

Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo

Elcio Liborio Balota (1*); Oswaldo Machineski (1); Neusa Maria Colauto Stenzel (1)

(1) Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 481, 86001-970 Londrina (PR). E-mail: balota@iapar.br

(*) Autor correspondente; omachine@iapar.br; nstenzel@iapar.br

Recebido: 8/jun./2009; Aceito: 22/jun./2010

Resumo

A cultura da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) tem despertado grande interesse, devido ao seu alto teor de vitamina C, com grande potencial de expansão. A cultura possui rusticidade e boa capacidade de adaptação às diferentes condições de solo e clima, entretanto, existem poucos trabalhos sobre sua nutrição. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos fungos micorrízicos arbusculares em mudas de acerola em diferentes doses de P no solo. Foi desenvolvido um experimento em casa de vegetação, em Londrina (PR), utilizando solo arenoso (LVd) autoclavado como substrato. Os tratamentos foram instalados em esquema fatorial em vasos com capacidade de 4 kg, com tratamentos de fungos micorrízicos (Controle, *Gigaspora margarita*, *Glomus manihotis* e *Glomus clarum*) e de adição de P ao solo nas concentrações de 0, 30, 90 e 270 mg kg⁻¹, com quatro repetições. Houve efeito positivo significativo da inoculação dos fungos micorrízicos arbusculares tanto no desenvolvimento como nos teores de P nas plantas, principalmente nas menores doses de P aplicadas. A colonização micorrízica e a esporulação de fungos micorrízicos diminuíram com o aumento dos níveis de P no solo. Plantas micorrizadas possuem maior eficiência na utilização de P e maior eficiência radicular em absorver e translocar P para a parte aérea.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, dependência micorrízica, adubação fosfatada.

Response of acerola to arbuscular mycorrhizal fungi under different levels of phosphorus

Abstract

The acerola fruit (*Malpighia emarginata* D.C.) is an interesting alternative crop for producers and consumers due to its high ascorbic acid content. The crop can easily adapt to different soil and climatic conditions, however there are few studies related to acerola nutrition. The aim of this study was to evaluate the development of acerola seedlings, under inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and subjected to levels of phosphorus (P) fertilization. The experiment was carried out in a greenhouse, in a randomized factorial design with four treatments of AMF (control without AMF inoculation, *Gigaspora margarita*, *Glomus manihotis* and *Glomus clarum*); and four treatments of phosphorus addition (0, 30, 90, 270 mg kg⁻¹), with four replicates. After 120 days, evaluations of plant height, shoot and root dry matter, shoot and root P content, mycorrhizal colonization and sporulation were taken. There was significant effect of AMF inoculation on plant development and plant P content, mainly under low P soil levels. The root colonization and sporulation presented low values due to increasing P levels. Inoculated plants presented higher P use efficiency on the shoot and root systems as well as higher root efficiency, which means, higher P uptake and its transfer to the shoot.

Key words: *Malpighia emarginata*, mycorrhizal dependency, phosphate nutrition.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) tem despertado grande interesse devido ao seu alto teor de vitamina C, 80 vezes superior aos encontrados em frutas cítricas como o limão e a laranja, sendo uma cultura com grande potencial de expansão no seu cultivo e na sua exportação para o mercado mundial. Apesar de ser uma cultura com razoável rusticidade, possui boa capacidade de adaptação às diferentes condições de solo e clima; contudo, é necessário bom manejo nutricional, principalmente naqueles pomares que têm como objetivo a exportação do fruto (GONZAGA NETO e SOARES, 1994). Entretanto, existem poucos trabalhos sobre a nutrição e adubação mineral da cultura da acerola.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam uma simbiose com as raízes de mais de 90% das plantas terrestres, sendo de grande importância tanto no aspecto nutricional como ecológico (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), considerando-se que plantas com micorrizas são a regra e não a exceção. Um dos efeitos benéficos mais pronunciados e estudados do FMA é o aumento no desenvolvimento das plantas hospedeiras devido à maior absorção de nutrientes, particularmente os de baixa mobilidade no solo, pelo desenvolvimento de estruturas internas nas raízes e de hifas extrarradiculares. Estas hifas funcionam como extensões do sistema radicular, aumentando a área de exploração do solo em mais de cem vezes. As micorrizas podem ainda aumentar a tolerância das plantas às doenças e ao estresse hídrico (SMITH e READ, 1997).

A utilização do FMA adquire grande importância nas culturas que passam por fase de muda, onde se utilizam substratos, segundo a recomendação, isentos de microorganismos, com o objetivo de eliminar possíveis agentes patogênicos (SILVEIRA e GOMES, 2007). Nestas condições o FMA pode contribuir para a utilização de menor quantidade de fertilizantes, além da possibilidade de proporcionar maior desenvolvimento e nutrição das plantas, abreviar a época de transplante e aumentar a sobrevivência das mudas no campo (SAGGIN JUNIOR e SIQUEIRA, 1996).

Vários estudos têm evidenciado o efeito benéfico proporcionado pelos FMA em culturas como caféiro, mandioca, citros (SAGGIN JUNIOR e SIQUEIRA, 1996; BALOTA et al. 1997; NOGUEIRA e CARDOSO, 2006). De modo geral, as plantas frutíferas têm grande potencial para inoculação de FMA por possuir sistema radicular pouco ramificado e poucos pêlos radiculares. Nestas condições, o aumento na absorção de nutrientes proporcionado pela micorriza é de fundamental importância, podendo ser responsável pela absorção de 80% do P nas plantas (MARSCHNER e DELL, 1994).

Em dois estudos desenvolvidos com a cultura da acerola foi observado efeito significativo da inoculação de FMA. CHU (1993) constatou que mudas de acerola micorrizadas têm seu desenvolvimento aumentado,

possibilitando seu transplante em menor tempo. COSTA et al. (2001), estudando dois genótipos de acerola (Barbados e Miró), também observaram que o FMA aumenta o desenvolvimento das plantas, abreviando em dois meses sua permanência no viveiro.

