



Revista Árvore

ISSN: 0100-6762

r.arvore@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa
Brasil

Aguiar Félix de, Regina Lúcia; Maia Costa, Leonor; Salcedo Hernan, Ignacio; Sampaio, Everardo
Valadares de S. B.

Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da algaroba [Prosopis
juliflora (Sw) DC]

Revista Árvore, vol. 28, núm. 4, julho-agosto, 2004, pp. 589-598
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48828413>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO DA ALGAROA [*Prosopis juliflora* (Sw) DC]¹

Regina Lúcia Félix de Aguiar², Leonor Costa Maia⁴; Ignácio Hernan Salcedo³, Everardo Valadares de S. B. Sampaio³

RESUMO – Acompanhou-se, durante 100 dias, o desenvolvimento de mudas de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) em relação à presença ou ausência de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), nativos ou introduzidos, combinada com adição ou não de fósforo ao solo. Foi usado solo Podzólico Vermelho-Amarelo com pH ácido (4,7) e 2 mg.dm⁻³ de solo de P extraível por resina. O experimento teve delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial com duas condições de solo (esterilizado ou não), três níveis de fósforo (acréscimo de 0, 50 e 100 kg de P.ha⁻¹) e duas condições de inoculação (inoculado ou não), com quatro repetições. No solo não esterilizado, apenas o diâmetro do colo respondeu à inoculação com esporos de FMA, quando foi usada a dose P100; o aumento de altura, número de folhas e massa seca foi possivelmente devido à adição de fósforo ao solo. No solo esterilizado, a inoculação resultou no aumento de altura, número de folhas, diâmetro de colo e massa seca das mudas na presença ou na ausência de P (P0 e P50), em relação àquelas no solo não-inoculado. Com o aumento da dose de fósforo (P100), os benefícios da inoculação não foram mais verificados, sendo a colonização e a produção de esporos favorecidas pela adição de P ao solo. *Prosopis juliflora* foi considerada micotrófica facultativa, pois respondeu tanto à inoculação com FMA quanto à adição de fósforo.

Palavras-chave: produção de mudas, FMA, esterilização de solos.

INTERACTION BETWEEN ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND PHOSPHORUS ON GROWTH OF *Prosopis juliflora* (Sw) DC

ABSTRACT – The effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and addition of phosphorus on seedling growth of *Prosopis juliflora* in sterilized and unsterilized soils was followed during 100 days. A red-yellow podzolic soil, pH of 4.7 and 2 mg Pdm⁻³, was used. The experiment was carried in a completely randomized design, with four replicates, and factorial arrangement of 2 soil conditions (sterilized and unsterilized) × 3 P levels (0, 50 and 100 kg P.ha⁻¹) × 2 mycorrhizal treatments (with and without AMF). In unsterilized soil, only the collar diameter increased with inoculation; increases in height, number of leaves, and dry matter (DM) production perhaps were due to soil P fertilization. In sterilized soil, inoculation resulted in increases in height, number of leaves, collar diameter and DM production with or without P additions (P0 and P50), in relation to the non-inoculated treatment. A further increase in P (P100) cancelled the effect of the inoculation. Colonization and spore production was enhanced with P additions. *Prosopis juliflora* could be considered as mycotrophic facultative, since it presents growth response to both AMF inoculation and P supply.

Key words: seedling production, AMF, soil sterilization.

¹ Recebido para publicação em 14.2.2003 e aceito para publicação em 10.8.2004.

² Departamento de Energia Nuclear/ Centro de Tecnologia e Geociências. E.mail: <regina_aguiar@hotmail.com>.

³ Departamento de Energia Nuclear/ Centro de Tecnologia e Geociências.

⁴ Departamento de Micologia/ Centro de Ciências Biológicas/ UFPE.

1. INTRODUÇÃO

A algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw) DC] foi introduzida na caatinga pernambucana na década de 1940 (SILVA, 1989). Devido a sua resistência à seca, rápido desenvolvimento e baixo requerimento nutricional, sua implantação no Nordeste foi efetivada satisfatoriamente e continua sendo incentivada pelo governo. As leguminosas, bem como a maioria das plantas, são potencialmente capazes de se associar a fungos da ordem Glomales (Glomeromycota), estabelecendo uma simbiose mutualista denominada micorriza arbuscular (MA), na qual os fungos colonizam o sistema radicular, melhorando a absorção de nutrientes do solo, principalmente do fósforo, e recebendo, em troca, fotossintatos produzidos pela planta (MALLOCH et al., 1980; ALLEN, 1996). Embora as micorrizas sejam encontradas em todos os ecossistemas terrestres, essa associação é dominante em solos tropicais (READ, 1991). Com o estabelecimento da associação, as plantas podem resistir a condições rizosféricas adversas, como: concentração reduzida de nutrientes, pH baixo, temperatura elevada, estresse hídrico e diminuição da atividade microbiana (OWUSU-BENOAH e WILD, 1979; MARSCHNER, 1994).

