

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

França, André C.; Carvalho, Felipe P.; Franco, Miguel H. R.; de Avelar, Moises; Souza, Bruna P.;
Stürmer, Sidney L.

Crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 9, núm. 4, 2014, pp. 506-511

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119032902006>

- 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

Crescimento de mudas de café inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares

André C. França¹, Felipe P. Carvalho², Miguel H. R. Franco¹, Moises de Avelar¹,
Bruna P. Souza¹, Sidney L. Stürmer³

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus Juscelino Kubitschek, Departamento de Agronomia, Rodovia MGT 367 - Km 583, 5000, Alto da Jacuba, CEP 39100-000, Diamantina-MG, Brasil. E-mail: cabralfranca@yahoo.com.br; miguelmhrf@yahoo.com.br; moiseslagoa@hotmail.com; bruna_pereiradesouza@yahoo.com

² Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Campus/UFV, CEP 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: felipepaolinelli@yahoo.com.br

³ Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Departamento de Ciências Naturais, Rua Antônio da Veiga, 140, Centro, CEP 89012-900, Blumenau-SC, Brasil. Caixa Postal 1507. E-mail: sturmer@furb.br

RESUMO

Propôs-se, neste trabalho, analisar o crescimento de mudas de café inoculadas com fungos micorrízicos, por meio da análise de crescimento de plantas. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x6, sendo mudas inoculadas e não inoculadas e seis épocas de avaliação, com seis repetições. Utilizaram-se sementes de Catuaí Vermelho IAC 99, desinfestadas e germinadas em areia autoclavada. Após 75 dias, no ato da repicagem, metade das mudas foi inoculada aplicando-se esporos das espécies *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*. Na época da inoculação (0) e aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias foram mensuradas a altura e a área foliar, além de posterior determinação de massa seca foliar e total. Os dados foram extrapolados para determinação de medidas não lineares para análise de crescimento. De modo geral, as plantas inoculadas apresentaram efeito negativo no início do crescimento mas ao final do período experimental possuíam características de crescimento superiores às mudas não inoculadas. A análise de crescimento possibilitou uma compreensão melhor da associação, além de constatar que, apesar do maior investimento na morfologia para captação de energia, não ocorreu aumento da taxa de assimilação líquida podendo-se considerar que, inicialmente, os fungos representaram dreno de assimilados mas no final as mudas inoculadas apresentaram crescimento superior. Conclui-se que, inicialmente, a associação seja considerada dreno de assimilados da planta que ainda não possuem área foliar para manutenção da associação e sofrem queda da taxa fotossintética líquida. Este efeito se extingue e resulta em benefício para as mudas, no final do período de produção.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*

Growth of seedlings of coffee inoculated mycorrhizal fungi

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the growth of coffee seedlings inoculated with mycorrhizal fungi, through the analysis of plant growth. The experimental design was completely randomized in a 2x6 factorial design, with control and inoculated seedlings six evaluation periods, with six replications. Catuaí Vermelho IAC 99 seeds were desinfested and germinated in autoclaved sand. After 75 days, at the time of transplanting, half of the seedlings were inoculated by applying spores of species *Glomus clarum* and *Gigaspora margarita*. At the time of inoculation (0) and at 30, 60, 90, 120 and 150 days plant height and leaf area were measured, and subsequent determination of total and leaf dry mass. The data were extrapolated to determine the measures of non-linear growth analysis. In general, the inoculated plants showed a negative effect on early growth, but at the end of the experiment had superior growth than uninoculated seedlings. Growth analysis enabled a better understanding of the association, and found that despite the increased investment in morphology for energy harvesting, there was no increase in net assimilation rate and may consider that initially fungi represented drain assimilated, but in the end the seedlings inoculated grew up. The association may be considered to be a sink while the plants do not have leaf area enough to maintain the association, leading to reduction in the liquid photosynthetic rate. This sink ends later, and there is a net benefit for the seedlings, at the end of the production period.

Key words: *Coffea arabica*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*

Introdução

Existem, na natureza, associações simbióticas benéficas entre fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e raízes da maioria das plantas, denominada micorriza arbuscular. Esses fungos ocorrem na maioria dos solos e penetram suas hifas nas raízes onde passam a funcionar como um sistema radicular adicional, aumentando a área radicular e, conseqüentemente, melhorando a capacidade de absorção de nutrientes, em especial o fósforo, ajudando na resposta aos fertilizantes e corretivos, além de beneficiar seu crescimento, desenvolvimento, vigor e produtividade (Moreira & Siqueira, 2006).

