

# **NODULAÇÃO E MICORRIZAÇÃO EM *Anadenanthera peregrina* VAR. *falcata* EM SOLO DE CERRADO AUTOCLAVADO E NÃO AUTOCLAVADO<sup>(1)</sup>**

**E. GROSS<sup>(2)</sup>, L. CORDEIRO<sup>(3)</sup> & F. H. CAETANO<sup>(4)</sup>**

## **RESUMO**

***Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico-do-cerrado), uma leguminosa arbórea, forma associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio (rizóbios) e com fungos micorrízicos arbusculares. Com o objetivo de avaliar a eficiência da inoculação de fungos micorrízicos e rizóbios no crescimento inicial de plantas de angico-do-cerrado, crescidas em solo autoclavado e em solo não autoclavado com e sem inoculação, foi desenvolvido um experimento em casa de vegetação, utilizando raízes micorrizadas de milho e uma mistura de isolados de rizóbios como inoculantes. O crescimento das plantas foi influenciado positivamente pela concomitante inoculação do fungo micorrízico e do rizóbio, tendo as plantas desse tratamento apresentado biomassa cerca de 60 % maior do que o controle no décimo mês. A inoculação de apenas um dos microssimbiontes, entretanto, não provocou diferença na produção de biomassa das plantas. A percentagem de colonização micorrízica foi significativamente mais alta e o número de nódulos maior nas raízes das plantas crescidas no solo não autoclavado, ocasionados pela população de fungos e rizóbios nativos. Nesse tratamento, houve pequeno acúmulo de matéria no xilopódio, provavelmente em virtude do dreno fotossintético por parte dos microssimbiontes, e a concentração de P na parte aérea e xilopódio dessas plantas foi cerca de 1,2 e 8 vezes maior, respectivamente, por causa da colonização micorrízica.**

**Termos de indexação: angico-do-cerrado, rizóbio, fungos micorrízicos arbusculares.**

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Botânica da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Financiada pela FAPESP, processo nº 98/09517-4. Recebido para publicação em agosto de 2002 e aprovado em novembro de 2003.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS. Caixa Postal 252-294, CEP 44031-460 Feira de Santana (BA). E-mail: edugross@rc.unesp.br

<sup>(3)</sup> Professora do Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Campus de Rio Claro. Caixa Postal 199, CEP 13506-900 Rio Claro (SP). E-mail: lazarac@rc.unesp.br

<sup>(4)</sup> Professor do Departamento de Biologia, UNESP. E-mail: fcaetano@rc.unesp.br

**SUMMARY:** *NODULATION AND MYCORRHIZAL INFECTION IN Anadenanthera peregrina VAR. falcata ON AUTOCLAVED AND NON-AUTOCLAVED CERRADO SOIL*

The leguminous tree *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (*angico-do-cerrado*) forms symbiotic associations with nitrogen fixing bacteria (rhizobia) and arbuscular mycorrhizal fungi. The aim of this study was the evaluation of the influence of rhizobial and arbuscular mycorrhizal inoculation on the initial growth of *angico-do-cerrado* plants, in autoclaved and non-autoclaved soil with and without inoculations. The experiment was carried out in a greenhouse using mycorrhized roots of maize and a mixture of rhizobial isolates as inocula. Plant growth was positively affected by dual inoculation of mycorrhizal fungus and rhizobia: plants of this treatment produced 60 % more biomass than in the control in the 10th month. Inoculation of only one microsymbiont, however, did not promote difference in plant growth. Mycorrhizal formation was significantly more extensive and the number of nodules higher in plants of non-autoclaved soil, caused by native soil borne fungi and rhizobia. In this treatment mass accumulation was lowest in the xylopodium, probably because of the photosynthetic drain caused by microsymbionts, and P concentrations in shoot and xylopodium were about 1.2 and 8 times higher in these plants, respectively, due to the mycorrhizal colonization.

*Index terms:* *angico-do-cerrado*, *rhizobia*, *arbuscular mycorrhizal fungi*.

## INTRODUÇÃO

Plantas da família Leguminosae podem formar associações simbióticas tanto com bactérias fixadoras de nitrogênio, chamadas de rizóbio, como com fungos micorrízicos arbusculares. Nessa associação mutualista tripartida, os fungos micorrízicos podem aumentar a solubilização e a absorção de fósforo do solo através do micélio extra-radicular, translocando esse elemento para o vegetal. Por sua vez, o rizóbio, localizado em células especiais do nódulo, fixa o nitrogênio atmosférico disponibilizando-o sob forma de amônia para a planta, a qual, em contrapartida, fornece carboidratos para ambos os microssimbiontes (Alen & Alen, 1981; Harley & Smith, 1983).

