotina), seus benefícios à planta hospedeira são a melhoria das condições nutricionais, em especial de P, e a tolerância a estresses diversos, principalmente estresse hídrico; enquanto a planta fornece fotossintatos essenciais para o desenvolvimento do fungo (Brundrett 1991, Siqueira 1994).

Quando o ambiente é estressante para a planta, com baixo suprimento de água e de nutrientes, particularmente de P, geralmente tais simbioses garantem benefícios para a planta (Barea 1991, Siqueira & Saggin Junior 1992); porém, em altos níveis de P, ocorre diminuição da colonização radicular, causando diminuição no crescimento (Siqueira & Saggin Junior 1992). Portanto, a efetividade simbiótica, definida como capacidade do fungo em promover o crescimento da planta hospedeira, é controlada pela eficiência do fungo, pela dependência da planta e modulada pelo ambiente (Siqueira 1991, Brundrett 1991, Koide 1991). Considerando-se a baixa fertilidade natural e o baixo potencial de inóculo de áreas a serem reflorestadas, a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, na fase de formação de mudas de espécies florestais, é fundamental para o sucesso de programas de reflorestamento (Jasper *et al.* 1991).

A embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec) é uma importante espécie florestal para a indústria, pois sua madeira pode ser empregada na confecção de brinquedos, caixas leves, lápis e outros produtos, além da árvore apresentar qualidade ornamental, podendo ser empregada com sucesso no paisagismo e em reflorestamento. Nas relações ecológicas, suas folhas são muito apreciadas por animais como o bicho-preguiça e seus frutos são procurados e consumidos por muitas espécies de pássaros (Carneiro 1995).

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, em diferentes doses de fósforo, na formação de mudas de embaúba e no seu estabelecimento no campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A primeira fase do estudo foi desenvolvida em casa de vegetação do Departamento de Ciência Florestais da Universidade Federal de Lavras (DFC-UFLA), no município de Lavras - MG, onde foram utilizados tubetes com capacidade para 50 cm<sup>3</sup>. O substrato utilizado foi composto por uma mistura de terra de barranco, vermiculita, casca de arroz carbonizada e esterco de curral, bem curtido, na proporção de 1:2:3:4 (v/v), suplementado com 300 g de KCl e 500 g de sulfato de amônio por metro cúbico de substrato. Após a mistura do substrato, este foi fumigado com brometo de metila 98% + cloropicrina 2%, aplicando-se 393 cm<sup>3</sup> por metro cúbico de substrato. O substrato ficou incubado por cinco dias e logo após este período, foi adubado com as diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (zero, 85 g, 170 g, 255 g e 340 g por quilograma de substrato), aplicadas na forma de termofosfato magnésiano (Yoorin). Após a adubação, o substrato apresentou as seguintes características químicas: pH em água = 7,3; K = 443 mg.dm<sup>-3</sup>; Ca = 3,3 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Mg = 4,1 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Al = 0; H = 12 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; soma de base = 7,8 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; t = 7,9 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e T = 9,2 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>. Os teores de P (Mehlich-I) após a aplicação das doses foram: 84; 96; 112; 128 e 144 mg.dm<sup>-3</sup> de P. Esses valores correlacionaram-se positivamente com a quantidade de P aplicado ( $y = 82,4 + 0,402x$ , com  $r^2 = 0,99^{**}$ ; em que y é quantidade de P recuperado e x, a de P aplicado).

O experimento constou de um esquema fatorial 5x2 (cinco doses de P, na ausência e na presença de inoculação com fungos micorrízicos), com quatro repetições. Cada repetição era composta por doze plantas, e o delineamento foi inteiramente casualizado.

