

Desempenho de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo não-esterilizado, com diferentes doses de fósforo

Solange Silva Samarão^{1*}, Luciana Aparecida Rodrigues¹, Marco Antônio Martins², Thiago Nogueira Manhães¹ e Luís Alberto da Mota Alvim¹

¹Laboratório de Fitotecnia e Fitossanidade, Instituto Superior de Tecnologia em Ciências Agrárias. Av. Wilson Batista, s/n., 28060-560, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. ²Laboratório de Solos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: solangesamarao@gmail.com

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) inoculadas com FMAs e cultivadas com diferentes doses de fósforo (P), em solo não-esterilizado. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, com delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (inoculação x doses de P) sendo: plantas não-inoculadas (controle), inoculadas com *Glomus darum*, inoculadas com *Gigaspora margarita* e inoculadas com inóculo nativo (*Glomus macrocarpum*, *G. etunicatum* e *Entrophopora colombiana*) e quatro doses de P (0, 25, 50, 100 mg kg⁻¹) com três repetições. As mudas foram cultivadas em sacos de plástico de 2 dm³ em mistura de solo e areia (2:1 v v⁻¹) não-esterilizada. Aos 90 dias após o plantio, observou-se que a inoculação com os FMAs promoveu maior altura e diâmetro de caule das mudas, maior produção de matéria seca e conteúdo de P nas raízes e parte aérea e maior conteúdo de K nas raízes das mudas, comparativamente ao controle não-inoculado. As plantas não-inoculadas, não responderam à adubação fosfatada, concluindo-se que a inoculação com os FMAs, aliada à adubação fosfatada, incrementam o crescimento e o estado nutricional de mudas de gravioleira mesmo quando cultivadas em substrato não-estéril.

Palavras-chave: adubação fosfatada, frutíferas, produção de mudas.

ABSTRACT. Performance of soursop seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi in non-sterilized soil, with different phosphorus doses. The objective of this work was to evaluate the development of soursop (*Annona muricata* L.) seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) cultivated with different doses of phosphorus (P). The experiment was carried out in a greenhouse with a completely randomized factorial design (4 x 4), with non inoculated plants (controls), three species of arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus darum*, *Gigaspora margarita* and native AMFs (*Glomus macrocarpum*, *G. etunicatum* and *Entrophopora colombiana*) and four doses of P (0, 25, 50, 100 mg kg⁻¹) with three replications. The seedlings were cultivated in plastic bags of 2 dm³ in a mix composed of non-sterilized soil and sand (2:1 v v⁻¹). After 90 days, it was observed that AMFs inoculation promoted an increment in height and stem diameter, increased biomass and P content of shoot and roots, and K content in the roots of the seedlings in comparison with controls. The non inoculated plants did not respond to phosphorus fertilization, concluding that the inoculation with AMFs with phosphate fertilization increased growth and nutritional state of soursop seedlings even when cultivated in non-sterilized soil.

Keywords: phosphorus fertilization, fruit trees, seedling production.

Introdução

O fruto da gravioleira é utilizado para obtenção de polpa, suco, néctar, sendo suas formas de consumo o suco *in natura*, conservas e produtos industrializados. Embora a importância comercial no Brasil seja considerada de baixa expressão em relação a outras frutas, o crescente interesse por parte da indústria de suco faz com que a graviola se torne promissora para exportação.

A tecnologia adotada nas diversas regiões produtoras é muito variável. No Brasil, a graviola é uma fruta mais conhecida nos mercados das regiões Norte e Nordeste, embora ultimamente seu maior pólo de produção seja a região agroeconômica de Brasília e Sul da Bahia (JUNQUEIRA et al., 1999).

A inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no sistema de produção de mudas é uma tecnologia que vem sendo testada em diversas frutíferas e que representa grande potencial na

produção nacional de mudas de boa qualidade (COSTA et al., 2001, 2005; SILVEIRA et al., 2002; BARBOSA et al., 2003; WEBER et al., 2004; DOS ANJOS et al., 2005). As associações micorrízicas são caracterizadas, normalmente, por uma simbiose mutualista entre raiz e fungo endomicorrízico, o qual proporciona à planta hospedeira melhor desenvolvimento em função da maior absorção de nutrientes, principalmente fósforo, maior resistência ao estresse hídrico, melhoria na agregação do solo, produção e acúmulo de substâncias de crescimento e de substâncias bioativas (SIQUEIRA; MOREIRA, 2001). A diminuição dos efeitos deletérios da acidez do solo sobre a absorção de P, K e Cu em plantas de milho foi verificada por Costa et al. (2002). De acordo com Siqueira e Moreira (2001), as micorrizas arbusculares, geralmente, são favorecidas em solos de baixa fertilidade, onde a colonização e a esporulação são máximas. A adubação fosfatada em plantas micorrizadas, necessária para se otimizar o crescimento e a nutrição das plantas, varia com as espécies envolvidas na associação fungo-hospedeiro. Embora as respostas das culturas à adubação fosfatada possam ocorrer até altas doses de P, tem-se observado, principalmente em espécies arbóreas, que as respostas à colonização micorrízica sobre o crescimento e nutrição das plantas têm ocorrido em estreitas doses de P.