O *angico-do-cerrado* (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata*) é uma leguminosa arbórea economicamente importante (Lorenzi, 1992) que apresenta nódulos (Cordeiro & Beltrati, 1989) e micorrizas arbusculares (Thomazini, 1974) nas suas raízes. Para o crescimento e estabelecimento de diversas espécies arbóreas, a dupla inoculação rizóbio/fungos micorrízicos parece ser um procedimento vantajoso, favorecendo, por exemplo, a produção de biomassa (Dela Cruz et al., 1988; Herrera et al., 1993). Entretanto, o benefício desses dois microssimbiontes para a planta pode depender da compatibilidade entre a estirpe do rizóbio e o fungo micorrízico inoculado, como observado em *Anadenanthera peregrina* (Gonçalves et al., 1995) e *Dalbergia nigra* (Scotti, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da nodulação e da micorrização no crescimento inicial das plantas de *A. peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado ou não autoclavado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Rio Claro (SP), no período de abril de 2000 a fevereiro de 2001. O solo utilizado foi amostrado na reserva de Cerrado do município de Corumbataí (22°15'S 47°00'W, altitude de 810 m), caracterizado em sua granulometria e analisado quimicamente, segundo Raij (1981), antes e depois da autoclavagem feita a 157,5 Pa por 2 h (Quadro 1). Nenhuma correção ou adubação do solo foi realizada.

As sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *falcata* (Benth.) Altschul (Leguminosae-Mimosoideae), obtidas junto ao Instituto Florestal (Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo), foram desinfestadas superficialmente com álcool 96 % por 2 min, seguido por um banho em hipoclorito de sódio a 2 % por 5 min, e abundantemente lavadas em água destilada esterilizada (Vincent, 1970). As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri com papel de filtro e água destilada esterilizada, sob luminosidade constante. As plântulas com três dias de idade foram transplantadas para sacos plásticos (de polietileno) de 6 L, que continham amostras do solo de cerrado, os quais foram mantidos em casa de vegetação, sob condições naturais de fotoperíodo, com monitoração diária da umidade relativa e da temperatura.

O método empregado para a inoculação dos rizóbios nas plantas foi descrito por Gross et al. (2002). Para inoculação dos fungos micorrízicos

**Quadro 1. Características químicas e granulométrica de amostra do solo de cerrado não autoclavado (NA) e autoclavado (A)**

| Característica                               | Não autoclavado | Autoclavado |
|--|-----------------|-------------|
| pH CaCl <sub>2</sub>                         | 3,9             | 3,8         |
| M.O. (g dm <sup>-3</sup> )                   | 17              | 14          |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )                     | 2               | 2           |
| K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )      | 0,4             | 0,6         |
| Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )     | 1               | 1           |
| Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )     | 1               | 1           |
| H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 31              | 28          |
| Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )     | 7,3             | 6,9         |
| SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )     | 2,4             | 2,6         |
| CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )    | 33,4            | 30,6        |
| V (%)  | 7               | 8           |
| N (%)  | 0,075           | 0,100       |
| B (mg dm <sup>-3</sup> )                     | 0,58            | 0,73        |
| Cu (mg dm <sup>-3</sup> )                    | 0,6             | 0,5         |
| Fe (mg dm <sup>-3</sup> )                    | 110             | 154         |
| Mn (mg dm <sup>-3</sup> )                    | 1,0             | 1,8         |
| Zn (mg dm <sup>-3</sup> )                    | 0,4             | 0,4         |
| S (mg dm <sup>-3</sup> )                     | 5               | 5           |
| Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )           |                 | 560         |
| Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )             |                 | 370         |
| Silte (g kg <sup>-1</sup> )                  |                 | 10          |
| Argila (g kg <sup>-1</sup> )                 |                 | 60          |

arbusculares (FMAs), foi empregado o método descrito por Strullu & Romand (1986). Segmentos de raízes de milho colonizadas com *Glomus* spp. e *Acaulospora* spp. coletadas no canteiro do Jardim Experimental do Departamento de Botânica da UNESP, Rio Claro, foram desinfestadas na sua superfície em etanol 95 % e banhadas, duas vezes, em água destilada esterilizada. Após isto, foram tratadas com hipoclorito de cálcio a 6 % por 2 min, novamente lavadas com água destilada esterilizada e colocadas em uma solução antibiótica de sulfato de estreptomicina (200 mg L<sup>-1</sup>) durante 15 min. As raízes desinfestadas (0,4 g) foram colocadas junto às plântulas de angico-do-cerrado com oito dias de idade.