A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) foi realizada durante a operação de enchimento dos tubetes, fornecendo-se, aproximadamente, dez esporos por tubete. O inóculo constou de uma mistura de esporos de fungos micorrízicos, composta de *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), *Glomus etunicatum* (Becker & Gerdemann), *Glomus occultum* (Walker), *Acaulospora appendicula* (Spain, Sieverding & Schenck) e *Entrophospora columbiana* (Spain & Schenck), mais raízes picadas e hifas, que também atuam como propágulos, obtidos de vasos de cultivo com braquiária (*Brachiaria decumbens*).

As sementes de embaúba (*C. pachystachya*) foram coletadas na região de Lavras-MG. Precedendo a sementeira, as sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio diluído a 2%, por cinco minutos. Foram colocadas três sementes por tubete, sendo realizado o desbaste quando as plântulas atingiram 3,0 cm de altura, mantendo-se apenas uma planta por tubete.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação por 120 dias, no período de janeiro até maio de 1999, quando as plantas atingiram cerca de 25 cm de altura. A irrigação foi aplicada na forma de nebulização, não permitindo que as plantas atingissem o ponto de murcha. Durante o período de crescimento das mudas foram realizadas adubações quinzenais, sendo aplicado 0,16 g de KCl por tubete. Foram avaliados o diâmetro do colo e a altura da planta aos 60 dias após o plantio, no campo, e no término do experimento, aos 120 dias. Nesta ocasião determinou-se a matéria seca da parte aérea (MSPA), a matéria seca das raízes (MSR), a colonização micorrízica e os teores de nutrientes na MSPA. A colonização micorrízica foi avaliada pelo método da placa quadriculada (Giovannetti & Mosse 1980), em amostra de um grama de raízes finas, clarificadas com KOH 10% e coloridas com azul de tripano (Kormanik & MacGraw 1982). A matéria seca da parte aérea das plantas foi triturada em moinho tipo Willye, para viabilizar as análises químicas dos teores de P, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, nos extratos dos tecidos (Hunter 1975). Os teores de P foram determinados por colorimetria (azul de molibdênio); S, por espectrofotometria; e Ca, Mg, Cu, Zn e Fe, por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge & Haag 1974).

Na segunda fase do estudo (maio a agosto de 1999), oito mudas de cada parcela foram transplantadas para o campo, sendo utilizado os espaçamentos de 0,5 m entre plantas nas linhas e de

1,0 m entre linhas, ainda no delineamento inteiramente casualizado. No momento do plantio, as mudas receberam três litros de água, sendo mantidas durante 150 dias sem irrigação. Nesse período não houve precipitação pluviométrica na localidade do experimento, tendo as plantas ficado submetidas a um certo estresse hídrico. Ao final, foram avaliados o número de plantas sobreviventes, o diâmetro do colo e a altura das plantas, a área foliar e a MSPA das plantas sobreviventes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a teste de médias (Tukey a 5% de probabilidade).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de formação das mudas observou-se que as plantas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) apresentaram maior crescimento em altura, já aos 60 dias de idade, e maiores diâmetro e altura aos 120 dias, diferindo significativamente das plantas sem inoculação (Tabela 1). Nessa fase não foram observados efeitos significativos das doses de P aplicado e nem interação entre os fatores (níveis de  $P_2O_5$  x inoculação com FMA).

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) não foi afetada pelos fatores estudados. Sobre a matéria seca de raízes (MSR), houve somente efeito da inoculação, sendo que as plantas inoculadas apresentaram maior produção de raízes diferindo

Tabela 1. Características médias vegetais de mudas de embaúba na presença e na ausência de inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Características <sup>1</sup>	com FMA	sem FMA	CV%
D1 (mm)	1,82 a <sup>2</sup>	1,80 a	19,0
H1 (cm)	6,20 a	4,38 b	27,0
D2 (mm)	3,99 a	3,72 b	14,0
H2 (cm)	28,30 a	26,65 b	17,0
MSPA (g)	1,43 a	1,54 a	36,0
MSR (g)	1,02 a	0,85 b	14,0