Em algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC), as respostas da planta à inoculação com micorrizas, no incremento em altura, diâmetro do colo e no número de folhas, ocorreu somente até a aplicação da dose de 50 mg dm⁻³ de P no solo, sendo considerada uma espécie micotrófica facultativa (AGUIAR et al., 2004). Flores-Aylas et al. (2003) observaram, em diferentes espécies arbóreas com 60 e 120 dias após o semeio, que o crescimento das mudas respondeu à inoculação em nível de P disponível muito baixo (sem a aplicação de P no solo) e com a dose de 52 mg dm⁻³ de P no solo. As mudas apresentaram moderada dependência micorrízica, não respondendo ao *G. etunicatum* em nível alto de P no solo. Chaves e Borges (2005) observaram que independente da dose de P adicionada (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³), as mudas de jacarandá-bahia, inoculadas com os fungos *G. margarita* e *G. fasciculatum*, quando comparadas àquelas não-inoculadas, apresentaram maior peso de matéria seca, maior conteúdo de P e maior eficiência de utilização de P, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, bem como uma maior eficiência radicular, ou seja, uma maior capacidade do sistema radicular para absorver e translocar o P para a parte aérea.

Em frutíferas vários trabalhos evidenciam os efeitos positivos dos fungos micorrízicos sobre as

plantas. Em diferentes variedades de mamoeiro, Trindade et al. (2001) verificaram que a porcentagem de colonização micorrízica aumentou até à dose de 40 mg kg⁻¹ de P aplicado ao solo, enquanto doses maiores proporcionaram decréscimo na porcentagem de micorrização. Minhoni e Auler (2003) avaliaram o efeito do P, da fumigação do solo e da micorrização em mamoeiro e concluíram que o FMA *G. macrocarpum* exerceu efeitos positivos no diâmetro de caule, na altura e no número de folhas que variaram com a dose de fósforo adicionada ao solo, obedecendo uma curva tipo sigmóide assimétrica, com picos nas doses de 69, 66 e 36 mg kg⁻¹ de P no solo. A máxima eficiência micorrízica foi verificada entre 12 e 16 mg kg⁻¹ de P no solo, embora o teor de P na parte aérea da planta não tenha atingido o ponto de máximo. A adubação com até 16 mg dm⁻³ de P em solo desinfetado ou não, beneficiou a altura, o diâmetro do caule e a produção de matéria seca da parte aérea do maracujazeiro-doce inoculado com FMAs, enquanto que a adubação acima desse nível inibiu a micorrização (DOS ANJOS et al., 2005). Em mudas de maracujazeiro amarelo, as respostas à inoculação com fungos micorrízicos só foram observadas até à dose de P de 30 mg dm⁻³ (CAVALCANTE et al., 2002). Nogueira e Cardoso (2006) verificaram em plântulas de limão cravo que a biomassa seca total e a absorção de P em plantas micorrizadas e que receberam doses de P de 25 e de 200 mg kg⁻¹ foi maior que em plantas não micorrizadas. Além disso, a aplicação de 1000 mg kg⁻¹ de P, acarretou depressão no crescimento nas plantas micorrizadas.

São raros os trabalhos realizados com produção de mudas de gravioleira, principalmente utilizando a inoculação com FMAs. Chu et al. (2001), em experimento com mudas de gravioleira, constataram que esta espécie é uma planta responsiva à micorrização. A inoculação com a espécie *G. margarita* beneficiou mais o desenvolvimento das mudas em solos fumigados e não-fumigados, comparada à inoculação com *Scutellospora heterogama* e *Entrophospora colombiana*. Estas respostas indicam que a gravioleira é uma cultura em que os FMAs podem proporcionar melhor qualidade de mudas, fundamental para a obtenção de alta produtividade. Assim, é importante ampliar as pesquisas nesta área para gravioleira, considerando-se os benefícios reconhecidamente obtidos com outras frutíferas pela micorrização e a influência da adubação fosfatada no sistema de produção de mudas.

O trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento e o estado nutricional de mudas de gravioleira, produzidas por sementes, inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares: *Glomus clarum*,

Gigaspora margarita e inóculo nativo (*G. macrocarpum*, *G. etunicatum* e *E. colombiana*), em substrato não-esterilizado e adubado com diferentes doses de fósforo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no viveiro da Prefeitura do Município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, sendo as mudas cultivadas em sacos de plástico. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, sendo plantas não-inoculadas (controle) e inoculações com três fungos micorrízicos arbusculares (*G. clarum*, *G. margarita* e inóculo nativo) e quatro doses de fósforo (0, 25, 50 e 100 mg kg⁻¹), com três repetições por tratamento.

Para a multiplicação do inóculo dos fungos micorrízicos, o substrato utilizado foi uma mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v v⁻¹), que foi esterilizado em autoclave durante 1 h à temperatura de 121°C, por duas vezes em dias alternados. O substrato estéril foi colocado em vasos de cultivo de 6 dm³ e inoculado com 50 g de inóculo (mistura de solo com esporos e raízes colonizadas) de *G. clarum*, *G. margarita* ou do inóculo nativo, conforme os tratamentos, provenientes do banco de inóculos do Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte Fluminense. O inóculo nativo foi proveniente de uma área de extração de argila da Cerâmica Caco-Manga Ltda., do Município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, com as três espécies identificadas: *G. macrocarpum*, *G. etunicatum* e *E. colombiana*.

A espécie utilizada para a multiplicação dos inóculos foi *Brachiaria decumbens*. Antes do plantio das sementes de *B. decumbens* no substrato de cultivo estéril, estas tiveram a superfície desinfetada com solução de 0,5% de hipoclorito de sódio durante 15 min. e lavadas com água destilada esterilizada, por quatro vezes consecutivas. Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação por um período de quatro meses, quando a parte aérea das plantas de *B. decumbens* foi cortada e descartada. As raízes foram picadas e misturadas ao substrato de cultivo. A mistura do substrato de cultivo da *B. decumbens* com as raízes colonizadas, contendo, ainda, esporos e hifas dos fungos, foi utilizada como inóculo no experimento.

Utilizou-se, como substrato para o experimento com mudas de gravioleira, uma mistura de solo (não-esterilizado) peneirado em malha de 2 mm e areia lavada na proporção de 2:1 (v v⁻¹), com a seguinte composição química: pH (água) = 4,9; ¹P = 4 mg dm⁻³; ¹K = 40 mg dm⁻³; ²Ca = 13 mmol_c

dm⁻³; ²Al = 5 mmol_c dm⁻³ (¹Extrator Mehlich e ²Extrator KCl 1M).

Foram misturadas ao substrato quatro doses de P (0, 25, 50 e 100 mg kg⁻¹ de solo), utilizando-se como fonte o superfosfato simples. As doses de P utilizadas foram baseadas nas respostas à adubação para gravioleira (BARBOSA et al., 2003). A adubação de K em todos os tratamentos foi de 120 mg kg⁻¹ de solo, utilizando como fonte o cloreto de potássio.

A cultivar de gravioleira utilizada no experimento foi Morada, e as sementes foram obtidas de pomar da região Norte Fluminense. As sementes foram retiradas de frutos maduros, lavadas e secas ao ar, à sombra, por quatro dias. A seguir foram embebidas em vinagre por 15 min. para quebra de dormência e semeadas em tubetes (34 x 115 mm) com substrato plantmax hortaliças. Trinta dias após a germinação, as plântulas foram transferidas para sacos de plástico de 2 dm³, quando foram inoculadas com as espécies de fungos micorrízicos.

O inóculo utilizado foi composto de uma mistura de solo, raízes colonizadas e esporos do fungo. A inoculação das espécies de FMA foi realizada, adicionando-se 100 cm³ do inóculo por vaso, a 2-3 cm de profundidade. A densidade de esporos utilizada foi de 200 esporos por vaso, para todas as espécies.

Aos 90 dias após a inoculação, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura das plantas, diâmetro do caule, massa da matéria seca da raiz e parte aérea, conteúdo de P e K na parte aérea e raiz e porcentagem de colonização micorrízica. A altura e o diâmetro das mudas foram mensurados por meio de régua milimétrica e paquímetro digital, respectivamente.

Após lavagem das raízes em água destilada, subamostras de cerca de 1 g de raízes finas foram coletadas e conservadas em álcool etílico 50% para posterior determinação da porcentagem de colonização. A outra parte das raízes, juntamente com a parte aérea, foi seca em estufa de ventilação forçada, a uma temperatura de 75°C por 48h. Após secas, as amostras foram pesadas e processadas em moinho tipo Willey, passadas em peneira de 20 Mesh e armazenadas em frascos hermeticamente fechados. Esse material foi submetido à oxidação por digestão sulfúrica, determinando-se o fósforo por colorimetria e o K por fotometria de chama (MALAVOLTA et al., 1997). A massa da matéria seca das raízes não incluiu a quantidade retirada para a colonização.