O experimento consistiu dos seguintes tratamentos, cada um com cinco repetições e duas coletas (quatro e 10 meses): sem inoculação dos microssimbiontes em solo autoclavado (A); sem inoculação dos microssimbiontes em solo não autoclavado (NA); com inoculação dos FMAs e rizóbios em solo autoclavado (A + F + R); inoculação com fungos em solo autoclavado (A + F); inoculação com rizóbios em solo autoclavado (A + R).

No quarto e décimo mês, as plantas foram coletadas e avaliadas quanto à massa seca das raízes, xilopódio e parte aérea. No décimo mês, foram analisados também os teores de N, P, K, Ca, Mg e S dessas três partes da planta, a percentagem de colonização das raízes e o número de nódulos por

planta. Os teores de nutrientes na planta foram determinados, segundo Malavolta et al. (1989). Para determinar a percentagem de colonização micorrízica, as raízes foram clarificadas com KOH a 10 % em banho-maria a 90 °C e coradas com azul de tripan (Phillips & Hayman, 1970). O tempo de clarificação foi prolongado em virtude da extensiva presença de compostos fenólicos nas raízes. Procedeu-se à avaliação da colonização com auxílio de estereomicroscópio, empregando-se o método de interseção em placa quadriculada (Giovannetti & Mosse, 1980).

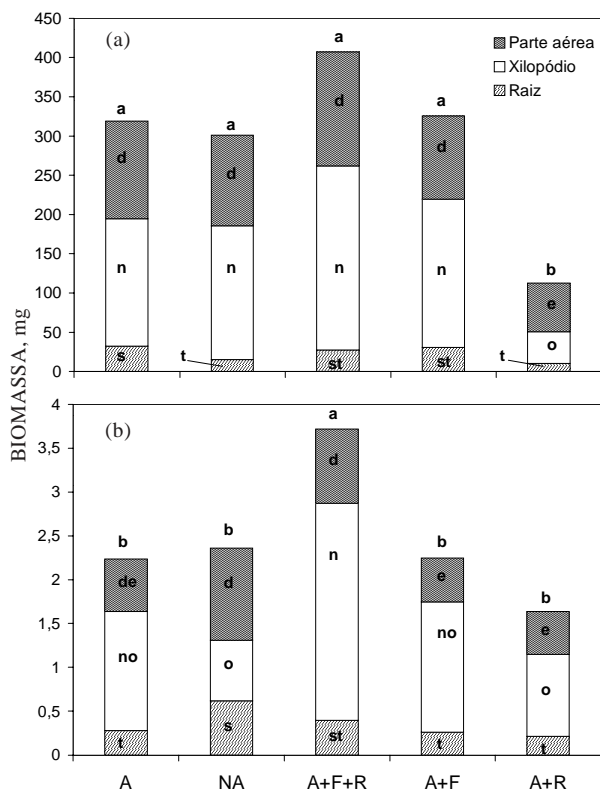
Os resultados foram submetidos a análises de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %, utilizando o programa "SAS System for Windows-release 6.11" (SAS, 1996). Os dados de percentagem de colonização radicular foram previamente submetidos à transformação  $\text{arc sen}(x/100)^{1/2}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que, aos quatro meses, somente as plantas do tratamento solo A + R apresentaram menor acúmulo de biomassa total, graças aos menores valores de massa seca das raízes, xilopódio e parte aérea (Figura 1). Aos 10 meses de idade, as plantas do tratamento A + F + R apresentaram biomassa total significativamente maior do que todos os outros tratamentos, consequência dos efeitos positivos da inoculação concomitante dos fungos micorrízicos e dos rizóbios no desenvolvimento do angico-do-cerrado.