Diferentes espécies e isolados da mesma espécie de FMA podem variar bastante em efetividade (BETHLENFALVAY et al., 1989). Fungos micorrízicos arbusculares nativos de determinado ambiente podem estar mais bem adaptados às condições prevalentes, sendo mais efetivos que espécies introduzidas (LAMBERT et al., 1980); no entanto, algumas espécies de FMA introduzidas em condições de campo podem ser mais efetivas em favorecer o desenvolvimento das plantas que espécies nativas de FMA (DODD et al., 1983).

Plantas de algaroba em solos de região árida e associadas a FMA apresentaram maiores teores de P, N, K, Zn e Cu na sua massa (TARAFADAR e RAO, 1997), e também já se verificou tolerância da planta a condições alcalinas com aumento no crescimento e na concentração de P (SIDHU e BEHL, 1997). No semi-árido nordestino, em solo não esterilizado foi verificada a ocorrência de algumas espécies de FMA na rizosfera de algaroba numa região com baixa pluviosidade e em solos levemente ácidos (MELO et al., 1997). Dessa forma, este trabalho teve como objetivo analisar o efeito de FMA nativos ou introduzidos e da fertilização fosfatada do solo, no desenvolvimento de mudas de algaroba, em solos com características do semi-árido do Nordeste brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado solo Podzólico Vermelho-Amarelo, de textura franca, coletado no município de São João (PE), com pH baixo (4,7) e conteúdo de P extraível baixo (2 mg.dm^{-3}), como substrato. O material foi peneirado em malha de 2 mm, sendo parte utilizada sem alterações (não esterilizado) e outra com brometo de metila. Cerca de 3 kg de solo, esterilizado ou não, foram distribuídos em sacos plásticos pretos nos quais se estabeleceram três níveis de P: sem adição (P0) e com adição de 20 e 40 mg P.kg^{-1} de solo, equivalente a 50 (P50) e 100 (P100) kg.ha^{-1} , na forma de superfosfato simples.

Sementes de *Prosopis juliflora*, fornecidas pela Embrapa Semi-Árido (Petrópolis, PE), foram esterilizadas superficialmente com hipoclorito de sódio 0,5% e escarificadas mecanicamente, e 200 sementes foram distribuídas em duas bandejas com areia esterilizada, para o crescimento inicial. Após 10 dias foram selecionadas plântulas com altura e número de folhas iguais, sendo feito o transplante de uma plântula por saco e mantidas sob telado (casa de vegetação com paredes de tela com trama de 2 mm e telhas de plástico transparente), onde eram regadas diariamente com 50 mL de água destilada.

Na ocasião do transplante, metade dos vasos foi inoculada com 70 esporos de isolados de FMA: *Gigaspora albida* Schenck & Smith (UFPE 01), *Gigaspora margarita* Becker & Hall (UFPE 02) e *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann (UFPE 06), totalizando 210 esporos/planta. Todos os vasos receberam 1 mL de filtrado do inóculo isento de esporos de FMA para equilibrar a microbiota.

O delineamento foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial com os seguintes tratamentos: duas condições de solos: não esterilizado (SNE) e esterilizado (SE), três níveis de fósforo (P0, P50 e P100) e duas condições de inoculação: não-inoculado (SNI) e inoculado com esporos de FMA (SI), em quatro repetições.

Aos 30, 60, 90 e 100 dias após o transplante foram registrados: diâmetro do colo, altura das plantas e número de folhas. Aos 100 dias, a parte aérea de cada repetição foi cortada, pesada, colocada em saco de papel e secada em estufa (65°C) até o peso constante. Cerca de 0,5 g de raiz/planta foi preparado segundo a técnica de Phillips e Hayman (1970), modificada pela troca do fenol por glicerol, para observação da colonização por FMA. A colonização radicular foi calculada

pelo método da placa quadriculada (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980). Foram retirados 50 g de solo de cada saco para extração de esporos de FMA, pela técnica do peneiramento úmido (GERDEMANN e NICHOLSON, 1963) e centrifugação em solução de sacarose 40% (JENKINS, 1964). Os esporos foram colocados em placas canaletadas e contados.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados de contagem de esporos e os valores percentuais da colonização radicular foram transformados, respectivamente, em $(x+1)^{1/2}$ e arco-seno $(x)^{1/2}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura e o número de folhas não responderam à inoculação de FMA em solo não-esterilizado em nenhuma das avaliações, independentemente do nível de P (Figuras 1a, 1c 1e, e 2a, 2c e 2e). No entanto, a altura e o número de folhas aumentaram devido à adição de P. Após 100 dias de crescimento, as mudas inoculadas ou não com FMA em P0 apresentaram altura média de 10,5 cm e atingiram 20 cm de altura em média, nos outros dois níveis de P (Figuras 1a, 2c e 2e). A resposta à adição de P confirmou o baixo valor de P extraível desse solo e, principalmente, que a planta respondeu à adubação fosfatada. Mudas de graviola (*Annona muricata* L.) inoculadas com esporos de FMA em solo não-fumigado não diferiram em altura de mudas não-inoculadas (CHU et al., 2001). O valor médio do número de folhas das mudas inoculadas ou não com FMA foi igual a 8 no nível P0 e igual a 27 nos níveis P50 e P100 (Figuras 2a, 2c e 2e). Os resultados no solo não-esterilizado indicaram que o aumento da densidade de inóculo nos tratamentos com adição de esporos não promoveu acréscimos na altura ou no número de folhas das mudas (Figuras 1a, 1c 1e, 2a, 2c e 2e). Por conta da deficiência de P do solo, esperava-se que na testemunha (P0) o aumento da densidade de inóculo resultasse em elevação dos valores dessas variáveis. Tal efeito do inóculo ($P < 0,05$) somente foi observado no solo esterilizado, tanto na testemunha (P0, Figura 1b) quanto na primeira dose de P (P50, Figura 1d).

