

EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE COM ESPÉCIES HERBÁCEAS E ARBÓREAS NA MICORRIZAÇÃO DO CAFEIEIRO

Júnia Maria Alves¹, Rafaelly Calsavara Martins¹, Raony Alyson de Freitas², Tatiana Pires Barrella³, André Narvaes da Rocha Campos⁴

RESUMO – As micorrizas são importantes fatores de sustentabilidade em sistemas agrícolas. Assim, a compreensão do efeito de práticas agroecológicas sobre a micorrização pode auxiliar no desenvolvimento de técnicas de cultivo mais eficientes na utilização de recursos do solo. O objetivo deste trabalho foi verificar a micorrização em cafeeiros cultivados a pleno sol solteiro, consorciado com gliricídia – sistema agroflorestal e com adubos verdes de porte herbáceo: lablabe e feijão de porco. Foram quantificadas a presença de estruturas fúngicas como hifas e arbuscúlos, bem como a presença de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) no solo. Amostras de solo e de raízes foram coletadas nos quatro sistemas, com quatro repetições, para determinação da porcentagem de colonização radicular por FMA nos cafeeiros e para contagem de esporos em 50 g de solo. Observou-se que, dentre os tratamentos, o que obteve maior taxa de colonização radicular de FMA foi o sistema agroflorestal. Já no solo proveniente do sistema à pleno sol, foi verificado o maior número de esporos. Este resultado indica que o consórcio entre o cafeeiro e a gliricídia favoreceu o estabelecimento das associações micorrízicas, enquanto o estresse provocado pelo sistema em monocultivo induziu o incremento do número de esporos no solo. O manejo com adubos verdes se mostrou intermediário, o que pode significar que o solo manejado dessa forma minimiza parcialmente os impactos causados em um sistema onde o solo fica exposto.

Palavras chave: *Coffea arabica* L., consórcio, FMA, leguminosas, sistema agroflorestal.

EFFECT OF GREEN FERTILIZATION WITH LEGUME PLANTS SPECIES IN COFFEE MYCORRHIZATION

ABSTRACT – *Mycorrhizae* are key elements of sustainability in agricultural systems. Thus, understanding the effect of agroecological practices on mycorrhiza can help to develop more efficient farming techniques in the use of soil resources. The objective of this work was to verify mycorrhizal association in coffee grown in three different systems: full sun without consortia, intercropped with *Gliricidia* and green manures: “Hyacinth beans” (*Dolichos lab lab* L) and Jack beans (*Canavalia ensiformis*). We quantified fungal structures such as hyphae and arbuscules in coffee roots and the presence of arbuscular mycorrhizal spores in soil. Samples of soil and roots were collected in the four systems, with four replicates for determining the percentage of root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and spores in 50 g of soil. The highest rate of AMF root colonization was observed in the agroforestry system. We also observed that the monoculture system under full sun presented the highest number of spores. This result indicates that the consortium between coffee and *gliricidia* favored the establishment of mycorrhizal associations, while the stress caused by monoculture system induced an increase in the number of spores in the soil. Consortia with green manure showed intermediate behavior, which may mean that these systems partially minimize the impacts on a system where the soil is exposed.

Keywords: agroforestry system, AMF, *Coffea arabica* L., consortia, legumes.

¹ Estudante do Bacharelado em Agroecologia do IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba.

² Bacharel em Agroecologia, IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba.

³ Professor do Departamento de Agricultura e Ambiente - IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba.

⁴ Professor Orientador; Departamento de Agricultura e Ambiente, IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba, Av. Dr. José Sebastião da Paixão, s/n, Rio Pomba/MG; andre.campos@ifsudestemg.edu.br.



1. INTRODUÇÃO

Há décadas nosso solo vem sofrendo intensa degradação pelo modelo de agricultura vigente, fazendo com que ocorra perda de nutrientes, de matéria orgânica e de microrganismos benéficos do solo. Neste contexto o manejo ecológico do solo torna-se de extrema relevância, pois compreende um conjunto de técnicas integradas que visam melhorar as condições ambientais (água-solo-clima) aproveitando o potencial genético de produção das culturas (Primavesi, 1990).

Para o cafeeiro, duas propostas têm sido utilizadas para minimizar danos causados pela exploração agrícola pela utilização de plantas leguminosas: os sistemas agroflorestais e o consócio com adubos verdes de porte herbáceo. Nos sistemas agroflorestais, a melhoria do solo nas áreas sob influência das árvores acontece principalmente pela incorporação gradativa de nutrientes ao sistema por meio da biomassa das árvores e pela manutenção da umidade (Ovalle & Avendaño, 1984). Já a adubação verde com plantas herbáceas trata-se de uma prática conservacionista responsável por controlar a erosão e melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do sistema, recuperando a fertilidade do solo (Bertoni & Lombardi-Neto, 1985; Dabney et al., 2001).