Quando se analisou separadamente a produção de massa seca na raiz e na parte aérea, observou-se que as plantas do solo não autoclavado (tratamento NA) apresentaram os maiores valores aos 10 meses (Figura 1b), porém não diferiram estatisticamente dos valores obtidos para as plantas do tratamento A + F + R. Esses resultados evidenciam que a alta taxa de colonização micorrízica e que o maior número de nódulos (Quadro 2), propiciados pelos fungos e rizóbios nativos do solo de cerrado não autoclavado, influenciaram o acúmulo de matéria seca das plantas do tratamento NA. Esses resultados são, também, indício de um provável efeito sinérgico dos microssimbiontes nas plantas de angico-do-cerrado.

O xilopódio é um órgão presente em muitas espécies de plantas do cerrado e sua função parece estar relacionada com o armazenamento de reservas de carboidratos (Rizzini & Heringer, 1961). As plantas do tratamento NA apresentaram valores menores para massa de matéria seca do xilopódio, graças, provavelmente, ao dreno de carboidratos desse órgão de armazenamento para os FMAs e rizóbios nativos, cujo número foi superior, o que pode ser comprovado pelos valores apresentados para percentagem de micorrização e número de nódulos (Quadro 2).



**Figura 1.** Biomassa total da raiz, xilopódio e parte aérea das plantas de angico-do-cerrado com quatro (a) e 10 meses (b). Letras diferentes (a, b, para biomassa total; d, e, para parte aérea; n, o, para xilopódio; s, t, para raiz) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) dentro de cada idade das plantas. A = plantas em solo autoclavado; NA = não autoclavado; (A + F + R) = autoclavado e inoculadas com fungos micorrízicos e rizóbios; (A + F) = autoclavado e inoculadas com fungo; (A + R) = autoclavado e inoculadas com rizóbio.

Pode-se, ainda, observar (Quadro 2), que a nodulação foi significativamente maior nas plantas do tratamento A + F + R do que nas do tratamento A + R, podendo o fósforo absorvido e translocado pelas micorrizas para a planta ter influenciado positivamente o estabelecimento e a ocorrência de nódulos. De maneira geral, o número de nódulos nas plantas do presente experimento foi maior do que o das plantas de idade similar no seu ambiente natural, nas quais Cordeiro (1986) verificou valores de 13,2 nódulos por planta.

A taxa de colonização micorrízica observada para as plantas do tratamento A + F + R não diferiu estatisticamente daquela encontrada para as plantas do tratamento A + F não atingindo valor muito abaixo de 11 %, relatado para a mesma espécie de planta com quatro meses por Siqueira et al. (1998). No entanto, a baixa taxa de colonização micorrízica encontrada nas plantas inoculadas nos tratamentos

**Quadro 2.** Percentagem de colonização micorrízica e número de nódulos das raízes das plantas em solo autoclavado (A), não autoclavado (NA), autoclavado e inoculadas com fungos micorrízicos e rizóbios (A + F + R), autoclavado e inoculadas com fungo (A + F), autoclavado e inoculadas com rizóbio (A + R)

| Tratamento | % de colonização <sup>(1)</sup> | Nº de nódulo <sup>(1)</sup> |
|------------|---------------------------------|-----------------------------|
| A          | 0                               | 0                           |
| NA         | 78a                             | 57a                         |
| A + F + R  | 9b                              | 48a                         |
| A + F      | 4b                              | 0                           |
| A + R      | 0                               | 19b                         |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

com solo autoclavado pode ter sido devida a pouca eficácia da inoculação aplicada ou mesmo a certa incompatibilidade entre os FMAs provindos da raiz de milho e do angico-do-cerrado. Essa baixa taxa de colonização micorrízica nas plantas inoculadas contrasta com a alta taxa observada nas plantas do tratamento NA.

Como as plantas deste tratamento estavam micorrizadas por FMAs nativos, foi interessante realizar levantamento dessas espécies do solo de cerrado não autoclavado utilizado no presente experimento. Foram identificados esporos das espécies *Glomus microaggregatum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus* sp., *Entrophospora* sp., *Gigaspora* sp. Duas espécies de *Acaulospora* estavam presentes nesse solo. A ocorrência de 24 espécies de FMAs foi relatada por Bononi & Trufem (1983) quando realizaram um extensivo levantamento em solos de cerrado da reserva biológica de Moji-Guaçu. A ausência de colonização fúngica e de nódulos nas plantas não inoculadas e cultivadas em solo autoclavado indica que não houve contaminação e que o processo de autoclavagem foi eficiente na eliminação de propágulos micorrízicos e das populações de rizóbios do solo.