O FMA possui eficiência diferenciada, e cada espécie de planta hospedeira tem dependência variável à micorrização. Assim, é recomendável que diferentes espécies de FMA sejam comparadas, sob diferentes condições de solo, para selecionar espécies eficientes em promover o desenvolvimento das plantas e beneficiá-las nutricionalmente.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de FMA na cultura de acerola, em solos com adição de diferentes níveis de P.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, em Londrina (PR). O solo utilizado como substrato foi Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com as seguintes características: pH em $\text{CaCl}_2 = 5,2$; P em Mehlich = $5,5 \text{ mg kg}^{-1}$; Ca, Mg e Al em KCl, e K em Mehlich igual a $1,45, 0,94, 0,00, 1,08 \text{ cmol dm}^{-3}$ de solo respectivamente; e $12,93 \text{ g kg}^{-1}$ de C total.

Foi adicionado calcário ao solo para obter $V=70\%$, que ficou reagindo durante 60 dias. Após a correção com calcário, o solo estava com pH 6,4 e $6,8 \text{ mg kg}^{-1}$ de P. O substrato foi autoclavado duas vezes por uma hora a 121°C em dois dias seguidos, ficando em repouso durante 20 dias. Após esse período, foi acondicionado em vasos com capacidade para $4,0 \text{ kg}$, e recebeu aplicação de P, nas concentrações especificadas para cada tratamento, na forma de superfosfato triplo moído para melhor homogeneização no solo, ficando incubado durante 20 dias.

O experimento foi constituído em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial, com inoculação de fungos micorrízicos (Controle, sem inoculação; *Gigaspora margarita*; *Glomus manihotis* e *G. clarum*) e doses de adição de P (0, 30, 90 e 270 mg kg^{-1}), em quatro repetições. A aplicação de 30, 90 e 270 mg kg^{-1} de P ao solo resultou em 15, 39 e 115 mg kg^{-1} de P disponível (Mehlich), respectivamente. Posteriormente os tratamentos foram designados como P0, P30, P90 e P270. A inoculação do FMA foi realizada no momento do transplante, colocando-se uma suspensão com 120 esporos em cada vaso, 5 cm abaixo das plântulas. Os esporos foram obtidos da Coleção de Espécies de FMA mantida no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em vasos com *Brachiaria decumbens*.

Sementes de acerola foram germinadas em vermiculita esterilizada e, posteriormente, transplantadas, e cada vaso recebeu três plântulas. Após vinte dias, foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso. Foi realizada aplicação de solução nutritiva no início contendo potássio $0,13 \text{ g}$ de KCl, $12,5 \text{ mg}$ de H_3BO_3 e $12,5 \text{ mg}$ de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

por vaso. A adubação nitrogenada foi adicionada no início, aos 30 e aos 60 dias após o transplântio, contendo 0,15 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ para cada vaso.

As plantas foram coletadas após 120 dias, e avaliados os seguintes parâmetros: altura, matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), teor de P na parte aérea e nas raízes, colonização micorrízica e números de esporos. A colonização micorrízica foi avaliada baseando-se no método da interseção dos quadrantes (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980), como descrito em COLOZZI FILHO e BALOTA (1994), após clarificação e coloração das raízes (PHILLIPS e HAYMAN, 1970). O número de esporos foi avaliado após extração por peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963), seguido de centrifugação em sacarose 50% (JENKINS, 1964).

A dependência micorrízica relativa (DMR) foi calculada como matéria seca de planta micorrizada menos a matéria seca de planta não micorrizada dividido pela matéria seca da planta micorrizada, multiplicado por 100 (PLENCHETTE et al., 1983). Para o índice de eficiência de utilização do fósforo (IEUP), multiplicou-se a matéria seca ao quadrado dividida pelo acúmulo de P, e para a eficiência radicular utilizou-se o acúmulo de P na parte aérea dividido pela matéria seca das raízes (SIDDIQI e GLASS, 1981).

Os dados foram submetidos a análises de variância e de regressão utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE 1998). Para realização das análises estatísticas, os dados de porcentagem de colonização foram transformados para arco-seno $(x)^{0,5}$ e aqueles referentes à contagem de esporos, para $\log(x + 1)$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas plantas houve interação significativa dos tratamentos com inoculação de FMA x dose de P, com resposta quadrática devido ao aumento de adição de P ao solo na matéria seca e nos teores de P da parte aérea e das raízes e altura das plantas (Figuras 1 e 2).

Plantas micorrizadas têm, de modo geral, maior desenvolvimento que plantas não-micorrizadas. A inoculação dos FMA incrementou, em relação ao controle não inoculado, a MSPA em até 748% no tratamento P0, 88% no P30, 27% no P90 e 32% no P270, enquanto MSR foi aumentada, respectivamente, em até 1088%, 95%, 51% e 79% devido à inoculação dos fungos micorrízicos. Os maiores incrementos na altura, devido à micorrização, foram de até 102% no tratamento P0, até 71% na dose P30, 50% no P90 e até 23% no P270 (Figura 1).

Este comportamento de resposta quadrática devido às crescentes doses de P já havia sido observado anteriormente em plantas micorrizadas (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1996; TRINDADE et al., 2001; ROCHA et al. 2006), evidenciando o grande benefício proporcionado pelos FMA nas

menores doses de P, ocorrendo, porém, diminuição com o aumento da disponibilidade do nutriente no solo. Estudando a resposta da acerola sem micorriza à adição de P, CORREA et al. (2002) observaram resposta linear devido à adição de até 450 mg kg^{-1} de P no solo na altura e na massa da matéria seca da parte aérea e das raízes.