A porcentagem de colonização micorrízica foi efetuada pelo método da lâmina após a coloração das raízes em azul de metil (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980; GRACE; STRIBLEY, 1991).

Os dados foram submetidos à análise de variância e à análise de regressão linear e múltipla para avaliação do efeito das doses de fósforo no crescimento e desenvolvimento das mudas de gravioleira, pelo programa Sigma Plot. Foram aceitos modelos de regressão com até 10% de probabilidade pelo teste F.

Resultados e discussão

A aplicação de doses crescentes de fósforo proporcionou incremento na altura das plantas e diâmetro do caule para todos os inóculos testados (Figuras 1A e B). Plantas não-inoculadas não apresentaram variações na altura e no diâmetro do caule. A maior altura das plantas foi verificada com a inoculação do inóculo nativo em todas as doses de fósforo testadas.

Na ausência de adubação fosfatada, o inóculo nativo e a espécie *G. margarita* promoveram incrementos de 24 e 13%, respectivamente, para altura das plantas quando comparados ao tratamento sem inoculação, enquanto que a espécie *G. clarum* proporcionou menores valores de altura de plantas. Na maior dose de P (100 mg kg⁻¹ solo), o incremento foi de 23% para o inóculo nativo, 15% para a espécie *G. margarita* e de 7,9% para a espécie *G. clarum*, quando comparados a plantas não-inoculadas (Figura 1A). Estas respostas indicam que, em ausência e em presença de até 100 mg kg⁻¹ de P no solo, a inoculação micorrízica com *G. margarita* e com o inóculo nativo incrementa a qualidade das mudas de gravioleira, respostas também verificadas por Chu et al. (2001) com a inoculação com os fungos *G. margarita*, *E. colombiana* ou *Gigaspora* sp. em solo não-fumigado.

Sem adubação fosfatada, o incremento no diâmetro das plantas, quando inoculadas com a espécie *G. margarita*, foi 21,7% e com o inóculo nativo foi de 10,9% em relação às plantas não-inoculadas, enquanto que, com a aplicação de 100 mg kg⁻¹ de P no solo, o inóculo nativo promoveu aumento de 24%, *G. margarita* de 16% e *G. clarum* de 10% (Figura 1B).

A espécie *G. clarum* foi menos eficiente comparativamente às outras espécies testadas no crescimento das plantas. Em relação às plantas não-inoculadas, a inoculação com *G. clarum* somente proporcionou respostas positivas na altura das plantas de gravioleira a partir da dose de 45 mg kg⁻¹ de P no solo. Para doses abaixo deste valor, a altura das plantas foi menor do que em plantas não-inoculadas. Na dose zero (sem adubação fosfatada), o diâmetro do caule e a altura das plantas, inoculadas com *G. clarum*, apresentaram diminuição,

respectivamente, de 2,2 e 11,1%, quando comparadas às plantas não-inoculadas.

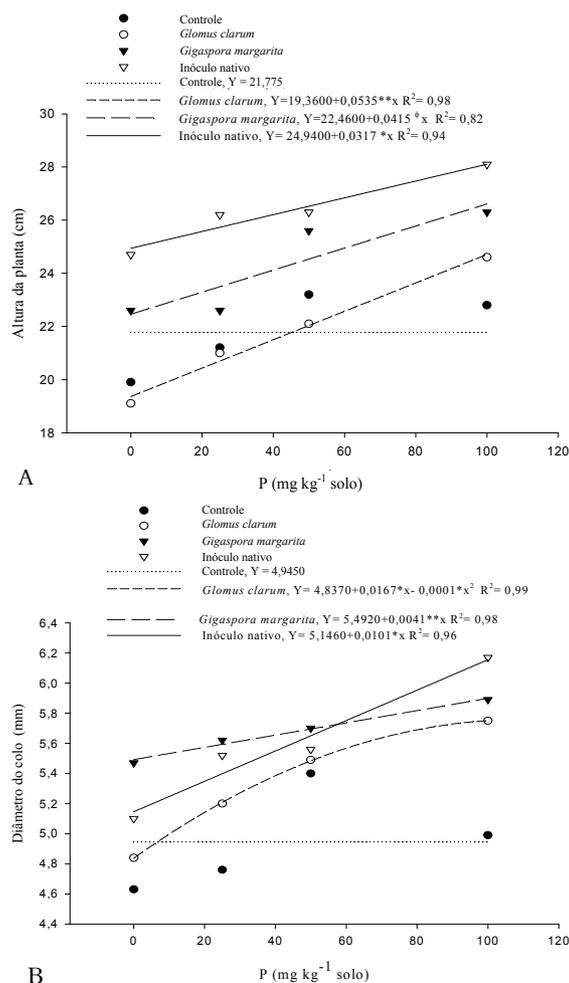


Figura 1. Altura (A) e diâmetro do colo (B) de mudas de gravioleira, 90 dias após a inoculação com os fungos micorrízicos e aplicação de diferentes doses de fósforo, em solo não-esterilizado. **, *e \circ : Coeficientes de regressão não-significativos (ns) e significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste de F.