As leguminosas são as plantas preferidas para a adubação verde em virtude da grande massa produzida por unidade de área, de seu sistema radicular bastante ramificado e profundo, da capacidade de mobilização dos nutrientes do solo e, principalmente, pelo aproveitamento do nitrogênio atmosférico (Dabney et al., 2001; Snapp et al., 2005). A adubação verde favorece os processos microbiológicos do solo, propiciando em menores temperaturas, alta umidade e em maiores teores de matéria orgânica (Collozi-Filho et al., 1999; Wutke et al., 2009). Tais organismos realizam importantes associações biológicas no solo, como associação com bactérias fixadoras de nitrogênio e com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que melhoram a nutrição de fósforo e promovem o crescimento das plantas (Haas & Krikun, 1985; Morton & Benny, 1990).

Desta forma, o estudo das associações micorrízicas entre o cafeeiro e FMAs é de suma relevância para a avaliação de diferentes formas de manejo desta espécie agrícola, com vistas ao aumento da absorção de nutrientes em solos pobres e degradados, favorecendo os processos de conservação do solo (Miller & Jastrow, 1994; Filho & Nogueira, 2007). O objetivo deste trabalho

é avaliar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiro agroecológico submetidos à diferentes manejos: pleno sol solteiro, pleno sol consorciado com adubo verde herbáceo e sombreado em consócio com gliricídia (*Gliricidia sepium*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram conduzidas no Laboratório de Microbiologia do Solo/Departamento de Agricultura e Ambiente do Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais - *Campus* Rio Pomba. O local do experimento se encontra em uma lavoura de produção orgânica de café Oeiras com sete anos de idade, plantada em espaçamento de 3 metros entre linhas e 0,75 metro entre plantas, sobre um solo caracterizado como Latossolo Vermelho-Distrófico no município de Rio Pomba/MG.

No IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba foram estabelecidas quatro formas diferentes de manejo, o cafeeiro à pleno sol sem adubos verdes, consorciado com lablabe, consorciado com feijão de porco e sombreado em consócio com gliricídia. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 unidades experimentais.

A lavoura é manejada desde 2007 com os adubos verdes gliricídia (*Gliricidia sepium*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e lablabe (*Dolichos lab-lab*). A gliricídia foi implantada em outubro de 2007 e o plantio das leguminosas herbáceas ocorre anualmente em outubro, com corte em dezembro.

As leguminosas herbáceas foram semeadas no espaçamento de 0,5 m x 0,2 m em três linhas de leguminosa nas entrelinhas dos cafeeiros. A gliricídia foi implantada com estacas na linha do cafeeiro no espaçamento de 3 metros entre plantas. No momento da avaliação, ocorrida no período de seca nos meses de julho e agosto de 2013, as plantas de cobertura já não estavam presentes.

A adubação da lavoura foi feita anualmente com 10 litros de cama de aviário por planta dividida em duas vezes, em outubro e dezembro.

Coletaram-se três amostras de 500 g de solo em cada uma das parcelas, considerando a camada de 0-20 cm de solo. Após a homogeneização destas amostras, retirou-se 50g de solo para contagem dos esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Os esporos de FMAs foram extraídos do solo por meio de peneiramento úmido seguido de centrifugação em

sacarose a 60%, sendo o sobrenadante lavado nas peneiras de 100 e 250 mesh, respectivamente, e recolhidos em béqueres (Gerdemann & Nicolsen, 1963). Os esporos foram transferidos para placa canelada para serem feitas as contagens em lupa estereoscópica.

As estruturas fúngicas presentes no sistema radicular foram coletadas nos fragmentos das raízes absorventes do cafeeiro em cada uma das parcelas por meio da escavação do solo de 0-15 cm de profundidade. Estas raízes foram lavadas em água corrente e armazenadas em álcool 60 % à 5°C até a realização das análises.