A adição de P proporcionou acréscimo acentuado na MSPA e na MSR nos baixos níveis de P, tanto nas plantas micorrizadas como nas não-micorrizadas. O máximo benefício na parte aérea e nas raízes ocorreu na dose de 170 mg kg^{-1} de P para *G. manihotis* e *G. clarum* e nas plantas sem inoculação de FMA, e a partir desta dose de adição de P ao solo houve diminuição no desenvolvimento das plantas proporcionado pela adição de P. A inoculação de *G. margarita* resultou em menor produção de matéria seca que o controle sem micorrizas, a partir da dose de 140 mg kg^{-1} de P para a parte aérea e 100 mg kg^{-1} de P para as raízes. A eficiência das micorrizas em beneficiar a acerola pode ser evidenciada calculando-se a dose de P necessária para a produção de 80% do máximo desenvolvimento da planta. *G. manihotis* proporcionou 80% da máxima altura com adição de 30 mg kg^{-1} de P, enquanto esta altura seria obtida pelas plantas não micorrizadas apenas na dose acima de 200 mg kg^{-1} de P, dose 6,6 vezes superior.

Em outros estudos (COSTA et al. 2001; CORREA 2002) com a cultura da acerola, foram obtidas plantas de até 30 cm após 100 dias do plantio das mudas nos vasos, enquanto no atual experimento foi obtida altura de até 84 cm aos 120 dias após o plantio. Estas plantas tiveram ótimo desenvolvimento, uma vez que tem sido sugerido que a altura ideal para o transplântio no campo seria de 30 a 40 cm, sendo necessário um período de seis a oito meses para sua obtenção (CHU, 1993). As mudas desenvolvidas neste experimento alcançaram praticamente o dobro do necessário na metade do tempo sugerido por CHU (1993). Entretanto, devem ser levadas em consideração as diferentes condições em que os estudos foram desenvolvidos, bem como os diferentes genótipos utilizados.

Os teores de P na parte aérea nas plantas micorrizadas e nas raízes, tanto nas plantas micorrizadas como nas não-micorrizadas, proporcionaram resposta quadrática. Apenas os teores de P na parte aérea nas plantas não-micorrizadas tiveram resposta linear positiva significativa devido às doses de P (Figuras 4 e 5), como observado anteriormente por CORREA et al (2002) em que se observou na acerola resposta linear com a adição de até 450 mg kg^{-1} de P.

Plantas micorrizadas tiveram maiores teores de P que plantas não-micorrizadas. A inoculação do FMA incrementou os teores de P na parte aérea em até 154% no tratamento P0, 140% no P30, 117% no P90 e 40% no P270, enquanto nas raízes, esses aumentos foram de até 196%, 81%, 63% e 57% respectivamente, devido à adição crescente de P. Os maiores teores de P nas plantas micorrizadas, mesmo sob altos níveis de P no solo, evidenciam

que os fungos MA podem contribuir de maneira eficiente para a absorção e translocação de P para a planta.

O aumento na capacidade das plantas em absorver o P pode ser atribuído à capacidade dos fungos em aumentar, em mais de cem vezes, a área de exploração do solo pela grande produção de hifas extrarradiculares com

maior eficiência na absorção de nutrientes comparada às raízes, uma vez que plantas micorrizadas têm acesso às mesmas formas de P disponíveis às plantas não micorrizadas (BOLAN, 1991).

Respostas significativas da acerola à inoculação dos FMA já havia sido constatada em trabalhos anteriores