A utilização desses fungos associados com culturas, é uma possibilidade interessante em função da redução de uso de fertilizantes e pesticidas, aumento da eficiência de adubação, além de tornar as plantas mais resistentes a patógenos, com conseqüente aumento da sobrevivência de mudas ao transplante para o campo (Silveira et al., 2003). Entretanto, o fungo necessita de fotoassimilados da planta hospedeira e pode funcionar como dreno, prejudicando o crescimento inicial da muda (Saggin & Siqueira, 1995).

O cafeeiro apresenta potencial de utilização e aproveitamento desta associação devido às suas características de manejo, de possibilidade de inoculação em viveiro e posterior produção de mudas já inoculadas. Durante a implantação e na primeira colheita, o cafeeiro mostrou efeitos benéficos da micorriza e plantas inoculadas foram mais bem nutridas em baixa aplicação de fósforo (Siqueira et al., 1998). Trabalhos avaliando os efeitos da associação do cafeeiro com fungos micorrízicos comprovaram a alta eficiência e dependência micorrízica desta cultura (Siqueira et al., 1998).

Por se tratar de cultura perene, a utilização de mudas de qualidade, bem nutridas, sadias e de bom desenvolvimento, é de extrema importância no sucesso da lavoura cafeeira, uma vez que eventuais falhas nesta fase de cultivo comprometem a produção futura. Assim, os aspectos de crescimento de mudas inoculadas com espécies de fungos micorrízicos eficientes devem ser investigados. A compreensão detalhada desses aspectos carece de índices fisiológicos específicos, por meio da análise quantitativa do crescimento (Benincasa, 2003). Segundo este autor, a análise de crescimento se baseia no fato de que cerca de 90% da matéria seca das plantas resultam da atividade fotossintética e o restante pela absorção de nutrientes minerais.

Dentro deste contexto objetivou-se analisar o crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com espécies eficientes de fungos micorrízicos para o cafeeiro, por meio da análise de crescimento de plantas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, e desenvolvido de julho/2010 até março/2011. A análise química do solo apresentou o seguinte resultado: pH (água) de 5,3; teor de matéria orgânica de 1,6 dag kg⁻¹; P, K e Ca de 0,2, 8 e 0,5

mg dm⁻³, respectivamente; e Mg, Al, H+Al e CTC_{efetiva} de 0,4, 0,3, 6,5 e 1,2 cmol_c dm⁻³, respectivamente.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x6, sendo mudas inoculadas e não inoculadas e seis épocas de avaliação, com seis repetições.

Utilizaram-se sementes de Catuaí Vermelho IAC 99, que foram previamente lavadas com hipoclorito de sódio (1%), colocadas para germinar em areia autoclavada e regadas diariamente. Após 75 dias as plântulas estavam em fase de “palito de fósforo” e foram repicadas para sacolas de polietileno contendo substrato constituído de uma amostra de solo de subsolo e esterco de curral curtido, peneirados (3:1), adubado conforme Guimarães et al. (1999). O substrato apresentou 20 esporos de FMA indígenas por 10 g de solo. No ato da repicagem metade das mudas foram inoculadas, aplicando-se 10 g de inoculante, que foi composto das espécies *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* na proporção de 1:1 e 100 esporos por 10g obtidos da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota (<http://www.furb.br/cicg> - Blumenau, SC).

Na época da inoculação (0) e aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a inoculação, foram mensuradas a altura e a área foliar. Posteriormente, as plantas foram seccionadas e mantidas em estufa de circulação forçada de ar (65°C), até atingirem massa constante para determinação de massa seca foliar e total. Os dados foram extrapolados para determinação de medidas não lineares para análise de crescimento, como: taxa de crescimento absoluto - TCA (acúmulo de massa seca total/intervalo de tempo gasto); taxa de crescimento relativo - TCR (acúmulo de massa seca total/massa seca inicial/intervalo de tempo gasto); área foliar específica - AFE (área foliar da planta/massa seca das folhas); razão de massa foliar - RMF (massa foliar seca/massa seca total); razão de área foliar - RAF (área foliar/matéria seca total) e taxa de assimilação líquida - TAL (massa seca produzida/área foliar/tempo), de acordo com Benincasa (2003).