Os incrementos na altura e no diâmetro do caule, observados somente nas plantas micorrizadas em função do incremento na adubação fosfatada, não atingiram o ponto de máximo crescimento, indicando que doses maiores de P em plantas micorrizadas proporcionariam incrementos ainda maiores, o que deve ser testado em experimentos futuros. Em vários trabalhos, em que foram testadas altas doses de P, as respostas em plantas colonizadas e a sensibilidade das plantas à inoculação ocorreram em doses menores que 100 mg dm⁻³ (TRINDADE et al., 2001; CAVALCANTE et al., 2002; FLORES-AYLAS et al., 2003; AGUIAR et al., 2004; DOS ANJOS et al., 2005). O maior crescimento em altura e diâmetro observado nas plantas de gravioleira inoculadas com os FMAs indica a possibilidade de

diminuição do tempo das mesmas no viveiro. Resposta semelhante foi observada por Altoé et al. (2008) em tangerineira 'Cleópatra', em que a inoculação com *Acaulospora scrobiculata* reduziu o tempo de repicagem das plantas.

A inoculação com as espécies de fungos micorrízicos proporcionou aumentos lineares na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes (Figuras 2A e B) com a aplicação das doses crescentes de fósforo, enquanto que as plantas não-inoculadas não responderam à adubação fosfatada.

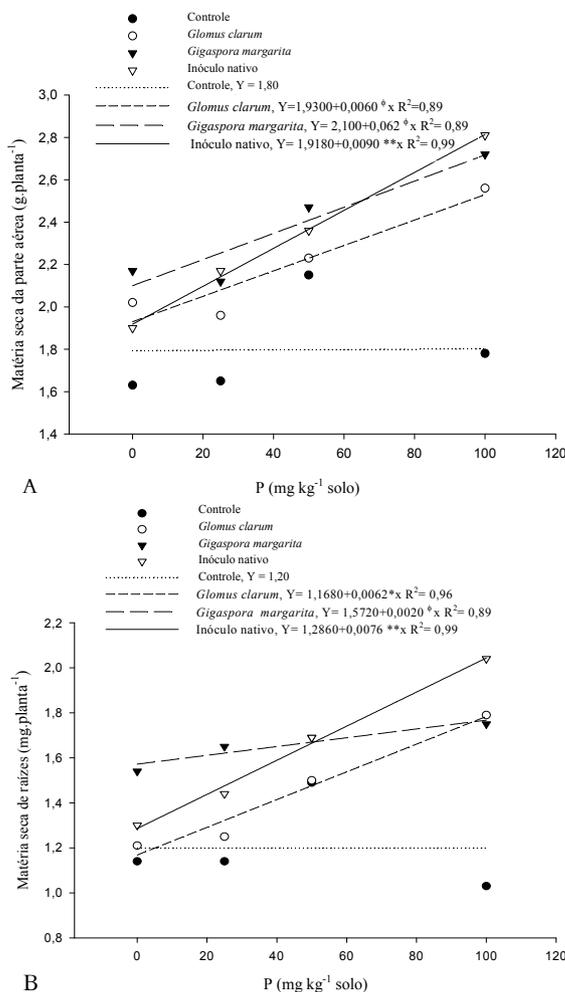


Figura 2. Matéria seca da parte aérea (A) e de raízes (B) de mudas de gravioleira, 90 dias após a inoculação com os fungos micorrízicos e a aplicação de diferentes doses de fósforo, em solo não-esterilizado. **, * e ◊ Coeficientes de regressão não-significativos (ns) e significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste de F.

Na dose zero de fósforo, a inoculação com *G. margarita* proporcionou maior produção de matéria seca da parte aérea e de raízes, com incrementos de 37,5 e 54,5%, respectivamente, em relação a plantas não-inoculadas. Na dose de 100 mg kg⁻¹ de solo, a produção de matéria seca na parte aérea com a inoculação de *G. clarum*, *G. margarita* e inóculo

nativo foi de 38,9; 50,0 e 55,6%, respectivamente, maior que o tratamento sem inoculação, enquanto para a matéria seca de raízes os aumentos foram de 80, 90 e 100% para *G. clarum*, *G. margarita* e inóculo nativo, respectivamente. Semelhante às respostas observadas para altura e diâmetro das plantas, a espécie *G. clarum* foi menos eficiente, em relação às outras espécies fúngicas testadas, em promover incrementos na matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas em todas as doses de P.