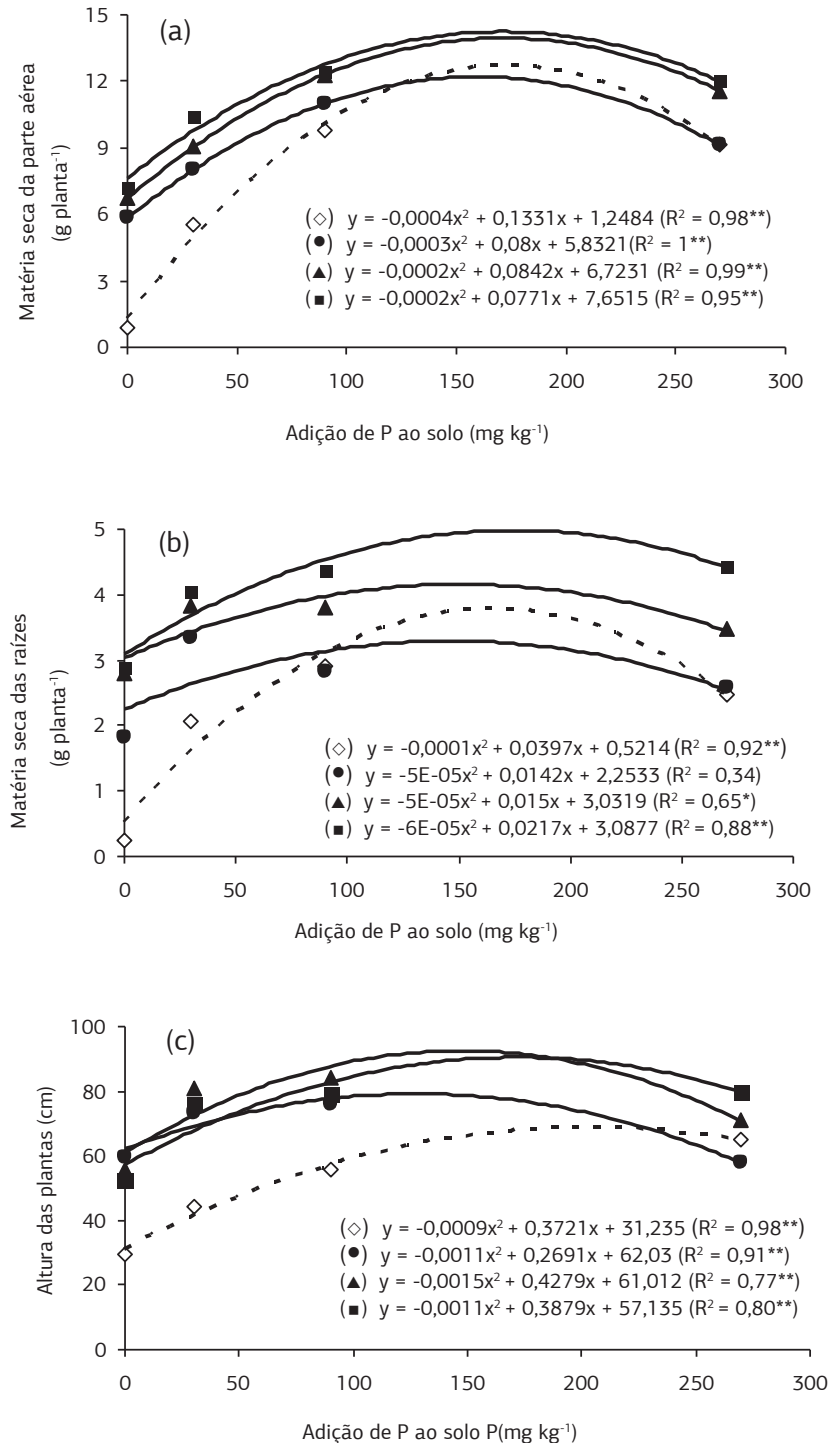


Figura 1. Matéria seca da parte aérea (a) e das raízes (b) e altura (c) de plantas de acerola inoculadas ou não com fungos micorrízicos arbusculares cultivadas em solo com adição de doses crescentes de P. (◇) Controle; (●) *G. margarita*; (▲) *G. manihotis* e (■) *G. clarum*. * e ** Indica significância do modelo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

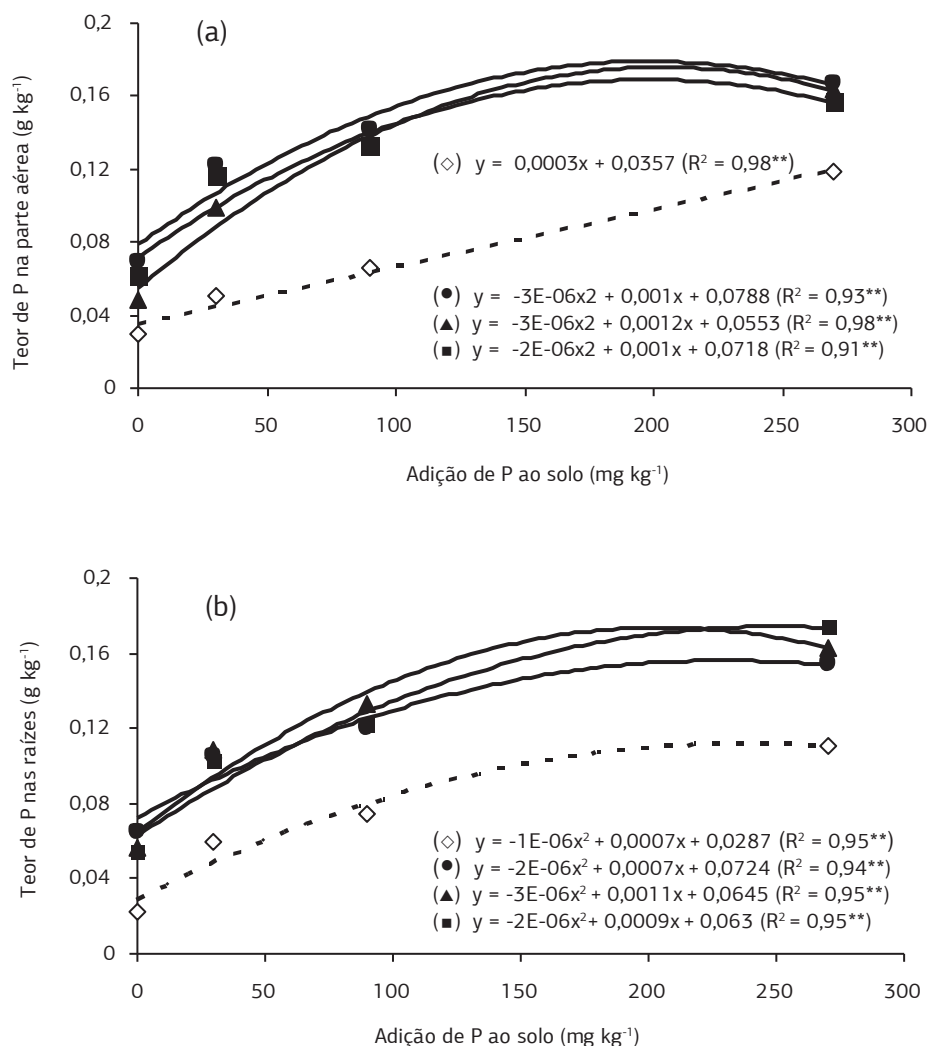


Figura 2. Teor de fósforo na parte aérea (a) e nas raízes (b) de plantas de acerola inoculadas ou não com fungos micorrízicos arbusculares cultivadas em solo com adição de doses crescentes de P. (◇) Controle; (●) *G. margarita*; (▲) *G. manihotis* e (■) *G. clarum*. * e ** Indica significância do modelo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

feitos por CHU (1993), em que a micorrização aumentou em 920% a produção de biomassa seca, e por COSTA et al (2001) que, inoculando *G. margarita* obtiveram incremento de 450% na altura das plantas. Entretanto, alguns estudos com fruteiras tropicais têm mostrado, devido à micorrização, aumento nos teores de P na parte aérea superior a 17.000% em goiabeiras (SAMARÃO e MARTINS, 1999) e 1.400% em mamoeiros (MARTINS et al, 2000).