Para a determinação da colonização radicular por FMA, as raízes foram submetidas ao tratamento com KOH 10% (m/v) à 70°C por 25-30 minutos. Após a descoloração, as raízes foram transferidas para solução de ácido clorídrico HCl 2% onde foi agitada por 5 minutos. Posteriormente, o HCl 2% foi vertido e as raízes coradas por 20 minutos em solução de lacto-glicerol (glicerol, água e ácido láctico, 1:1:1) e azul de tripano 0,05% aquecido à 70°C (Phillips & Hayman, 1970). Os fragmentos de raízes corados foram transferidos para lâminas de microscopia para observação da presença de estruturas fúngicas como hifas e arbúsculos no interior das raízes coletadas (Brundrett et al., 1996).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F. Os parâmetro que apresentaram diferença significativa na análise de variância à 5% de probabilidade, tiveram suas médias comparadas utilizando o Scott-Knott, à 5% de probabilidade. Finalmente, os resultados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP) para avaliar conjuntamente os parâmetros de micorrização nos diferentes tipos de manejo do cafeeiro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento, avaliou-se a quantidade de esporos, arbúsculos e hifas de Fungos Micorrízicos

Arbusculares em cafeeiro orgânico cafeeiro à pleno sol sem adubos verdes, consorciado com lablabe, consorciado com feijão de porco e sombreado em consórcio com gliricídia. A análise de variância revelou que as variáveis avaliadas apresentaram diferença significativa para os tratamentos testados (Tabela 1). Este resultado demonstra que o tipo de manejo pode influenciar efetivamente as interações entre fungos micorrízicos arbusculares e o cafeeiro.

Mais especificamente, ressalta-se que os resultados para os arbúsculos e para os esporos que apresentaram valores significativos (Tabela 1). No entanto, para o número de hifas não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1). A maior interferência do tipo de manejo nos resultados dos arbúsculos deve-se ao fato de que são as estruturas mais efêmeras da associação, presentes apenas quando a mesma está ativa. Já os esporos responderam aos tratamentos por estarem relacionados com a sobrevivência e dispersão dos fungos. As hifas não apresentaram diferenças significativas, pois são estruturas mais permanentes nas raízes, podendo ser provenientes de FMAs ou de fungos endofíticos (Reis et al., 2012). Como se trata de experimento de campo, o coeficiente de variação se mostrou alto, principalmente para arbúsculos que mesmo assim apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1).

Observou-se um maior número de esporos de FMA no sistema em monocultivo sem adubos verdes, quando comparado ao sombreado, ao consorciado com lablabe e com feijão de porco (Figura 1), indicando que o cafeeiro à pleno sol constitui-se uma situação de maior estresse ambiental, quando comparado aos outros tratamentos avaliados. É relatado que, em situações de estresse, tal com o como o estresse hídrico, há a indução da produção de esporos de FMA (Amorim et al., 2004). Neste contexto, os fungos produzem um número maior esporos para garantir sua sobrevivência e dispersão em uma condição não ideal.

Tabela 1 - Análise de variância (F valor e coeficiente de variação – CV) da micorrização do cafeeiro submetido à diferentes tipos de manejo agroecológico

Variável	Grau de liberdade	Esporos em 50 g de solo	Hifas fúngicas (%) ¹	Arbúsculos (%) ^{1*}
Tratamentos	3	6,2085**	1,5447ns	3,6129*
CV (%)	-	23,40	21,82	41,19

¹ Porcentagem de fragmentos radiculares observados sob microscopia apresentando as estruturas fúngicas designadas. ns não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%, pelo teste F.



Quanto à percentagem de hifas, não houve diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, foi observada uma alta percentagem de fragmentos contendo hifas em todos os sistemas, acima de 55%, o que é uma característica dos sistemas agroecológicos, onde a biodiversidade microbiana é favorecida (Figura 2).

Bonfante-Fasolo (1984) relata que a presença ubíqua de hifas fúngicas nas raízes pode ser explicada de duas formas. Primeiro, podem ser resultado da extensa proliferação de hifas de fungos micorrízicos no sistema radicular ao longo de seu ciclo de vida, visto que estas estruturas não são efêmeras como os arbúsculos. Outra possibilidade é que as hifas podem ser provenientes

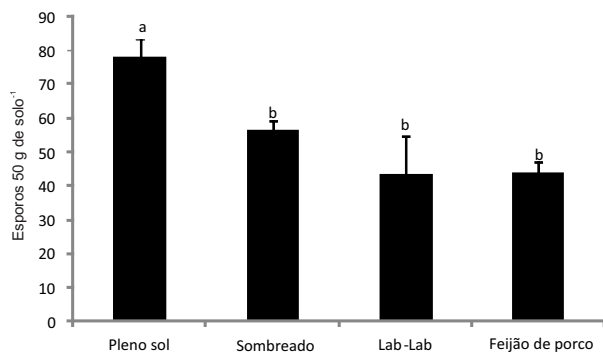


Figura 1 - Número de esporos em 50 gramas de solo proveniente de cafeeiros agroecológicos solteiros à pleno sol, sombreado em consócio com *Gliricidia sepium* ou com adubos verdes herbáceos. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As barras representam o Erro Padrão da Média (n=4).