O aumento na altura das mudas devido à inoculação com FMA no solo esterilizado foi de 50% no nível P0 e de aproximadamente 100% no nível P50, em relação às mudas não-inoculadas, após 100 dias de crescimento (Figuras 1b, 1d e 1f). Isso indica efeito sinérgico entre o inóculo e a adição de P em solo esterilizado em razão, provavelmente, da ausência de

competição com os FMA nativos. Na dose P100, as plantas inoculadas com FMA cresceram tanto quanto as não-inoculadas, nesse caso, a quantidade de fósforo adicionada talvez tenha sido suficiente para suprir as necessidades nutricionais da algaroba e, com isso, os FMA não tenham promovido crescimento adicional nesse nível de P (Figura 1f). Comportamento semelhante nas respostas a essas combinações de tratamentos foi observado também no número de folhas (Figuras 2b, 2d e 2f). Doses elevadas de P (140, 560 e 1.120 kg/ha) também inibiram a resposta da altura e do número de folhas à inoculação em solo esterilizado, com mudas de espécies dos gêneros *Acer* e *Juglans*, mas não com mudas dos gêneros *Fraxinus*, *Liquidambar*, *Platanus* e *Prunus* (SCHULTZ et al., 1981). Assim, a resposta à inoculação com FMA e adição de P depende, entre outros fatores, da espécie de planta considerada.

O diâmetro do colo das mudas inoculadas em solo não-esterilizado só foi significativamente maior ($P < 0,05$) que o das associadas a FMA nativos no nível de fósforo P100 (Figura 3e). O diâmetro do colo de mudas de graviola (*Annona muricata* L.) produzidas em solo não-fumigado e inoculadas com esporos de FMA não diferiu do diâmetro das mudas não-inoculadas (CHU et al., 2001). O acréscimo de fósforo ao solo não-esterilizado elevou a média do diâmetro do colo de 1,55 mm (P0) para 1,85 mm (P50) e 1,9 mm (P100), ao final do experimento (Figura 3a c e).

A inoculação com FMA no solo esterilizado promoveu aumento do diâmetro do colo das mudas em relação àquelas não-inoculadas, sem ou com adição de P (P0 e P50) (Figura 3b d), similarmente ao observado com relação a altura e número de folhas nesses tratamentos. O incremento da dose de P (P100) em solo estéril produziu aumento no diâmetro do colo das plantas não-inoculadas, anulando a vantagem da resposta observada com a dose menor (Figura 3f), reproduzindo o comportamento observado quanto a altura da planta e número de folhas. Plantas dos gêneros *Acer*, *Fraxinus*, *Liquidambar*, *Platanus* e *Prunus* também responderam à fertilização e à inoculação com aumento do diâmetro do colo em relação às mudas não-inoculadas (SCHULTZ et al., 1981). No entanto, as mudas inoculadas, exceto *Acer*, não apresentaram diferenças no diâmetro do colo em resposta ao aumento da dose de fósforo aplicada, e entre as mudas não-inoculadas apenas *Prunus* e *Juglans* não tiveram aumento do diâmetro do colo devido à quantidade de fósforo adicionada.