Para a interpretação dos dados diretos empregou-se a análise de variância utilizando-se o teste F ($p \leq 0,05$). Efetuou-se o desdobramento da interação significativa e análise de regressão para as épocas de avaliação, com escolha dos modelos baseada na sua significância, no fenômeno biológico e no coeficiente de determinação. Os dados extrapolados para medidas não lineares foram apresentados de forma descritiva, em gráficos, com médias e seus respectivos desvios padrão.

Resultados e Discussão

Os dados diretos de altura, área foliar e massa seca total, foram significativos para a interação dos fatores possibilitando o desdobramento da interação e a análise de regressão. Esses dados mostraram o crescimento das mudas com comportamento explicado pela curva de regressão polinomial quadrática com aumento crescente da variável em função dos dias após o transplante e inoculação. Inicialmente, o crescimento em altura das mudas foi lento e aos 60 dias após a inoculação (DAI) assumiram comportamento mais acelerado. Mudas não inoculadas obtiveram maior altura até aproximadamente 75 DAI, obtendo as mudas inoculadas maiores valores a partir desta época (Figura 1).

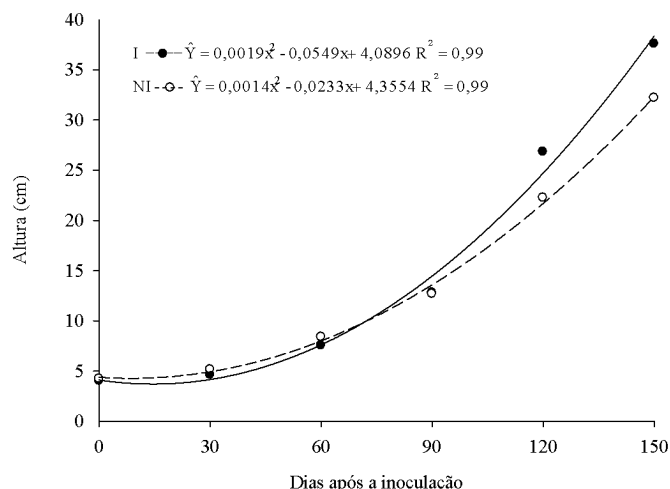


Figura 1. Altura de mudas de café (Catuai Vermelho IAC 99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

A altura de mudas de café representa característica comercial interessante para determinação da sua qualidade, porém se deve levar sempre em consideração, mais de um parâmetro de crescimento ou a relação entre dois ou mais parâmetros (Marana et al., 2008).

No período de inoculação as mudas ou plântulas estavam em fase de “palito de fósforo” e ainda não possuíam área foliar e mesmo as folhas cotiledonares não foram consideradas área foliar e não representaram folha da planta, somente após 30 DAI as mudas iniciaram a emissão de folhas verdadeiras. Tal como a altura das plantas, o aumento da área foliar também foi beneficiado pela inoculação, após 75 DAI as plantas inoculadas apresentavam acúmulo de área foliar superior quando comparado com o das plantas não micorrizadas (Figura 2).

Quanto à massa seca total, as mudas apresentaram comportamento semelhante ao longo dos 120 DAI, independentemente da inoculação, em seguida, observou-

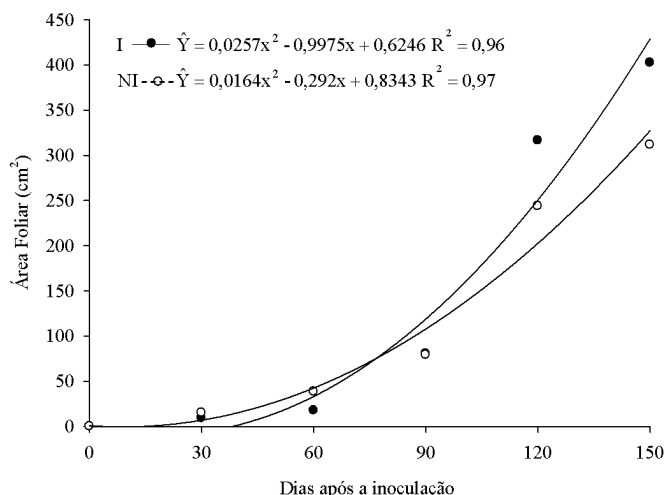


Figura 2. Área foliar de mudas de café (Catuai Vermelho IAC 99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI) em diferentes dias após a inoculação