Foram observados efeitos positivos da inoculação dos rizóbios e FMAs nos teores de nutrientes da parte aérea e xilopódio, porém pouco expressivos (Quadro 3). A influência dos rizóbios com relação ao aumento no teor de N foi notada no xilopódio das plantas do tratamento A + R, tendo sido observados maiores valores para esse nutriente na sua parte aérea e nas suas raízes. O pequeno desenvolvimento das plantas desse tratamento (Figura 1b) possivelmente influenciou a concentração de N observada. Entretanto, esses valores foram bastante próximos aos das plantas do tratamento com solo autoclavado, indicativo da baixa eficiência no processo de fixação biológica do N por parte dos isolados de rizóbio.



Analisando a influência da inoculação dos fungos micorrízicos nas plantas, verificou-se que os teores de P não diferiram significativamente tanto para parte aérea quanto para o xilopódio e os valores para raízes não diferiram (Quadro 3) entre os tratamentos, considerando a baixa taxa de colonização das raízes (Quadro 2) e, ou, que as espécies de FMAs que colonizaram as raízes foram pouco eficientes na solubilização e absorção de P.

Observou-se, entretanto, um aumento significativo no teor de P na parte aérea e xilopódio das plantas do tratamento NA não inoculadas. Isso pode ser explicado pela extensiva presença de micorrizas (78 % de colonização das raízes para essas plantas), as quais foram formadas pelos FMAs nativos presentes no solo de cerrado não autoclavado. O maior teor de P para as plantas deste tratamento poderia acarretar um benefício nutricional geral, o que explicaria a maior absorção e as conseqüentes diferenças significativas encontradas para teor K na parte aérea e teores Ca e S no xilopódio dessas plantas.

Recomenda-se certo cuidado ao tentar explicar essas diferenças de teores de nutrientes encontradas, em virtude da variação intra-específica na concentração de alguns elementos que é quase sempre igual ou mesmo superior à variação

interespecífica (Grimshaw & Allen, 1987; Ohlson, 1988; Thompson et al., 1997). Devem-se levar em conta também os sinergismos e antagonismos entre os nutrientes (Marschner, 1986), bem como devem-se considerar as correlações entre diferentes nutrientes que podem ser encontradas em diferentes espécies de plantas. Assim, por exemplo, Alonso & Herrera (2001), estudando populações de *Prunus mahaleb*, encontraram uma consistente correlação positiva entre Ca e Mg, porém não a encontraram entre N e P, elementos que geralmente apresentam correlação positiva (Thompson et al., 1997).

As plantas respondem diferentemente à deficiência ou baixa disponibilidade de nutrientes do ambiente e apresentam diferentes necessidades fisiológicas que causam diversidades no seu metabolismo e constituição (Chapin, 1980). Apesar dessa variação na concentração de nutrientes do solo, as plantas de ambientes adversos apresentam valores mais consistentes na concentração desses elementos nos tecidos, sendo também uma estratégia conservativa no uso desses recursos (Valladares et al., 2000). Este comportamento parece ocorrer com angico-do-cerrado, como pode ser evidenciado pelos resultados obtidos no presente experimento, os quais concordam com os obtidos por Carneiro et al. (1996) e Siqueira et al. (1998) em que os valores

**Quadro 3. Teores de nutriente na parte aérea, xilopódio e raiz das plantas em solo autoclavado (A), não autoclavado (NA), autoclavado e inoculadas com fungos micorrízicos e rizóbios (A + F + R), autoclavado e inoculadas com fungos micorrízicos (A + F), autoclavado e inoculadas com rizóbio (A + R). Médias de cinco repetições para a parte aérea e xilopódio. Para as raízes médias de três repetições para plantas dos tratamentos NA e A + F + R, médias de duas repetições para os tratamentos A e A + F, e valor único obtido para o tratamento A + R**