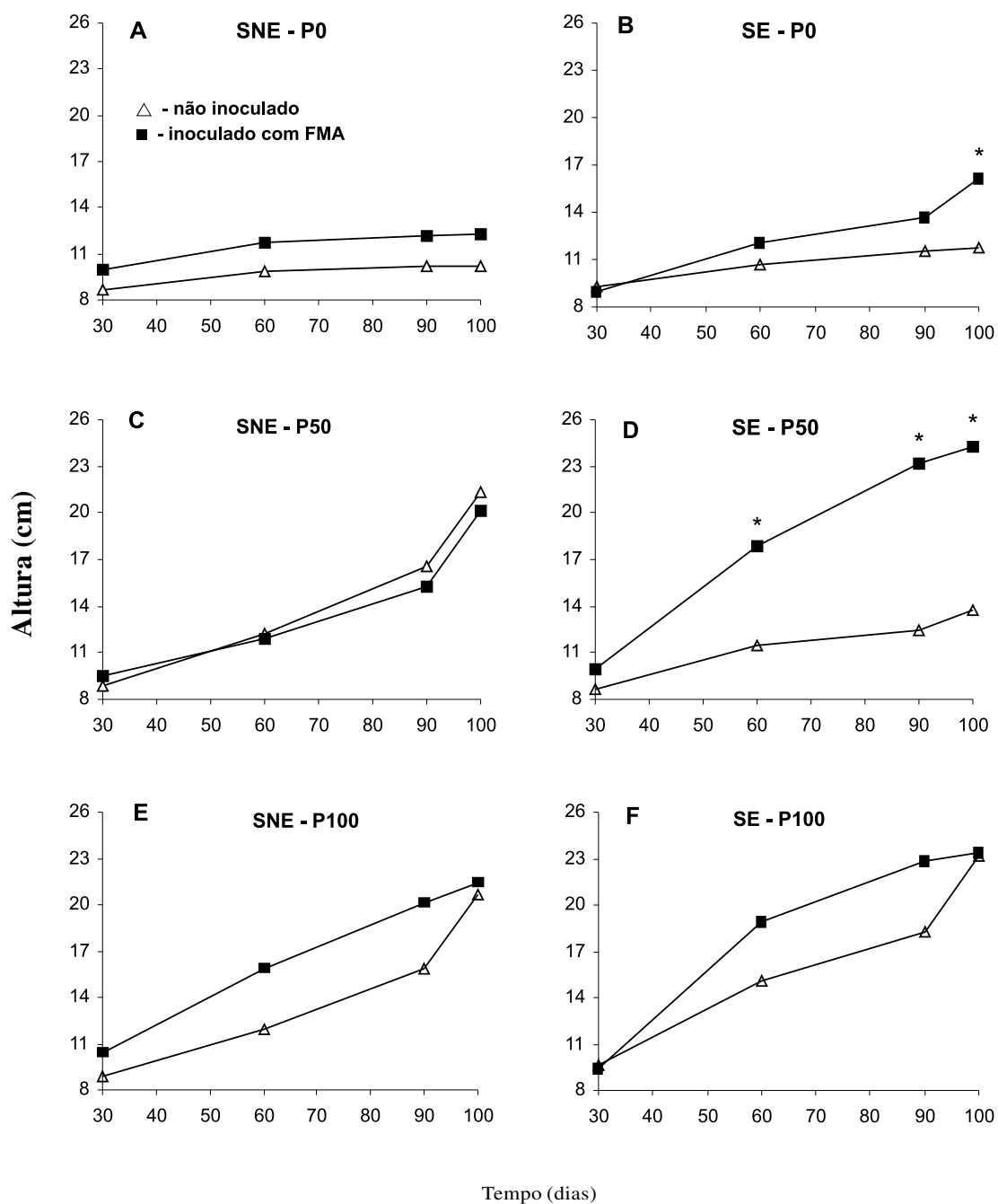


Figura 1 – Altura (cm) das mudas de algaroba no decorrer do experimento. SNE (solo não-esterilizado), SE (solo esterilizado), P0, P50 e P100 (adição de 0, 50 e 100 kg de P/ha de solo, respectivamente). * ($p < 0,05$).

Figure 1 – Height (cm) of *Prosopis* seedlings during experiment. SNE (unsterilized soil), SE (sterilized soil), P0, P50 and P100 (0, 50 and 100 kg of fertilizer P/ha soil, respectively). * ($p < 0,05$).