se valor de massa seca total superior para mudas que foram inoculadas (Figura 3). Nota-se que as mudas inoculadas mostraram massa seca pouco expressiva até próximo de 45 dias, entretanto, observa-se acúmulo mais acelerado de massa seca a partir desta época após a inoculação.

O acúmulo de massa seca, tanto de parte aérea como do sistema radicular, apresentou maior crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com as espécies de fungos micorrízicos *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* e *Acaulospora* sp. (Andrade et al., 2010). Esses autores também trabalharam com dose recomendada de P para a produção de mudas e não observaram inibição da colonização micorrízica pela aplicação de fósforo mostrando ainda que as mudas inoculadas obtiveram maiores concentrações de P na massa seca aérea e radicular.

Segundo Moreira & Siqueira (2006), a prática de inoculação não é bem-sucedida em solos muito férteis ou submetidos à adubação, pois a alta disponibilidade de nutrientes não justificaria a associação pela planta e pode resultar em inibição do estabelecimento da simbiose e, mesmo ocorrendo, os benefícios seriam reduzidos, inexistentes ou até depressivos quando os FMAs atuam como parasitas. Contudo, espécies lenhosas apresentam, de modo geral, grande potencial, principalmente, as que possuem sistema radicular pouco ramificado, com poucos pelos radiculares e crescimento rápido.

Os efeitos da associação para as plantas resultam do balanço entre a capacidade de nutrição pelo fungo à planta e o dreno de fotoassimilados da planta para o fungo (Saggin & Siqueira, 1995). Desta forma, o menor crescimento inicial das mudas inoculadas se deve ao fato da reduzida área foliar para produção de fotoassimilados para o fungo, que competiu com o crescimento da planta pelo recurso escasso.

A análise de crescimento permite, através de observações ao longo do tempo, a melhor compreensão e determinação do padrão de crescimento e dos aspectos fisiológicos das plantas. A taxa de crescimento absoluto (TCA) demonstra a velocidade média de crescimento (g dia^{-1}) durante determinado período avaliado (Benincasa, 2003). Assim, durante o período de 90 a

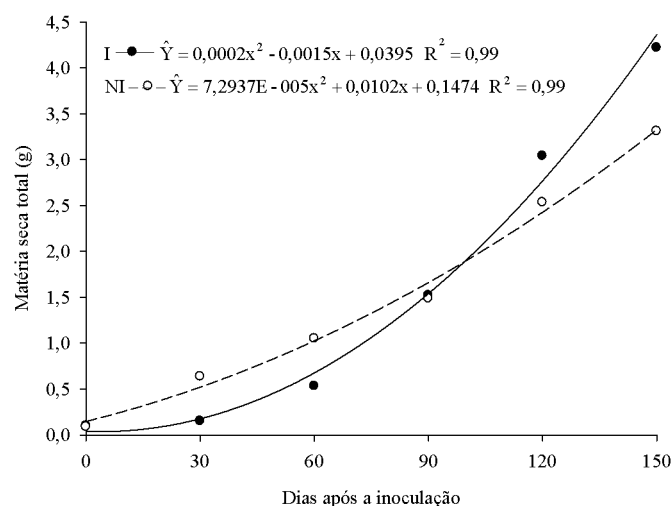


Figura 3. Massa seca total de mudas de café (Catuai Vermelho IAC-99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

120 DAI plantas inoculadas apresentaram maior velocidade de crescimento, como demonstrado pelos valores superiores de área foliar e altura após 120 DAI e massa seca total aos 150 DAI (Figura 4).

No primeiro período de avaliação as mudas não inoculadas obtiveram taxa de crescimento relativo mais expressiva que as inoculadas porém no período de 30 a 90 DAI plantas que foram inoculadas mostraram valores de TCR superiores. A TCR indica o incremento de massa seca por quantidade de massa seca inicial da planta, em determinado intervalo ou período considerado.