| Tratamento          |           | N      | P     | K      | Ca     | Mg    | S      |
|---------------------|-----------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
| mg kg <sup>-1</sup> |           |        |       |        |        |       |        |
| Parte aérea         | A         | 20,0a  | 0,70b | 9,94a  | 14,0a  | 1,06a | 1,06a  |
|                     | NA        | 17,7a  | 1,48a | 10,30a | 12,3a  | 1,60a | 1,82a  |
|                     | A + F + R | 16,8a  | 0,74b | 8,68ab | 16,5a  | 1,26a | 1,12a  |
|                     | A + F     | 18,5a  | 0,80b | 8,74ab | 13,8a  | 0,98a | 1,86a  |
|                     | A + R     | 21,1a  | 0,62b | 6,94b  | 13,4a  | 1,08a | 1,30a  |
|                     | C.V. (%)  | 13,08  | 19,19 | 10,66  | 20,73  | 27,65 | 28,63  |
| Xilopódio           | A         | 18,3ab | 0,34b | 7,66a  | 4,60ab | 1,22a | 1,88b  |
|                     | NA        | 9,5c   | 2,70a | 6,20a  | 5,30a  | 1,93a | 2,76a  |
|                     | A + F + R | 15,5b  | 0,34b | 6,64a  | 3,48b  | 0,92a | 1,00c  |
|                     | A + F     | 17,6b  | 0,32b | 6,50a  | 3,94ab | 1,14a | 1,42bc |
|                     | A + R     | 21,7a  | 0,32b | 6,36a  | 4,32ab | 1,14a | 1,60b  |
|                     | C.V. (%)  | 16,43  | 12,21 | 12,98  | 18,15  | 17,20 | 18,16  |
| Raiz <sup>(2)</sup> | A         | 11,5   | 0,65  | 9,15   | 4,40   | 2,85  | 2,60   |
|                     | NA        | 10,5   | 1,00  | 6,80   | 4,80   | 1,90  | 2,53   |
|                     | A + F + R | 10,5   | 0,57  | 7,17   | 5,07   | 3,00  | 2,07   |
|                     | A + F     | 13,0   | 0,55  | 10,00  | 6,60   | 3,15  | 3,45   |
|                     | A + R     | 14,0   | 0,60  | 6,80   | 4,60   | 2,20  | 2,40   |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes na vertical para cada parte da planta (xilopódio e parte aérea) diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. <sup>(2)</sup> Considerando a falta de repetições para os teores de nutrientes das raízes do tratamento A + R, não foram realizadas comparações por meio de testes estatísticos.

apresentados para concentração de P, K, Mg, Ca e S na parte aérea não diferem significativamente entre os tratamentos-controle, inoculação com FMAs, adição de superfosfato simples e aplicação conjunta de FMAs e superfosfato simples.

As plantas de angico-do-cerrado do presente experimento não apresentaram sintoma aparente de deficiência nutricional, apesar da baixa concentração dos nutrientes no solo utilizado, isso por estarem adaptadas às condições edáficas, em geral álicas, do cerrado. Em populações de *Prunus mahaleb*, a variação ambiental na disponibilidade de nutrientes favorece a plasticidade ao invés da especialização genética, e a habilidade das plantas se desenvolverem tanto em locais de alta como de baixa concentração em nutrientes parece ser um aspecto importante na adaptação do indivíduo ao ambiente (Alonso & Herrera, 2001). Em angico-do-cerrado, a plasticidade no crescimento e desenvolvimento dessa espécie, assim como sua boa resposta à adubação mineral, pode ser comprovada, comparando a produção de biomassa das plantas do tratamento NA nesse experimento (2,36 g aos 10 meses) com a das plantas da mesma idade que receberam adubação completa em substrato de areia e vermiculita do experimento realizado por Gross et al. (2002), que tiveram uma produção de biomassa de aproximadamente 15 g.

## CONCLUSÕES

1. A inoculação concomitante de FMAs e rizóbios incrementou a produção de biomassa nas plantas de angico-do-cerrado.

2. Plantas cultivadas em solo de cerrado não autoclavado apresentaram alta taxa de colonização fúngica nas suas raízes, influenciando positivamente os teores de P dessas plantas.

3. As plantas inoculadas apenas com rizóbio, apesar de seu pequeno desenvolvimento, apresentaram maior teor de N no xilopódio.

4. Angico-do-cerrado mostrou grande plasticidade com relação ao crescimento em substratos com diferentes disponibilidades de nutrientes, o que pode ser um aspecto importante na sua adaptação ao ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo, pela concessão de bolsa ao primeiro autor, e à Profa. Dra. Sandra F.B. Trufem, da Seção de Micologia do Instituto de Botânica, pelo auxílio na identificação dos fungos micorrízicos arbusculares.