<sup>1</sup> D1 e D2: diâmetros do colo das plantas, aos 60 e 120 dias, respectivamente; H1 e H2: altura das plantas, aos 60 e 120 dias, respectivamente; MSPA: matéria seca da parte aérea e MSR: matéria seca de raízes.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

significativamente ( $P < 0,05$ ) das plantas sem inoculação (Tabela 1). A colonização micorrízica foi ausente em plantas não inoculadas e decresceu com o aumento das doses de fósforo em plantas inoculadas com FMA, mostrando somente diferença significativa ( $P < 0,05$ ) no tratamento sem aplicação de P, em que se observou uma colonização média de 26%, considerada alta em se tratando de uma espécie nativa (Figura 1).

Nos teores de nutrientes na MSPA, houve efeito significativo somente nas plantas inoculadas com FMA. Verificou-se que as plantas inoculadas contêm uma maior concentração de micronutrientes, como Fe, Mn e Zn, uma menor concentração de Mg, e não apresentou efeito significativo nos teores de P, Ca, S e Cu (Tabela 2).

O pequeno efeito dos fatores estudados, nas características vegetativas da planta, deve-se ao fato do substrato utilizado ser rico em nutrientes, especialmente em fósforo. Na dose zero, encontraram-se teores de P de  $82,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , concentração esta suficiente para inibir a colonização micorrízica e os benefícios que os fungos micorrízicos poderiam promover no desenvolvimento das plantas. Essa ausência de resposta à inoculação com FMA, sob doses de P mais elevadas, é amplamente documentada em outras espécies como o cafeeiro (Colozzi-Filho & Siqueira 1986) e em algumas plantas arbóreas (Saggin Júnior 1997, Carneiro *et al.* 1996, Paron *et al.* 1996, Pereira *et al.* 1996). Saggin Júnior (1997), trabalhando com 29 espécies florestais, entre

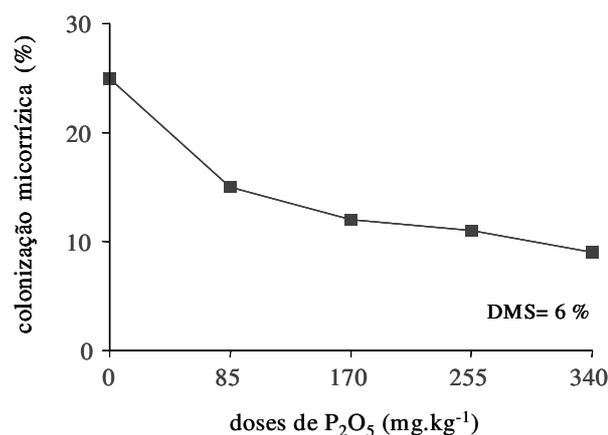


Figura 1. Colonização micorrízica em função das diferentes doses de fósforo ( $P_2O_5$ ), em mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya*)

elas a embaúba, verificou que esta espécie, em condições de alto teores de P disponível, não respondeu à inoculação com FMA apresentando decréscimo em MSPA e na altura das mudas, o que corrobora os resultados aqui obtidos.

No estudo em campo, as plantas inoculadas com FMA diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ) das não inoculadas, apresentando maior diâmetro, área foliar e matéria seca da parte aérea (Figura 2), sendo que não houve efeito das doses de  $P_2O_5$  aplicadas, nem interação entre os fatores. Durante o período em que as plantas permaneceram no campo, não houve precipitação pluviométrica, ocorrendo um considerável déficit hídrico. Mesmo assim, plantas inoculadas com FMA apresentaram aumentos de

Tabela 2. Teores de macronutrientes ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e de micronutrientes ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) na matéria seca da parte aérea de plantas de embaúba (*Cecropia pachystachya*), na presença e na ausência de inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Nutrientes	com FMA	sem FMA
P	0,77 a <sup>1</sup>	0,74 a
S	13,0 a	11,67 a
Ca	3,23 a	3,02 a
Mg	4,47 b	4,78 a
Fe	7,11 a	6,26 b
Mn	6,37 a	5,68 b
Zn	1,69 a	1,42 b
Cu	0,23 a	0,22 a