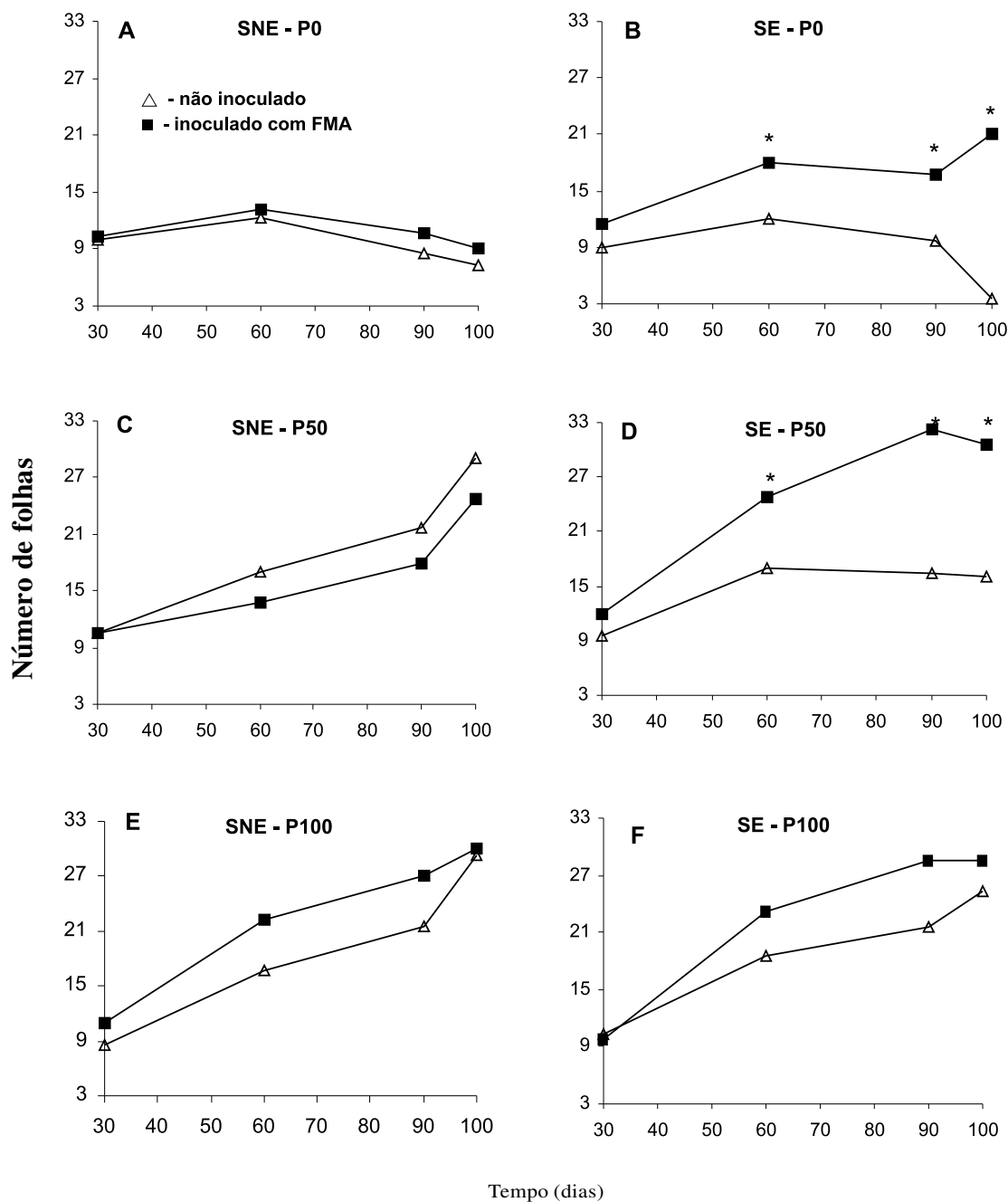


Figura 2 – Número de folhas das mudas de algaroba no decorrer do experimento. SNE (solo não-esterilizado), SE (solo esterilizado), P0, P50 e P100 (adição de 0, 50 e 100 kg de P/ha de solo, respectivamente). * ($p < 0,05$).

Figure 2 – Number of leaves of *Prosopis* seedlings during experiment. SNE (unsterilized soil), SE (sterilized soil), P0, P50 and P100 (0, 50 and 100 kg of fertilizer P/ha soil, respectively). * ($p < 0,05$).