## LITERATURA CITADA

- ALLEN, O.N. & ALLEN, E.K. The leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. Madison, The University of Wisconsin Press, 1981. 812p.
- ALONSO, C. & HERRERA, C.M. Patterns made of patterns: variation and covariation of leaf nutrient concentrations within and between populations of *Prunus mahaleb*. New Phytol., 150:629-640, 2001.
- BONONI V.L.R. & TRUFEM, S.F.B. Endomicorrizas vesículo-arbusculares do cerrado da reserva biológica de Moji-Guaçu, SP, Brasil. Rickia, 10:55-84, 1983.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N. & VALE, F.R. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. Sci. Fores., 50:21-36, 1996.
- CHAPIN, F.S. The mineral nutrition of wild plants. Ann. Rev. Ecol. Sys., 11:233-260, 1980.
- CORDEIRO, L. Caracterização de nódulos em leguminosas de cerrado. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA SOBRE RHIZOBIUM, 12., Campinas, 1986. Anais. Campinas, Instituto Agrônomo, 1986. p.191-197.
- CORDEIRO, L. & BELTRATI, C.M. Estrutura e desenvolvimento de nódulos radiculares de *Anadenanthera falcata* Speng., R. Bras. Bot., 12:61-70, 1989.
- DELA CRUZ, R.E.; MANALO, M.Q.; AGGANGAN, N.S. & TAMBALO, J.D. Growth of three legume trees inoculated with V.A. mycorrhizal fungi and Rhizobium. Plant Soil, 108:111-115, 1988.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytol., 84:482-500, 1980.
- GONÇALVES, L.M.B.; MARQUES, M.S.; SILVA, P.F.; SCOTTI, M.R.M.M.L.; VALLE, M.T.S. & LEOS-FILHO, J.P. Efeito da dupla inoculação (Rhizobium/fungos micorrízicos) no crescimento de *Anadenanthera peregrina* em diferentes tipos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Anais. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1995. p.534-535.
- GRIMSHAW, H.M. & ALLEN, S.E. Aspects of the mineral nutrition of some native British plants – inter-site variation. Vegetatio, 70:157-169, 1987.
- GROSS, E.; CORDEIRO, L. & CAETANO, F.H. Nodule ultrastructure and initial growth of *Anadenanthera peregrina* (L.) Speng. var. *falcata* (Benth.) Altschul plants infected with rhizobia. Ann. Bot., 90:175-183, 2002.
- HARLEY, J.L. & SMITH, S.E. Mycorrhizal symbiosis. New York, Academic Press, 1983. 483p.
- HERRERA, M.A.; SALAMANCA, C.P. & BAREA, J.M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified mediterranean ecosystems. Appl. Environ. Microbiol., 53:129-133, 1993.

- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Plantarum, 1992. 352p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1986. 889p.
- OHLSON, M. Variation in tissue element concentration in mire plants over a range of sites. *Holoart. Ecol.*, 11:267-279, 1988.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55:158-161, 1970.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1981. 142p.
- RIZZINI, C.T. & HERINGER, E.P. Underground organs of plants from some Brazilian savannas, with special reference to the xylopodium. *Phyton*, 17:105-24, 1961.
- SAS INSTITUTE INCORPORATION. The SAS-System for Windows release 6.11 (software). Cary, 1996.
- SCOTTI, M.R.M.M.L. Fixação biológica do nitrogênio por espécies arbóreas. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1997. p.153-186.
- SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C.; CURI, N.; ROSADO, S.C.S. & DAVIDE, A.C.. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. *For. Ecol. Manag.*, 107:241-252, 1998.
- STRULLU, D.G. & ROMAND, C. Méthode d'obtention d'endomycorhizes à vésicules et arbuscules en conditions axéniques. *C. R. Acad. Sci.*, 3:303:245-250, 1986.
- THOMAZINI, L.I. Mycorrhiza in plants of the "Cerrado". *Plant Soil*, 41:707-711, 1974.
- THOMPSON, K.; PARKINSON, J.A.; BAND, S.R. & SPENCER, R.E. A comparative study of leaf nutrient concentrations in a regional herbaceous flora. *New Phytol.*, 136:679-689, 1997.
- VALLADARES, F.; MARTÍNEZ-FERRI, E.; BALAGUER, L.; PÉREZ-CORONA, E. & MANRIQUE, E. Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy? *New Phytol.*, 148:79-91, 2000.
- VINCENT, J.M. A Manual for the practical study of root nodule bacteria. Oxford, Blackwell Scientific Publication, 1970. 164p.