Neste estudo, não foram observadas diferenças acentuadas no desenvolvimento e na nutrição das plantas devido à inoculação das diferentes espécies de FMA utilizadas. Entretanto, *G. clarum* proporcionou maior desenvolvimento da parte aérea e das raízes, enquanto *G. margarita* proporcionou maior teor de P na parte aérea e *G. clarum* nas raízes. Este efeito diferencial ocorre porque as espécies diferem em sua capacidade de infectar, colonizar e beneficiar a planta hospedeira. Muitas destas diferenças

são decorrentes das variações no balanço entre o benefício nutricional à planta proporcionado pelo fungo e no dreno de fotossintatos da planta requeridos para a sua manutenção (SAGGIN JUNIOR e SIQUEIRA, 1996). Existem também outros fatores que influenciam a absorção de P, como eficiência dos arbúsculos (interface fungo-célula vegetal) e a extensão, viabilidade e capacidade de transporte da hifa externa, bem como a quantidade de pêlos radiculares, o transporte e a utilização do P, a taxa de crescimento e a exigência nutricional da planta (SMITH e READ, 1997). Enfim, a variação na eficiência é determinada não só pelo genótipo da planta hospedeira e do FMA, mas também pelas condições ambientais.

A colonização micorrízica e a esporulação dos FMA foram influenciadas negativamente pela adição de doses de P, com resposta de tipo quadrática (Figura 3). A colonização micorrízica observada foi considerada alta (43%

a 71%), porém nos mesmos níveis daqueles observados por COSTA et al. (2001), também com a cultura da acerola. Não houve grandes variações na colonização radicular devido à espécie de fungo inoculada, evidenciando que o grau de colonização radicular não reflete de maneira direta na resposta da planta, decorrente de vários outros fatores, como produção de micélio externo, por exemplo.

A diminuição na colonização micorrízica devido ao aumento da adição de P é considerada normal, podendo, em muitos casos, ser relacionada também com o estado nutricional das plantas. Plantas bem nutridas teriam mecanismos para reduzir o desenvolvimento ou a atividade de FMA nas raízes, objetivando reduzir o custo energético que a manutenção do fungo representa para a planta (SMITH e READ, 1997). Espécies de FMA que mantêm altos níveis de colonização radicular mesmo sob condições de altos níveis de P no solo poderiam, em determinadas

condições, tornar-se parasitas, devido à grande demanda por carboidratos da planta (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

O número de esporos observado foi considerado alto, variando de 252 a 388 para *G. margarita*, 15 a 368 para *G. manihotis* e de 75 a 91 para *G. clarum*. De modo geral, houve diminuição na esporulação devido ao aumento das doses de P adicionados ao solo. Houve diferenças na capacidade de esporulação de cada espécie utilizada.

Os dados calculados do índice de eficiência de utilização de P (IEUP), que é a relação entre a matéria seca e a quantidade de P acumulada, evidenciam que na parte aérea e nas raízes as respostas foram quadráticas com a adição de doses crescentes de P ao solo. Apenas o IEUP nas raízes inoculadas com *G. margarita* teve resposta linear devido à adição de P. Nas plantas sem micorrizas houve diminuição no IEUP a partir 150 mg kg⁻¹ de P, enquanto em plantas micorrizadas, o decréscimo ocorreu a partir das baixas doses de P.

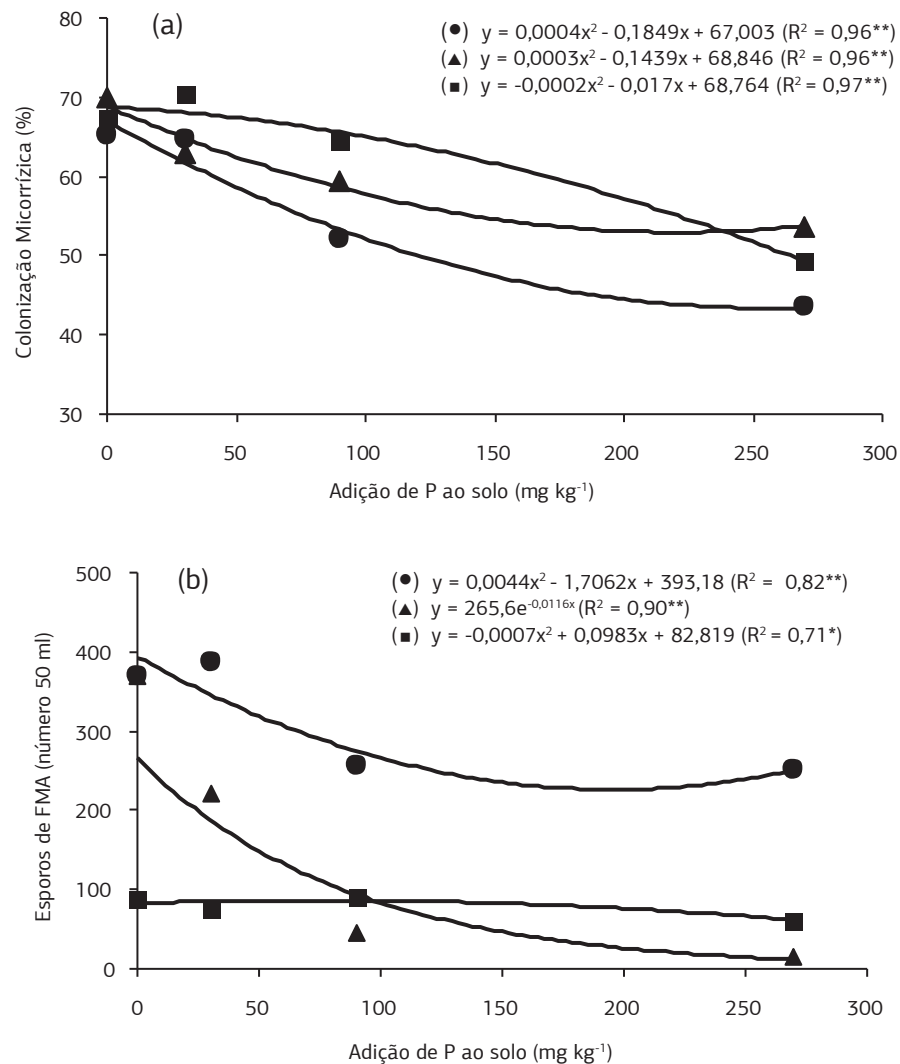


Figura 3. Colonização micorrízica (a) e número de esporos de FMA (b) em plantas de acerola inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares cultivadas em solo com adição de doses crescentes de P. (●) *G. margarita*; (▲) *G. manihotis* e (■) *G. clarum*. * e ** Indica significância do modelo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