A TCR possui variação ao longo do crescimento da planta, visto que depende da massa seca inicialmente existente na planta sendo que uma alta TCR pode ser devida à baixos valores de massa seca inicial, como observado no período até 30 DAI (Figura 5). A TCR também se relaciona com dois outros fatores, como: área foliar útil por massa da planta e taxa fotossintética líquida da planta (Benincasa, 2003). Observou-

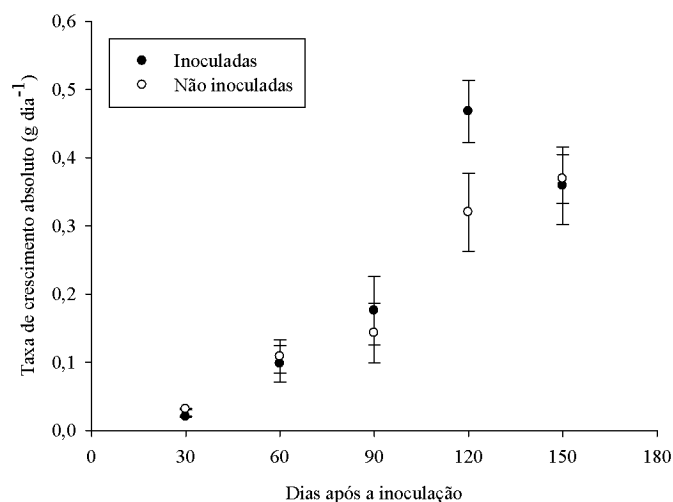


Figura 4. Taxa de crescimento absoluto de mudas de café (Catuai Vermelho IAC 99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

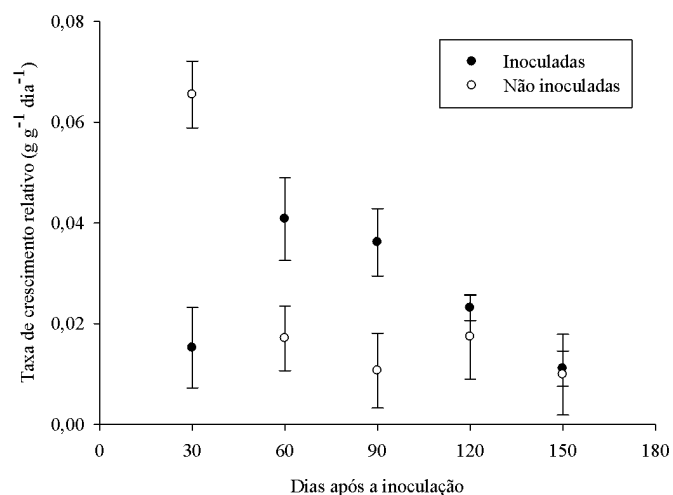


Figura 5. Taxa de crescimento relativo de mudas de café (Catuai Vermelho IAC-99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

se, então que as mudas inoculadas obtiveram baixa TCR inicial, quando normalmente se espera alta TCR em virtude da reduzida massa seca inicial mas que, logo após, obtiveram TCR superiores, mostrando crescimento acelerado das plantas.

A relação de incremento de massa seca por massa seca existente mostra a eficiência de produção de massa seca porém considera toda a massa seca a planta produzindo, desconsiderando-se que são as folhas que contribuem na produção ou assimilação de massa seca. Contudo, considerando o incremento de massa seca, a relação da folha com a massa seca da planta pode representar parâmetros importantes de análise de crescimento de plantas.

Verificou-se que as primeiras folhas verdadeiras emitidas pelas mudas de café investiram mais em interceptação de luz aumentando a área foliar com menor incremento de massa seca foliar, resultando em maior eficiência de interceptação da radiação solar. Constatou-se, também que as plantas inoculadas obtiveram valor superior de área foliar específica (AFE) durante os 30 DAI (Figura 6). Assim, com o mesmo incremento em massa seca foliar as mudas inoculadas possuíam maior área foliar e, consequentemente, interceptação da radiação solar. Contudo, após esta época os tratamentos não apresentaram diferença.

A AFE é considerada índice fisiológico e pode ser influenciada positivamente pela divisão e alongamento celular, resultando em expansão foliar sem acúmulo de massa seca, como verificado em plantas após a aplicação de citocinina (Barreiro et al., 2006).