<sup>1</sup>- Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

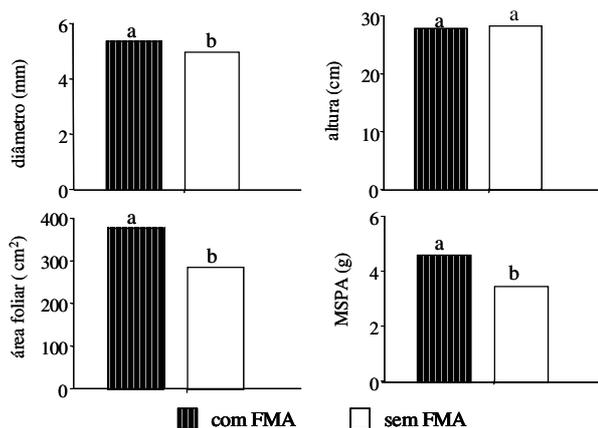


Figura 2. Efeito da pré-inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nas características vegetativas (diâmetro do colo, altura da planta, área foliar e matéria seca da parte aérea - MSPA), em mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya*), após o plantio no campo (Lavras-MG, 1999). Colunas identificadas com a mesma letra indicam médias de tratamentos não diferindo significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

14%, 26% e 34% no diâmetro, na MSPA e na área foliar, respectivamente, em relação às plantas não inoculadas.

A porcentagem de plantas sobreviventes ao referido estresse hídrico foi maior nas plantas inoculadas com FMA, até à dose de 85 mg.kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, diferindo significativamente das plantas não micorrizadas (Figura 3). Observa-se que na dose zero de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, plantas inoculadas com FMA apresentaram 88% de sobrevivência, o dobro da porcentagem média das plantas sem inoculação. Isso pode ser reflexo da maior quantidade de matéria seca de raízes que estas plantas apresentaram, na fase de mudas, o que favoreceu a sua aclimação e sobrevivência em ambiente estressante. Plantas micorrizadas aumentam sua resistência a estresse hídrico, pelo favorecimento da relação água-planta promovido pelo fungo micorrízico, incluindo aumentos na elasticidade das folhas, na taxa de transpiração e na de abertura de estômatos, melhoria do estado nutricional e aumento das raízes, em comprimento e profundidade (Moreira & Siqueira 2002). Outros vegetais como *Pinus*, soja, citros, abacateiro, cebola, milho, trigo e algumas plantas não cultivadas têm a relação água-planta favorecida quando são micorrizadas (Siqueira & Franco 1988). Paula & Siqueira (1987) verificaram, em casa de vegetação, que plantas de soja resistiram mais ao déficit hídrico quando inoculadas com FMA, fato também observado em plantas de milho que, em condições de campo, apresentaram maior tolerância ao estresse hídrico sob inoculação com FMA (Sylvia & Williams 1992). Apesar de não existir trabalhos comparando os efeitos da micorrização em espécies

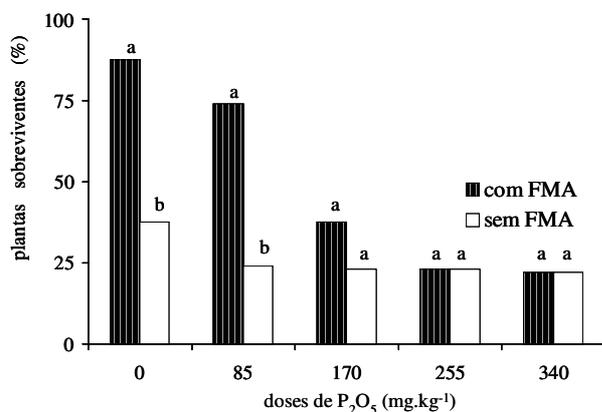


Figura 3. Efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e de doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya*) em campo (Lavras-MG, 1999). Colunas identificadas com a mesma letra indicam médias de tratamentos não diferindo significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

florestais, principalmente em ambientes com déficit hídrico, este estudo mostrou o potencial dos fungos micorrízicos arbusculares em favorecer a sobrevivência dessas plantas e, portanto, o reflorestamento ou revegetação de áreas nessas condições.