A inoculação de *G. manihotis* e *G. clarum* proporcionou IEUP similar nas plantas de acerola, sendo porém significativamente superiores ao apresentado pela inoculação de *G. margarita*. Entretanto, mudas de cafeeiro inoculadas com *G. margarita* tiveram maior IEUP quando comparadas com outras espécies (TRISTÃO et al., 2006)

e em mudas de jacarandá-da-bahia não foram observadas diferenças no IEUP devido à espécie de FMA utilizada (CHAVES e BORGES, 2005).

A eficiência radicular (ER), obtida pela relação entre o acúmulo de P na parte aérea e a matéria seca das raízes, foi calculada objetivando evidenciar a capacidade das plantas

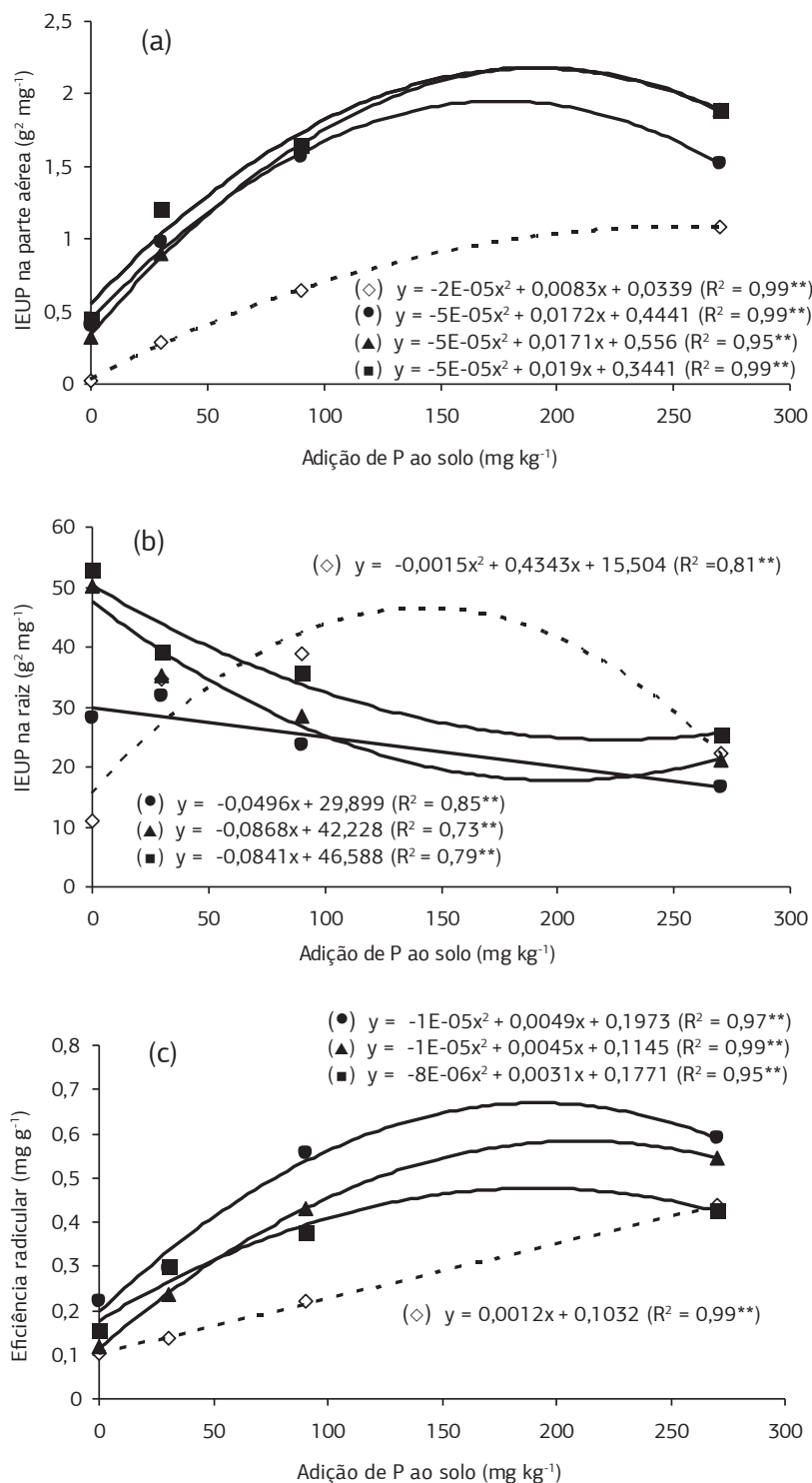


Figura 4. Índice de eficiência de utilização de P (IEUP) da parte aérea (a) e das raízes (b) e eficiência radicular (c) de plantas de acerola inoculadas ou não com fungos micorrízicos arbusculares cultivadas em solo com adição de doses crescentes de P: (◇) Controle; (●) *G. margarita*; (▲) *G. manihotis* e (■) *G. clarum*. * e ** Indica significância do modelo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

em absorver e translocar P para a parte aérea. Em plantas micorrizadas houve maior eficiência radicular que naquelas não-micorrizadas. Em *G. margarita* ocorreu maior eficiência radicular em todas as doses de P, diferentemente do observado para o IEUP, cuja espécie teve os menores índices nas raízes. Este efeito das micorrizas no incremento da eficiência na absorção de P está em concordância com aqueles obtidos em jacarandá-da-bahia (CHAVES e BORGES, 2005) e em mamoeiro (TRINDADE et al., 2000).