Similarmente à AFE, a razão de área foliar (RAF) apresentou valores superiores em mudas inoculadas no período inicial do crescimento das plantas sendo que nos períodos posteriores houve comportamento semelhante das mudas inoculadas ou não, mesmo diferindo (Figura 7). A RAF é a relação entre a área foliar utilizada para assimilar carbono e a massa seca acumulada até o momento avaliado, podendo expressar a eficiência da área foliar da planta utilizada para a fotossíntese.

Pela avaliação da razão de massa foliar (RMF), observou-se a alocação de assimilados para as folhas (Figura 8). Ambas

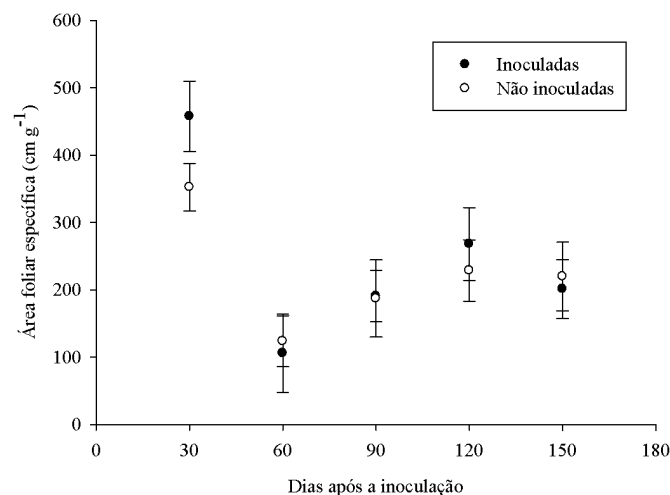


Figura 6. Área foliar específica de mudas de café (Catuai Vermelho IAC-99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

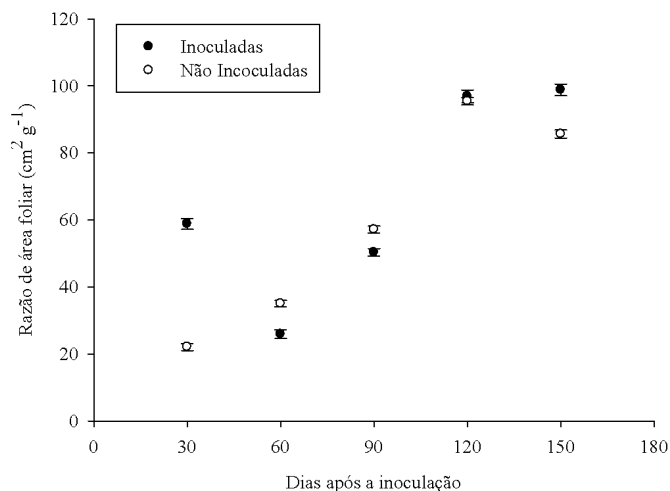


Figura 7. Razão de área foliar de mudas de café (Catuai Vermelho IAC-99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

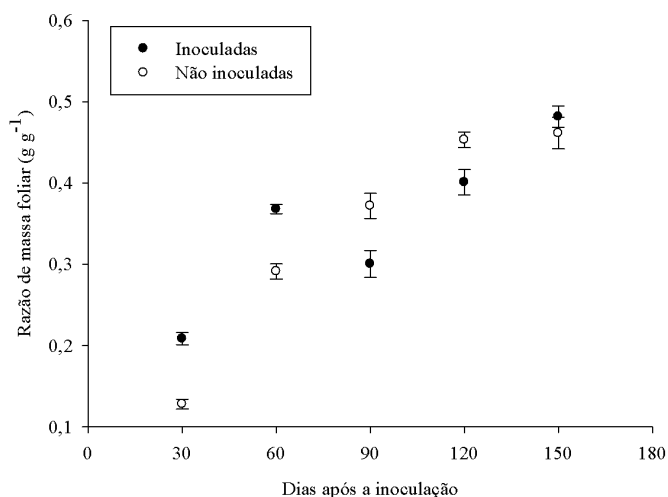


Figura 8. Razão de massa foliar de mudas de café (Catuai Vermelho IAC-99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

as mudas mostraram aumento da RMF evidenciando que as folhas, nesta fase juvenil das plantas, representam forte dreno de assimilados. Mudas não inoculadas apresentaram aumento linear da RMF, já em plantas inoculadas ocorreu, inicialmente, forte incremento da massa seca acumulada para as folhas.