Como descrito por Saggin Júnior (1997), a embaúba é considerada micotrófica facultativa, ou seja, é uma planta que depende desta simbiose mutualista em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo. No entanto, quando em condição de elevados níveis de fósforo, não depende necessariamente dessa simbiose. Os resultados aqui obtidos demonstraram isso, pois o substrato utilizado apresentava-se com alta concentração de P, principalmente da dose mais alta aplicada, o que diminuiu a colonização micorrízica e os efeitos benéficos proporcionados pela inoculação com FMA, principalmente quando as plantas foram levadas a campo. Quando a espécie foi submetida a um estresse, o tratamento com maior colonização micorrízica (dose zero de P) apresentou maior porcentagem de sobreviventes, demonstrando o efeito benéfico da micorrização no estabelecimento das plantas.

Considerando o preço médio atual da muda de embaúba, em torno de R\$ 0,50, e utilizando para cálculo a dose zero de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 1.000 mudas a serem plantadas no campo, a ausência de inoculação com FMA exigiria um replantio médio de 625 mudas; enquanto sob inoculação com FMA esse número cairia para 125 mudas. Isso significa uma economia de R\$ 313,00, o que já justifica sua utilização.

Os resultados aqui apresentados demonstraram que a aplicação de fósforo no substrato é dispensável, e que a inoculação com FMA se faz necessária para as plantas de embaúba, não na fase de produção de mudas, mas para elevar o índice de sobrevivência de plantas no campo, mesmo em condições adversas.

## CONCLUSÕES

1. A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, no substrato utilizado, e as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas apresentam pouco efeito no estágio inicial das plantas de embaúba.
2. A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, aliada à ausência de aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, favorece o aumento do diâmetro, da área foliar e da matéria seca da parte aérea das plantas de

embaúba transplantadas para o campo, aumentando o seu vigor e facilitando o seu estabelecimento no ambiente.