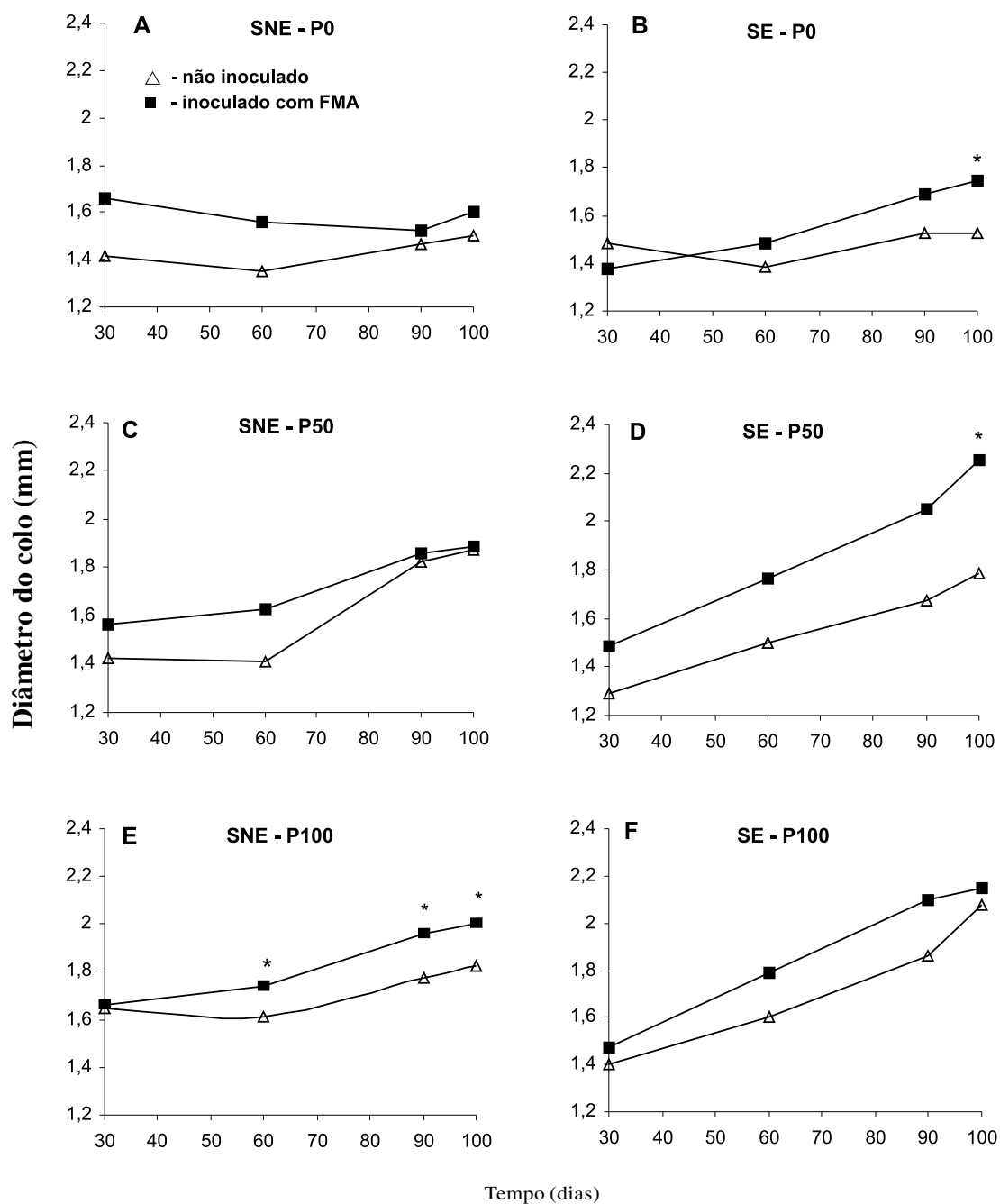


Figura 3 – Diâmetro do colo (mm) das mudas de algaroba no decorrer do experimento. SNE (solo não-esterilizado), SE (solo esterilizado), P0, P50 e P100 (adição de 0, 50 e 100 kg de P/ha de solo, respectivamente). * ($p < 0,05$).

Figure 3 – Collar diameter (mm) of *Prosopis* seedlings during experiment. SNE (unsterilized soil), SE (sterilized soil), P0, P50 and P100 (0, 50 and 100 kg of fertilizer P/ha soil, respectively). * ($p < 0,05$).

Os resultados de produção de massa seca da parte aérea resumidos na Figura 4 reúnem os comportamentos observados separadamente das variáveis altura, número de folhas e diâmetro do colo. No solo não-esterilizado, o efeito da inoculação somente foi observado no solo sem adição de P (P0); nos demais níveis, o aumento de massa seca da parte aérea foi influenciado somente pela adição de fósforo (Figura 4a). A primeira dose de P (P50) foi suficiente para maximizar a produção de massa seca, sem que fossem observados efeitos da inoculação com propágulos do fungo (Figura 4a). No entanto, os efeitos da inoculação no aumento de massa seca foram mais evidentes no solo esterilizado, em que os maiores aumentos foram observados quando P foi adicionado. Com a maior dosagem de P (P100), o incremento de massa seca devido à inoculação foi de somente 75%, enquanto se observou um crescimento de 180% com a dose P50.

Foi verificado um comportamento contrastante do efeito da esterilização (Figura 4ab) em relação à inoculação, no nível P50. Tomando-se por base a média da massa seca (P50) produzida pelas mudas em solo não-esterilizado (0,32 g – Figura 4a), a esterilização diminuiu a massa seca na combinação não-inocula-

do - P50 para 0,15 g, enquanto na combinação inoculado - P50 aumentou para 0,46 g. Admitindo-se que a massa seca de 0,15 g produzida no solo esterilizado e não-inoculado no nível P50 tenha sido produzida pelo efeito do fósforo, o aumento para 0,32 g no mesmo nível P50, mas no solo não-esterilizado, foi promovido pelos FMA, não havendo diferenças entre as espécies nativas e as inoculadas. No solo esterilizado houve interação entre as espécies introduzidas e a adição de fósforo, o que favoreceu a produção de massa seca (Figura 4b).

Mudas de espécies arbóreas dos gêneros *Acer*, *Juglans*, *Liquidambar*, *Platanus* e *Prunus* inoculadas com esporos de FMA também tiveram maior produção de massa seca do que mudas não-inoculadas (SCHULTZ et al., 1981). No caso das mudas de *Acer* e *Platanus*, o aumento na massa seca foi relacionado com as quantidades crescentes de fósforo acrescentadas ao substrato. Com isso, pode-se relatar que as diferentes respostas apresentadas pelas mudas sejam determinadas pela interação entre as espécies de FMA e pela espécie de planta em determinado nível de fertilidade fosfatada.