A taxa de assimilação líquida (TAL) é o incremento de massa seca da planta por unidade de área foliar em determinado tempo, sendo característica bastante representativa da taxa fotossintética líquida da planta. Quanto ao comportamento da TAL das mudas, notou-se aumentou até os 60 DAI e decréscimo após este período. Os valores iniciais de TAL mostraram que, apesar da baixa área foliar, as mudas possuíam capacidade de acúmulo de massa seca. As mudas inoculadas apresentaram valores de TAL bastante inferiores obtendo comportamento semelhante nos períodos subsequentes (Figura 9).

A TAL sofre influência de diversos fatores fisiológicos, genéticos, ecológicos e ambientais, entretanto, se acredita que as plantas sempre aumentam a TAL buscando maior eficiência fotossintética e se adaptando às condições do ambiente. Assim,

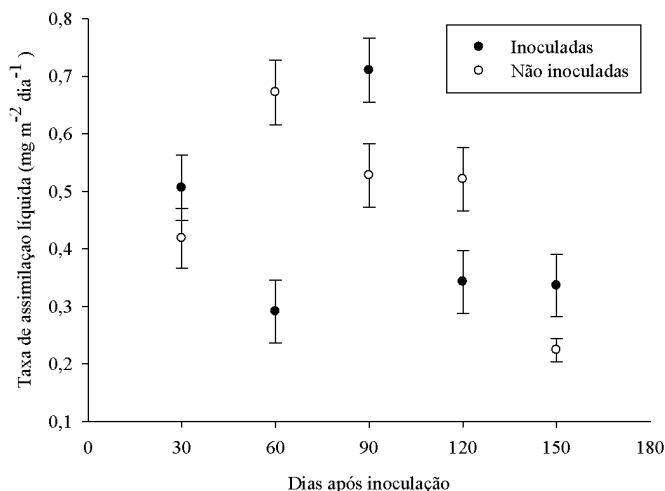


Figura 9. Taxa de assimilação líquida de mudas de café (Catuai Vermelho IAC-99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

a redução da TAL aos 90 DAI pode ser atribuída ao cultivo adensado, favorecendo o sombreamento das folhas da base das mudas. Lima et al. (2007), observaram que quando plantas de mamoeiro aceleraram seu crescimento, tal como a área foliar, se iniciava o autosombreamento das plantas, além de diminuição dos níveis de fotossíntese líquida, com redução da TAL.

De modo geral observou-se, através das variáveis diretas, que as plantas apresentavam efeito negativo no início de crescimento mas no final do período de condução do experimento as mudas inoculadas possuíam altura, área foliar e massa seca total superiores às mudas não inoculadas. Trabalhos já comprovaram os efeitos benéficos da micorriza no cafeeiro, sendo que ambos os fungos utilizados já foram estudados e comprovada a eficiência com plantas de cafeeiro (Siqueira et al., 1998; Tristão et al., 2006). Entretanto, poucos trabalhos com inoculação de plantas com fungos micorrízicos mostraram avaliações no tempo e em curtos períodos do crescimento vegetal.

A análise de variância não apresentou efeito significativo da época de avaliação nem da interação entre época e inoculação para a porcentagem de colonização micorrízica das mudas porém a inoculação foi significativa para o fator inoculação, com médias de 50,23% em mudas inoculadas e 37,12 em mudas não inoculadas. Assim, mudas inoculadas com os fungos *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* obtiveram maior porcentagem de colonização média de todas as avaliações (Figura 10). Mudas não inoculadas ainda mostraram porcentagem de colonização, entretanto, foi expressiva a participação de fungos nativos do solo utilizado. Os quais, apesar de colonizarem raízes das mudas, são menos eficientes como promotores de crescimento para essas plantas.