3. A aplicação de doses de  $P_2O_5$ , no substrato utilizado, é dispensável para a obtenção de mudas de embaúba.

## REFERÊNCIAS

- Alexander, I., N. Ahmad & L. S. See. 1992. The role of mycorrhizae in the regeneration of some Malaysian forest trees. *Trans. R. Soc. Lond.*, 335 (1275): 379-388.
- Barea, J. M. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Adv. Soil Sci.*, 15 (1): 1-39.
- Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in natural ecosystems. *Advances on Ecological Research*. London, 21 (2): 171-313.
- Carneiro, J. G. A. 1995. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Universidade Federal do Paraná / Fupef-Unef, Curitiba. 451 p.
- Cameiro, M. A. C., J. O. Siqueira, A. C. Davide, L. J. Gomes, N. Curi & F. R. Vale. 1996. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. *Scientia Forestalis*, 50: 21-36.
- Colozzi-Filho & J. O. Siqueira. 1986. Micorrizas vesículo-arbuscular em mudas de café. 1 - Efeitos da *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10 (3): 119-205.
- Franco, A. A. 1994. Regevegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas - PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas, p. 145-154. In *Simpósio Sul-Americano e Simpósio Nacional Recuperação de Áreas Degradadas*, 1. Foz do Iguaçu, PR, 1994. 680 p. Resumos.
- Giovannetti, M. & B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84 (2): 484-500.
- Gonçalves, J. L. M., V. M. Freixêdas, P. Y. Kageyama, J. C. Gonçalves & J. H. Dias. 1992. Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. p 463-469. In *Congresso Nacional sobre Essências Nativas*, 2. São Paulo, Instituto Florestal. 1412 p. Resumos.
- Harley, J. L. & S. E. Smith. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press., London. 483 p.
- Hogberg, P. & M. Kvarnstrom. 1982. Nitrogen fixation by the woody legume *Leucaena leucocephala* in Tanzania. *Plant Soil*, The Hague, 66 (1): 21-28.
- Hunter, A. H. 1975. Laboratory analysis of vegetal tissues samples. Raleigh, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program. N.C.S.U. 5 p.
- Janos, D. P. 1983. Tropical mycorrhizae, nutrients cycles and plant growth, p. 327-345. In S. L. Sutton, T. C. Whitmore & A. C. Chadwick (Ed.). *Tropical Rain Forest*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 540 p.
- Jasper, D. A., L. K. Abbott & A. D. Robson. 1991. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. *New Phytologist*, 118 (2): 471-476.
- Jordan, C. F. 1991. Nutrient cycling processes and tropical forest management, p.159-179. In A. Gomez-Pompa, T. C. Whitmore & M. Hadley (Ed.). *Rain forest regeneration and management*. The Parthenon Publishing Group, Paris. 365 p.
- Koide, R. T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytologist*, 117 (3): 365-86.
- Kormanik, P. P. & A. C. MacGraw. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plant roots, p. 37-46. In N. C. Schenck (Ed.). *Methods and Principles of mycorrhizal research*. American Phytopathological Society, St. Paul. 327 p.
- Moreira, F. M. S. & J. O. Siqueira, 2002. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 625 p.
- Paron, M. E., J. O. Siqueira, N. Curi & F. R. Vale. 1996. Crescimento da copaíba e guatambú em resposta a fungo micorrízico, superfosfato, nitrogênio e fumigação do solo. *Cerne*, Lavras, 2 (2): 15-30.
- Paula, M. A. & J. O. Siqueira. 1987. Efeito da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 11 (3): 289-293.
- Pereira, E. G., J. O. Siqueira, N. Curi, F. M. S. Moreira & A. A. C. Purcino. 1996. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 8 (1): 59-65.
- Renó, N. B. 1994. Requerimentos nutricionais e resposta ao fósforo e fungo micorrízico de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais. 62 p.
- Saggin Junior, O. J. 1997. *Micorrizas arbusculares em mudas de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais. 120 p.
- Sarruge, J. R. & H. P. Haag. 1974. Análises químicas em plantas. Esalq-USP, Piracicaba. 56 p.

- Siqueira, J. O. & O. J. Saggin Junior. 1992. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility. p. 240-280. In A. T. Machado, R. Magnavaca, S. Pandey & A. F. Silva (Ed.). Proc. Int. Symposium on Environmental Stress: maize in perspective, 3. Embrapa - CNPMS, Sete Lagoas, Minas Gerais, 353 p. Resumos.
- Siqueira, J. O. 1991. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo, p.105-131. In Reunião brasileira sobre micorrizas, 4. Embrapa - CNPMS / UFRRJ, Mendes, Rio de Janeiro, 204 p. Resumos.
- Siqueira, J. O. 1994. Micorrizas arbusculares, p. 151-194. In R. S. Araújo & M. Hungria. (Ed.). Microrganismos de importância agrícola. Embrapa, Brasília. 327 p.
- Siqueira, J. O. & A. A. Franco. 1988. Biotecnologia de Solo: Fundamentos e perspectivas. MEC/Abeas, Brasília; Esal/Faepe, Lavras. 235 p.
- Sylvia, D. M. & S. E. Williams. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress, p.101-124. In G. J. Bethlenfalvay & R. G. Linderman (Ed.). Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Soil Science Society of America, Madison. 240 p.