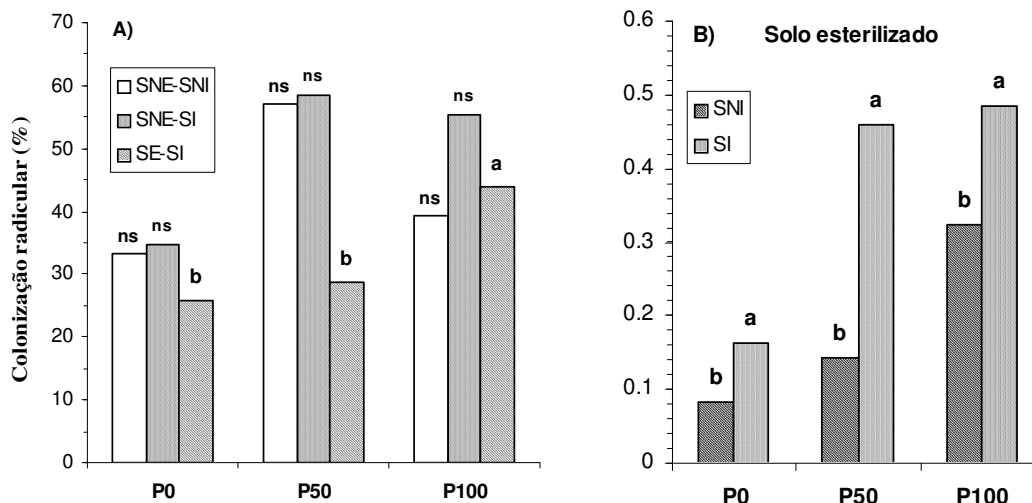


Figura 4 – Massa seca da parte aérea (g) das mudas de algaroba em solo não-esterilizado (A) e esterilizado (B). P0, P50 e P100 (adição de 0, 50 e 100 kg de P/kg de solo, respectivamente); SNI (solo não-inoculado), SI (solo inoculado com esporos de FMA). Médias com letras diferentes em cada nível de fósforo diferem significativamente ao nível de $p < 0,05$ (teste-t).

Figure 4 – Dry matter from aerial part (g) of *Prosopis* growing in unsterilized (A) and sterilized soil (B). P0, P50 and P100 (0, 50 and 100 kg of fertilizer P/kg soil, respectively); SNI (non-inoculated soil), SI (soil inoculated with FMA spores). Means followed by different letters within P levels differ significantly at $p < 0,05$ (t-test).

A colonização micorrízica na combinação de tratamentos SNE-SNI teve aumento no nível P50, com posterior queda; na combinação SNE-SI, aumentou a colonização com a adição de fósforo (P50 e P100), porém essas variações no grau de colonização das raízes no solo não-esterilizado não foram significativas estatisticamente (Figura 5a). No solo esterilizado, as mudas em P100 apresentaram maior taxa de colonização, em comparação com os demais níveis de P (Figura 5a). A leguminosa *Acacia auriculiformis* apresentou comportamento semelhante ao da algaroba, não exibindo aumento no grau de colonização radicular após ter sido inoculada com esporos de FMA em solo não-esterilizado (JASPER e DAVI, 1993). O grau de colonização de mudas de graviola em solo não-fumigado foi equivalente entre plantas que receberam ou não inóculo de FMA (CHU et al., 2001).

De modo geral, a inoculação com esporos de FMA em solo não-esterilizado não aumentou a esporulação; no entanto, em P100 foi verificado aumento (SNE-SNI), evidenciando que a esporulação de algumas espécies nativas de FMA tenha sido favorecida nessa

concentração de fósforo no solo (Figura 5b). A produção de esporos no solo esterilizado foi baixa no nível P0 e aumentou em P50 e P100 (Figura 5b), indicando que a adição de fósforo ao solo favoreceu a esporulação dos FMA. Espécies das leguminosas *Cyamopsis* e *Vigna* tiveram aumento de 283-390 para cerca de 725-936 esporos/100g de solo na rizosfera, num experimento em que houve adição de esporos de FMA ao solo não-esterilizado (TARAFDAR e RAO, 1997).

4. CONCLUSÕES

A utilização conjunta de esterilização e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares foi a combinação mais favorável ao desenvolvimento (altura, número de folhas e diâmetro do colo) das mudas de algaroba, com adição (nível P50) ou não de fósforo. Com o aumento na adição de P (P100), não se verificou o efeito benéfico da inoculação. Em solo não-esterilizado, a micota inoculada teve maior eficiência do que a nativa no crescimento das mudas, somente em P0. A algaroba pode ser considerada micotrófica facultativa, pois responde tanto à inoculação quanto ao acréscimo de fósforo ao solo.