A utilização da análise de crescimento permitiu verificar efeitos negativos do forte dreno de assimilados inicial, causados pelos fungos e posterior recuperação do crescimento das mudas pelos índices fisiológicos. Os valores observados para AFE, RAF e RMF permitem concluir que, inicialmente,

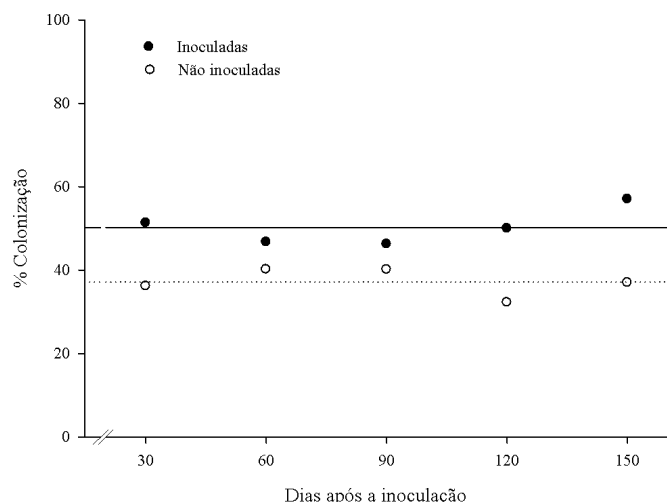


Figura 10. Porcentagem de colonização micorrízica de mudas de café (Catuai Vermelho IAC-99) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) (I) e não inoculadas (NI), em diferentes dias após a inoculação

as mudas inoculadas investem mais na anatomia e na morfologia, de forma a obter maior interceptação da radiação solar. Juntamente com a TAL, constatou-se que apesar do maior investimento para captação de energia não resultou em aumento da taxa fotossintética líquida, podendo-se considerar que, inicialmente, a associação com fungos representou dreno para as plantas mas que o efeito no final do crescimento, foi positivo.

A TCR mostrou maior aceleração do crescimento das mudas inoculadas de 30 a 90 DAI, o que resultou no maior acúmulo de massa seca demonstrado aos 120 DAI pela TCA. O maior acúmulo de massa seca precedeu o valor superior de TAL, em plantas inoculadas.

Conclusão

A análise de crescimento das mudas de café inoculadas com fungos micorrízicos possibilitou o melhor estudo da associação. Constatou-se que, de início, a associação é dreno de assimilados da planta que ainda não possui área foliar para manutenção da associação e sofre queda da taxa fotossintética líquida. Este efeito se extingue e resulta em benefício para as mudas, no final do período de desenvolvimento no viveiro.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Edital 69/2009), pela concessão dos recursos para a realização deste

trabalho. SLS agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade (Processo 302343/2012-1).

Literatura Citada

- Andrade, S.A.L.; Silveira, A.P.D.; Mazzafera, P. Arbuscular mycorrhiza alters metal uptake and the physiological response of *Coffea arabica* seedlings to increasing Zn and Cu concentrations in soil. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 1, p. 5381-5391, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.064>>.
- Barreiro, A.P.; Zucareli, V.; Ono, E. O.; Rodrigues, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjerição tratadas com reguladores vegetais. *Bragantia*, v. 65, n. 4, p. 563-567, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052006000400005>>.
- Benincasa, M.M.P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Guimarães, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V. V.H. (Eds.). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- Lima, J.F.; Peixoto, C.P.; Ledo, C.A.S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casas de vegetação. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 5, p.1358-1363, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000500013>>.
- Marana, J. P.; Miglioranza, E.; Fonseca, E. P.; Kainuma, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. *Ciência Rural*, v.38, n. 1, p. 39-45, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000100007>>.
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2.ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- Saggin, O.J.J.; Siqueira, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, n.1, p.221-228, 1995.
- Silveira, A. P. D.; Silva, L. R.; Azevedo, I. C.; Oliveira, E.; Meletti, L. M. M. Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, em diferentes substratos. *Bragantia*, v.62, n.1, p.89-99, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000100012>>.
- Siqueira, J. O.; Saggin Jr. O. J.; Aylas, W. W. F.; Guimarães, P. T. G. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza*, v.7, n. 6, p.293-300, 1998. <<http://dx.doi.org/10.1007/s005720050195>>.
- Tristão, F.S.M.; Andrade, S.A.L.; Silveira, A.P.D. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de café, em substratos orgânicos comerciais. *Bragantia*, v.65, n.4, p.649-658, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052006000400016>>.