A maior eficiência das plantas micorrizadas pode ser atribuída à presença do FMA, que tem capacidade de incrementar a superfície de área de absorção devido à grande quantidade de micélio externo e de estimular a transferência de P absorvido pelo fungo para a planta hospedeira (SMITH e READ, 1997).

De modo geral, o desenvolvimento das plantas está relacionado aos teores de nutrientes e à micorrização, como pode ser observado pela correlação significativa das variáveis de crescimento e nutrição das plantas (Tabela 1). Correlações de parâmetros do desenvolvimento das plantas com a micorrização já haviam sido observadas anteriormente na cultura da mandioca (BALOTA et al., 1997), em soja e sorgo (BRESSAN et al., 2001) e em citros (NOGUEIRA e CARDOSO, 2006). Correlações entre

a colonização micorrízica e os teores de nutrientes foram observados também em espécies florestais da Amazônia (OLIVEIRA et al., 1999), em sorgo (NEUMANN e GEORGE, 2004) e na bananeira (OLIVEIRA et al., 2005). Entretanto, nem sempre a colonização micorrízica relaciona-se diretamente com os teores de P. Tem sido sugerido que esta relação ocorre apenas quando a colonização atinge altos níveis (SMITH e READ, 1997; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

O aumento acentuado na absorção de P em plantas micorrizadas resulta do fato de o FMA desenvolver grande quantidade de hifas extrarradiculares. Em condições tropicais, foram observados 47 metros por grama de solo de micélio total em área de mineração em reabilitação (MELLONI et al., 2003). Entretanto, a produção destas hifas extrarradiculares é dependente da espécie de FMA e das condições abióticas do solo. Neste contexto, a colonização radicular não expressa diretamente o benefício micorrízico à planta, porque não reflete a capacidade de produção de micélio extrarradicular.

Com relação à população micorrízica foi observada correlação altamente significativa entre a colonização radicular e a esporulação de *G. margarita* ($r=0,94$; $p\leq 0,01$), *G. manihotis* ($r=0,96$; $p\leq 0,01$) e *G. clarum* ($r=0,70$; $p\leq 0,01$). Correlação entre a colonização micorrízica e a esporulação foi constatada anteriormente na cultura da mandioca (BALOTA et al., 1997) e da bananeira (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2005), contudo em outros estudos isto não foi observado, como, por exemplo, BALOTA e LOPES (1996) na cultura do cafeeiro.

Na acerola houve elevada dependência micorrízica relativa (DMR), baseando-se na matéria seca da parte aérea, principalmente nos baixos níveis de P no solo, diminuindo quando P foi aumentado. Nos tratamentos sem

Tabela 1. Correlação simples (r) entre variáveis de crescimento e teores de P em plantas de acerola

Variáveis	MSPA	MSR	P PA	P Raiz
MSR	0.88**	-	-	-
P PA	0.81**	0.64	-	-
P Raiz	0.83**	0.91**	0.69**	-
Altura	0.81*	0.64**	0.75**	0.81*

MSPA: Matéria seca da parte aérea; MSR: Matéria seca das raízes; P PA: P na parte aérea; P Raiz: P nas raízes; * $P\leq 0,05$, ** $P\leq 0,01$.

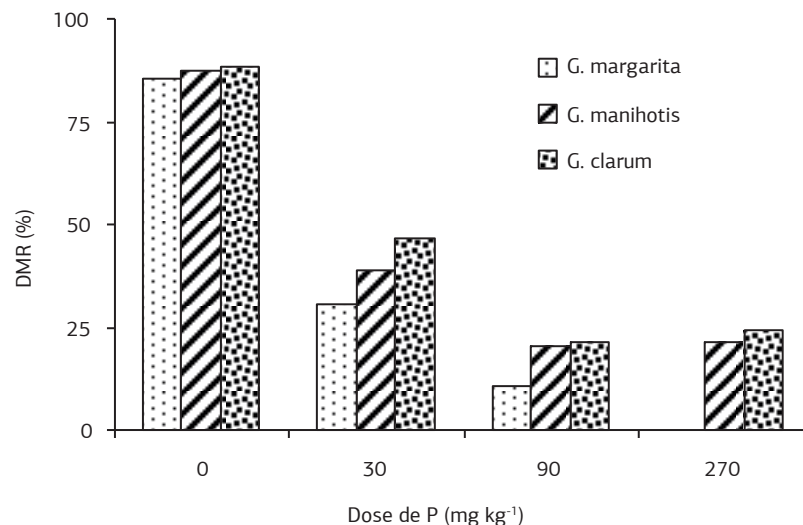


Figura 5. Dependência micorrízica relativa. $DMR = (\text{matéria seca da planta micorrizada}) - (\text{matéria seca da planta não-micorrizada}) / (\text{matéria seca da planta micorrizada}) \times 100$. $>75\%$ = dependência excessiva; $50 - 75\%$ = dependência alta; $25 - 50\%$ = dependência moderada; $<25\%$ = dependência marginal, não responde a inoculação.

adição de P, a dependência micorrízica foi bastante elevada (em torno de 87%), diminuindo posteriormente com o aumento de P. Não foi observada diferença na dependência micorrízica devido à espécie de FMA utilizada.