A aplicação de doses crescentes de P no solo proporcionou incrementos no conteúdo de P na parte aérea e nas raízes em todos os tratamentos com inoculação de FMAs (Figuras 3A e B); por outro lado, as plantas não-inoculadas apresentaram incrementos no conteúdo de P na parte aérea e nas raízes somente até a dose de 58,4 e 51,9 mg kg⁻¹ de P no solo, respectivamente, com decréscimos em doses superiores a estas.

Assim, as plantas não-inoculadas, além de não responderem à adubação fosfatada em relação à altura, diâmetro e produção de biomassa, também não conseguiram aumentar a aquisição de P, indicando o efeito positivo da colonização micorrízica na produção de mudas de gravioleira.

O inóculo nativo proporcionou maiores valores no conteúdo de P nas raízes da gravioleira em relação aos demais inóculos em todas as doses testadas.

Com a aplicação de 100 mg kg⁻¹ de P no solo, a inoculação com *G. clarum* proporcionou maior conteúdo de P na parte aérea em comparação com as outras espécies testadas. Entretanto, este acúmulo de P na parte aérea não corresponde ao crescimento vegetativo das mudas inoculadas com *G. clarum* nesta mesma dose.

Na parte aérea não foi verificada alteração do conteúdo de K em função das doses crescentes de P aplicadas no solo, independente da inoculação ou não com micorrizas. Foram observados para o tratamento sem inoculação e para os tratamentos com *G. clarum*, *G. margarita* e inóculo nativo os valores médios de 17,25; 22,58; 24,23 e 23,78 mg planta⁻¹ de K, respectivamente, em todas as doses de P testadas. Estes valores correspondem a um incremento percentual no conteúdo de K de 41, 30 e 38% para os inóculos *G. margarita*, *G. clarum* e inóculo nativo, respectivamente, em relação ao tratamento sem inoculação, indicando que, independente do teor de P no solo, a inoculação com os FMAs proporciona maior aquisição de K na parte aérea da gravioleira. Altoé et al. (2008) observaram em tangerineira 'Cleópatra' que a micorrização com *Acaulospora scrobiculata* não alterou o conteúdo de P, Mg e S na parte aérea das plantas,

mas elevou o conteúdo de K. Os autores também observaram maior diâmetro, altura e matéria seca da parte aérea das plantas de tangerineira quando inoculadas com a micorriza.

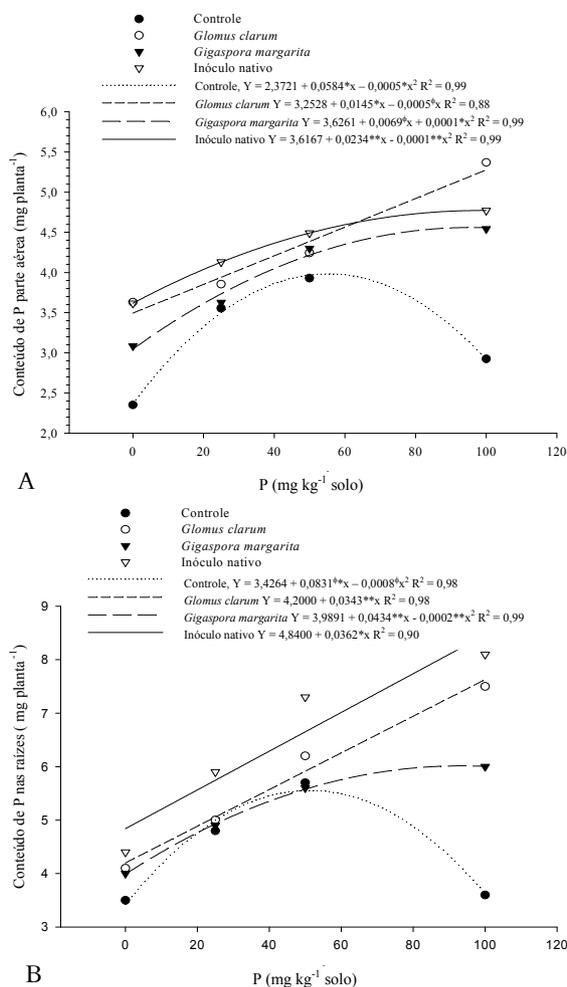


Figura 3. Conteúdo de P na parte aérea (A) e nas raízes (B) de mudas de gravioleira, 90 dias após a inoculação com os fungos micorrízicos e aplicação de diferentes doses de fósforo, em solo não-esterilizado. **, * e ◊ Coeficientes de regressão não-significativos (ns) e significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste de F.