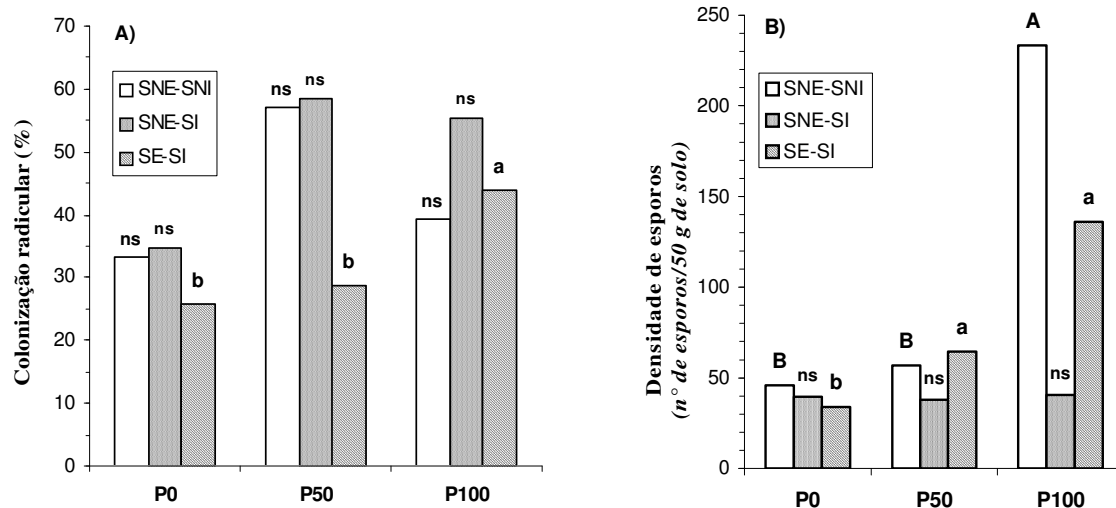


Figura 5 – Colonização radicular das mudas de algaroba (A) e densidade de esporos no solo (B). P0, P50 e P100 (adição de 0, 50 e 100 kg de P/kg de solo, respectivamente). SNE (solo não esterilizado), SE (solo esterilizado), SNI (solo não-inoculado), SI (solo inoculado com esporos de FMA). Médias com letras diferentes em cada combinação de tratamentos de solo e inoculação diferem significativamente ao nível de $p < 0,05$ (teste-t). ns: ausência de diferenças significativas entre médias. Letras maiúsculas para SNE-SNI e minúsculas para SE-SI.

Figure 5 – Root colonization of *Prosopis* seedlings (A) and spore density in soil (B). P0, P50 and P100 (0, 50 and 100 kg of fertilizer P/kg soil, respectively); SNI (non-inoculated soil), SI (soil inoculated with FMA spores). Means followed by different letters within each treatment combination differ significantly at $p < 0,05$ (t-test). ns: means do not differ significantly. Capital letters for SNE-SNI and lower-case letters for SE-SI.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq, pela concessão de bolsas aos autores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21st. **Mycological Research**, v.100, n. 7, p. 769-782, 1996.

BETHLENFALVAY, G.J. et al. The *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis. IX. Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geografic isolates of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Physiologia Plantarum**, v. 76, p. 226-232, 1989.

CHU, E.Y.; MÖLLER, M.R.F.; CARVALHO, J.G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de graviroleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 671-680, 2001.

DODD, J.C.; KRIKUN, J.; MASS, J. Relative effectiveness of indigenous populations of vesicular mycorrhizal fungi from four sites in the Negev. **Israel Journal of Botany**, v. 32, p. 10-16, 1983.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.

JASPER, D.A.; DAVI, J.A. Root characteristics of native plant species in relation to the benefit of mycorrhizal colonization for phosphorus uptake. **Plant and Soil**, v. 155/156, p. 281-284, 1993.

JENKINS, W. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.

LAMBERT, D.H.; COLE, H.; BAKER, D.E. Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. **New Phytologist**, v. 25, p. 513-520, 1980.

MALLOCH, D.; PIROZINSKI, K.A.; RAVEN, P.H. Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants. **Ecology**, v.77, n. 4, p. 2113-2118, 1980.

MANGA, V.K.; SEN, D.N. Influence of seeds traits on germination in *Prosopis cineraria* (L.). **Journal of Arid Environments**, v. 31, p. 371-375, 1995.

MARSCHNER, H. Nutrient dynamics at the soil-root interface (Rhizosphere). In: READ, D.J. et al. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Cambridge: University Press, 1994. p. 3-12.

MELO, A.M. Y.; MAIA, L.C.; SAGGIN-JUNIOR, O.J. **Fungos micorrízicos arbusculares ocorrentes na rizosfera de espécies dos gêneros *Prosopis* e *Acacia* na região semi-árida brasileira**. Pesquisa em andamento, EMBRAPA/PA, v. 82, p. 1-3, 1997.

MOREIRA, F.M.S. Fixação biológica do nitrogênio em espécies arbóreas. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p.151-194.

OWUSU-BENNOAH, E; WILD, A. Auto radiography of the depletion zone of phosphate around onion roots in the presence of vesicular arbuscular mycorrhiza. **New Phytologist**, v. 82, p. 133-140, 1979.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, n. 1, p. 158-161, 1970.

READ, D.J. Mycorrhizas in ecosystems. **Experientia**, v.47, p.376-391, 1991.

ROCHA, R.C. et al. Crescimento inicial em solo degradado de sete espécies florestais nativas em resposta a fósforo e endomicorriza. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 1994, Petrolina-PE. **Anais...** Petrolina - PE, 1994. p. 87-89.

SCHULTZ, R.C.; KORMANIK, P.P.; BRYAN, W.C. Effects of fertilization and vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on growth of hardwood seedlings. **Soil Science Society American Journal**, v. 46, p. 961-965, 1981.

SIDHU, O.P.; BEHL, H.M. Response of three *Glomus* species on growth of *Prosopis juliflora* Swartz at high pH levels. **Symbiosis**, v. 23, n. 1, p. 23-34, 1997.

SILVA, S. **A algarobeira** [*Prosopis juliflora* (Sw) DC] **no nordeste do Brasil**. Brasília: Secretaria de Produção Animal, 1989. p. 74.

TARAFDAR, J.C.; RAO, A.V. Response of arid legumes to VAM fungal inoculation. **Symbiosis**, v. 22, p. 265-274, 1997.