A diminuição da DMR com o aumento dos níveis de P no solo evidencia o efeito benéfico da micorrização em condições ótimas de P. Esta diminuição na DMR poderia estar relacionada com a quantidade de micélio externo produzido, que levaria ao maior consumo de fotossintatos da planta hospedeira, determinando, assim, menor desenvolvimento (MELLONI et al., 2000). Entretanto, deve ser salientado que, mesmo sob condições de alta DMR e sendo utilizadas espécies de FMA eficientes, pode ocorrer dreno significativo de fotossintatos da planta devido ao processo de disseminação micorrízica nas raízes (SAGGIN JUNIOR e SIQUEIRA, 1996).

De modo geral, o baixo desenvolvimento das plantas não-micorrizadas sob baixos níveis de adição de P evidencia a dependência da acerola à micorrização, em condições de baixos níveis de P disponível. Assim, a inoculação de FMA é uma prática que deve ser considerada na fase de viveiro, objetivando aumentar o desenvolvimento e a nutrição das mudas e, conseqüentemente, obter maior garantia de estabelecimento no campo.

4. CONCLUSÕES

1. A micorrização aumenta o desenvolvimento das plantas de acerola em solos com baixos teores de P;
2. A adição de níveis crescentes de fósforo ao solo proporciona aumentos significativos na produção de biomassa e nos teores de P das plantas de acerola e diminuição na colonização radicular e na esporulação de FMA.
3. Em solo com nível baixo de P (7 mg kg⁻¹) observa-se na acerola alta dependência ao FMA.
4. A micorrização proporciona maior eficiência de utilização de P e maior eficiência radicular para absorver este elemento do solo para a parte aérea.

REFERÊNCIAS

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S. Introdução de fungos micorrízicos arbusculares no cafeeiro em condições de campo: II. Flutuação sazonal de raízes, de colonização e de fungos micorrízicos arbusculares associados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p.225-232, 1996.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, p.627-639, 1997.

BOLAN, N.S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, v.134, p.189-207, 1991.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J.O.; VASCONCELLOS, C.A.; PURCINO, A.A.C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.315-323, 2001.

CHAVES, L.F.C.; BORGES, R.C.G. Eficiência micorrízica na produção de jacarandá-da-bahia cultivadas em diferentes doses de fósforo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.27, p.587-594, 2005.

CHU, E.Y. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em plântulas de acerola (*Malpighia glabra* L.). Belém: Embrapa-CPATU, 1993. 15p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 149)

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. (Ed.). Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília: Embrapa, 1994. p.383-418.

CORRÊA, F.L.O.; SOUZA, C.A.S.; CARVALHO, J.G.; MENDONÇA, V. Fósforo e zinco no desenvolvimento de mudas de aceroleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, p. 793-796, 2002.

CORRÊA, F.L.O.; SOUZA, C.A.S.; MENDONÇA, V; CARVALHO, J.G. Acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, p.765-769, 2002.

COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; GOTO, B.T.; SANTOS, V.F.; MAIA, L.C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.225-232, 2005.

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, p.893-901, 2001.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transaction of British Mycological Society*, v.46, 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.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M. Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: Embrapa-SPI/FRUPEX, 1994. 43p. (Série Publicações Técnicas, 10)

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

MARSCHNER H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, v.159, p.89-102, 1994.

MARTINS, M.A.; GONÇALVES, G.F.; SOARES, A. C.F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares associados a compostos fenólicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1465-1471, 2000.

MELLONI, R.; NOGUEIRA, M.A.; FREIRE, V.F.; CARDOSO, E.J.B.N. Fósforo adicionado e fungos micorrízicos arbusculares no

- crescimento e nutrição mineral de limoeiro-cravo [*Citrus limonia* (L.) Osbeck]. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.767-775, 2000.
- MELLONI, R.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Fungos micorrízicos em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, p.267-276, 2003.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.
- NEUMANN, E.; GEORGE, E. Colonisation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) enhanced phosphorus uptake from dry soil in *Sorghum bicolor* (L.). Plant and Soil, v.261, p.245-255, 2004.
- NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Plant growth and phosphorus uptake in mycorrhizal rangpur lime seedlings under different levels of phosphorus. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.93-99, 2006.
- OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A. Seasonal dynamic of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Paullinia cupana* Mart. of agroforestry system in Central Amazonia, Amazonas State. Brazilian Journal of Microbiology, v.36, p.262-270, 2005.
- OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A.; FIGUEIREDO, A.F. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em cinco cultivares de bananeiras em um latossolo da Amazônia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.481-488, 2005.
- OLIVEIRA, L.A.; GUITTON, T.L.; MOREIRA, F.W. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. Acta Amazonica, v.29, p.183-193, 1999.
- 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, p.158-160, 1970.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependence under field conditions. Plant and Soil, v.70, p.199-209, 1983.
- ROCHA, F.S.; SAGGIN JUNIOR, O.; SILVA, E.M.R.; LIMA, W L. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, p.77-84, 2006.
- SAGGIN JUNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. Lavras: UFLA: DCS/ DCF, 1996. p.203-254.
- SAMARÃO, S.S. MARTINS, M.A. Influencia de fungos micorrízicos arbusculares, associados à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). Revista Brasileira de Fruticultura, v.3, p. 196-199, 1999.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT Users Guide, vol 2, version 7 ed. Cary, NC, 1998.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. Journal of Plant Nutrition, v.4, p.289-312, 1981.
- SILVEIRA, A.P.D.; GOMES, V.F.F. Micorrizas em plantas frutíferas tropicais. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. (Ed.). Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p.57-77. (Publicação online)
- SMITH, S.E.; READ, D.J. Mycorrhizal Symbiosis. California: Academic Press, 1997. 506p.
- TRINDADE, A.V.; SIQUEIRA, J.O.; ALMEIDA, E.P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para mamoeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.505-513, 2000.
- TRINDADE, A.V.; SIQUEIRA, J.O.; ALMEIDA, E.P. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.1485-1494, 2001.
- TRISTÃO, F.S.M.; ANDRADE, S.A.L.; SILVEIRA, A.P.D. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. Bragantia, v.65, p.649-658, 2006.