Nas raízes, a aplicação das doses de P no solo proporcionou aumentos lineares no conteúdo de K para plantas inoculadas com *G. clarum* e inóculo nativo (Figura 4). Embora a inoculação com a espécie *G. margarita* não tenha apresentado alterações com as doses de P aplicadas no solo, o conteúdo de K foi 47,8% superior ao tratamento sem inoculação. Na maior dose de P testada, as plantas inoculadas com *G. clarum* e com inóculo nativo apresentaram aumentos de 74,5 e 94% em relação ao tratamento sem inoculação. Segundo Siqueira e Moreira (2001), o maior acúmulo de K pode ser explicado pelo efeito direto do fungo na melhoria da capacidade de

absorção ou pelo efeito indireto, também considerado como secundário, pela melhor nutrição fosfatada das plantas micorrizadas.

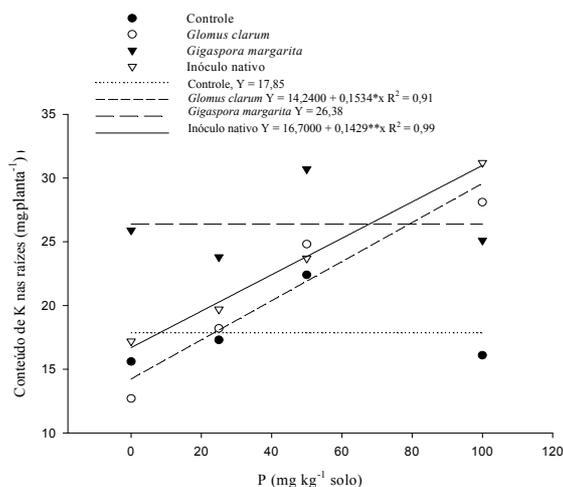


Figura 4. Conteúdo de K nas raízes de mudas de gravioleira, 90 dias após a inoculação com os fungos micorrízicos e aplicação de diferentes doses de fósforo, em solo não-esterilizado. **, * e ◊ Coeficientes de regressão não-significativos (ns) e significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste de F.

Em relação à colonização micorrízica (Figura 5), não foram ajustados modelos de regressão com coeficientes significativos para o percentual de raízes colonizadas com a inoculação com *G. clarum* e *G. margarita* em função das doses de P aplicadas no solo, mantendo-se percentual de colonização de 19 e 30% em todas as doses de P testadas. No entanto, mesmo se mantendo o mesmo percentual de colonização em todas as doses de P, os fungos micorrízicos inoculados proporcionaram respostas positivas no crescimento e na nutrição das plantas.

As plantas não-inoculadas (controle) e as plantas inoculadas com o inóculo nativo apresentaram aumento no percentual de raízes colonizadas até as doses estimadas de P de 65 e 53,5 mg kg⁻¹, respectivamente, indicando que as espécies indígenas são responsivas a pequenas doses de P adicionadas ao substrato. Apesar do pequeno aumento na colonização micorrízica observado no tratamento sem inoculação (controle), as espécies de fungos micorrízicos introduzidas (inóculo nativo, *G. clarum* e *G. margarita*) proporcionaram maior absorção de fósforo, maior altura, diâmetro e produção de matéria seca do que os fungos indígenas presentes naturalmente no solo não-estéril, evidenciando o benefício da inoculação apesar de não ocorrerem incrementos no percentual de raízes colonizadas com o aumento das doses de P.

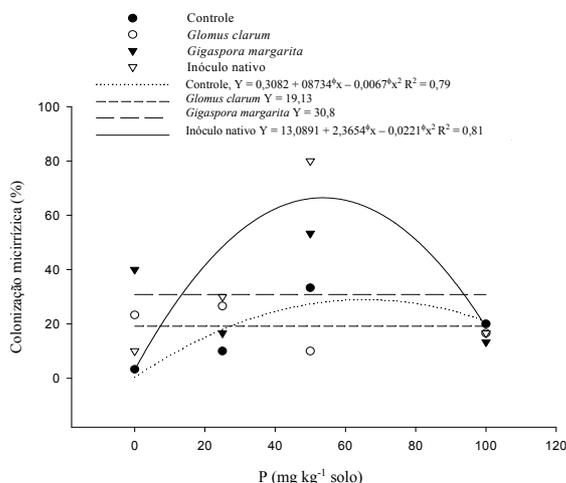


Figura 5. Porcentagem de colonização micorrízica das mudas de gravioleira, 90 dias após a inoculação com os fungos micorrízicos e aplicação de diferentes doses de fósforo, em solo não-esterilizado. **, * e \emptyset , Coeficientes de regressão não-significativos (ns) e significativos a 1, 5 e 10 %, respectivamente, pelo teste de F.

O mesmo resultado foi observado por Chu et al. (2001) em mudas de gravioleira em substrato não-fumigado. A eficiência dos FMAs introduzidos em solo não-esteril depende da sua competitividade com os FMAs já existentes no solo.

No presente trabalho, a presença de fungos micorrízicos indígenas no solo não influenciou a eficiência das espécies introduzidas, *Glomus darum*, *Gigaspora margarita* e do inóculo nativo, uma vez que a inoculação promoveu respostas positivas no crescimento e na nutrição das plantas. De acordo com Siqueira e Moreira (2001), este fato pode estar relacionado à preferência associativa destes fungos com o hospedeiro, promovendo maior expressão dos benefícios nutricionais provenientes da associação com maior exploração do volume de solo pelo micélio externo, acarretando maior absorção de nutrientes, principalmente o fósforo. Além disso, ocorrem modificações fisiológicas na planta micorrizada que podem alterar as características relacionadas com a cinética de absorção, translocação e absorção de P.

Chu et al. (2001) concluíram que a gravioleira é uma planta responsiva à inoculação com fungos micorrízicos tanto em substrato estéril quanto em substrato não-esteril. No presente trabalho se evidenciou que a inoculação com os FMAs também proporciona à gravioleira maior capacidade de responder à adubação fosfatada, incrementando o seu crescimento e a absorção de P, o que não foi observado em plantas não-inoculadas.

Conclusão

Aos 90 dias após o plantio, a inoculação com as espécies de FMAs, *Glomus darum*, *Gigaspora margarita* e inóculo nativo (*Glomus macrocarpum*, *G. etunicatum* e

Entrophopora colombiana) promoveu maior altura e diâmetro de caule das mudas, maior produção de matéria seca e conteúdo de P nas raízes e parte aérea e maior conteúdo de K nas raízes das mudas, comparativamente ao controle não-inoculado.

A inoculação com os FMAs, aliada à adubação fosfatada, incrementam o crescimento e o estado nutricional de mudas de gravioleira quando cultivadas em substrato não-esteril. As plantas não-inoculadas não responderam à adubação fosfatada para altura, diâmetro, biomassa seca e conteúdo de K.

Agradecimentos

À Faperj, pelo apoio financeiro e à UENF, pela utilização das instalações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- AGUIAR, R. L. F.; MAIA, L. C.; SALCEDO, I. H.; SAMPARIO, E. V. S. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC). **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 589-598, 2004.
- ALTOÉ, J. A.; MARINHO, C. S.; MUNIZ, R. A.; RODRIGUES, L. A.; GOMES, M. M. A. Tangerineira 'Cleópatra' submetida a micorrização e a um análogo de brassinosteróide. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 13-17, 2008.
- BARBOSA, Z.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 519-522, 2003.
- CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, A. T.; SANTOS, U. F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1099-1106, 2002.
- CHAVES, L. F. C.; BORGES, R. C. G. Eficiência micorrízica na produção de mudas de jacarandá-da-bahia cultivadas em diferentes doses de fósforo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 587-594, 2005.
- CHU, E. Y.; MÖLLER, M. R. F.; CARVALHO, J. G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 671-680, 2001.
- COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 893-901, 2001.
- COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; DOS SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.

- COSTA, T. A.; PINTRO, J. C.; SILVA, E. S.; DA COSTA, S. M. G. Influência da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, da acidez do solo e de fontes de fósforo no crescimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1583-1590, 2002.
- DOS ANJOS, E. C. T.; CAVALCANTE, U. M. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 345-351, 2005.
- FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 257-266, 2003.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytology**, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.
- GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycology Research**, v. 95, n. 10, p. 1160-1162, 1991.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, M. A. S.; ICUMA, I. M.; RAMOS, V. H. V. Cultura da graviola. In: SILVA, J. M. M. (Coord.). **Incentivo à fruticultura no Distrito Federal**: Manual de Fruticultura. 2. ed. rev. atual. Brasília: OCDF, 1999. p. 104-106.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MINHONI, M. T. A.; AULER, P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 841-847, 2003.
- NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. N. Plant growth and phosphorus uptake in mycorrhizal rangpur lime seedlings under different levels of phosphorus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 93-99, 2006.
- SILVEIRA, S. V.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do abacateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1597-1604, 2002.
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Biologia e bioquímica do solo**. 1. ed. Lavras: UFLA/Faepe, 2001.
- TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1485-1494, 2001.
- WEBER, O. B.; SOUZA, C. C. M.; GONDIN, D. M. F.; OLIVEIRA, F. N. S.; CRISÓSTOMO, L. A.; CAPRONI, A. L.; SAGGIN JÚNIOR, O. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 477-483, 2004.

Received on October 10, 2008.

Accepted on April 10, 2009.

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.