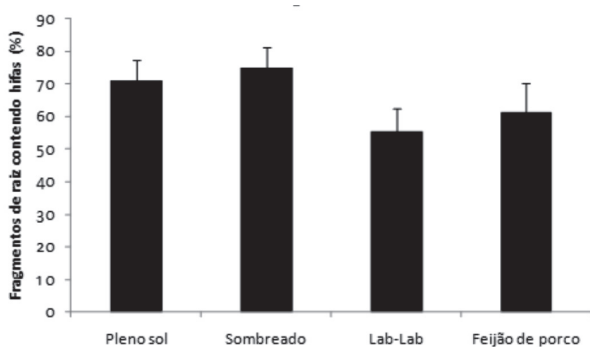


Figura 2 - Percentagem de fragmentos de raízes contendo hifas em cafeeiros agroecológicos solteiros à pleno sol, sombreado em consócio com *Gliricidia sepium* ou com adubos verdes herbáceos. As barras representam o Erro Padrão da Média (n=4).

da associação do cafeeiro com outros fungos do solo, tais como fungos endofíticos (Reis et al., 2012). Desta forma, o resultado apresentado indica que o manejo orgânico do cafeeiro permitiu a associação das plantas com fungos do solo.

Já com relação ao número de arbúsculos, observou-se maior percentagem desta estrutura fúngica nas raízes do cafeeiro cultivado em sistema sombreado (Figura 3). Esta observação indica que a atividade de fungos micorrízicos é maior neste sistema de produção (Figura 3). A maior incidência de arbúsculos de FMA pode estar ligado à temperaturas mais amenas devido a sombra nesse sistema.

Segundo Marin et al. (2004) os sistemas agroflorestais quando comparados com sistemas convencionais promovem um aumento na quantidade de matéria orgânica no solo, de substâncias húmicas e frações de carbono, resultando numa melhoria da qualidade do solo e no favorecimento das associações biológicas benéficas. Também, o maior teor de umidade em solos arborizados, bem como a restrição luminosa, pode estar relacionado à maior ocorrência dos FMA (Saggin Júnior & Siqueira, 1996).

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que os diferentes tipos de manejo do cafeeiro avaliados influenciaram no estabelecimento das associações micorrízicas. O cafeeiro sombreado, consorciado com glirícidia, apresentou maior número de arbúsculos caracterizando maior atividade de fungos micorrízicos, enquanto o café à pleno sol e sem o consócio com adubos verdes apresentou maior quantidade de esporos.

O café a pleno sol e manejado com adubos verdes, tanto com lablabe quanto com feijão de porco, mostrou-se intermediário em relação aos outros dois sistemas. Provavelmente os adubos verdes minimizaram os impactos causados pelo monocultivo, diminuindo o estresse para os fungos que se associam ao cafeeiro, à ponto de não elevar o número de esporos por 50 g de solo. Por outro lado, este sistema não ofereceu as mesmas condições benéficas que o cafeeiro sombreado no que tange à luminosidade e retenção de umidade, apresentando percentagem inferior de arbúsculos em seu sistema radicular.

Finalmente, a análise de componentes principais, comparando o conjunto de parâmetros da micorrização entre os diferentes tipos de manejo do cafeeiro indicaram

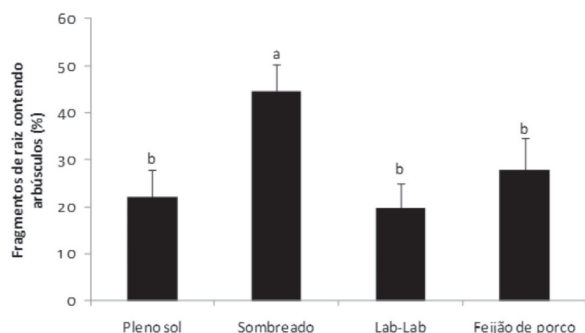


Figura 3 - Porcentagem de fragmentos de raízes contendo arbusculos em cafeeiros agroecológicos solteiros à pleno sol, sombreado em consócio com *Gliricidia sepium* ou com adubos verdes herbáceos. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As barras representam o Erro Padrão da Média (n=4).

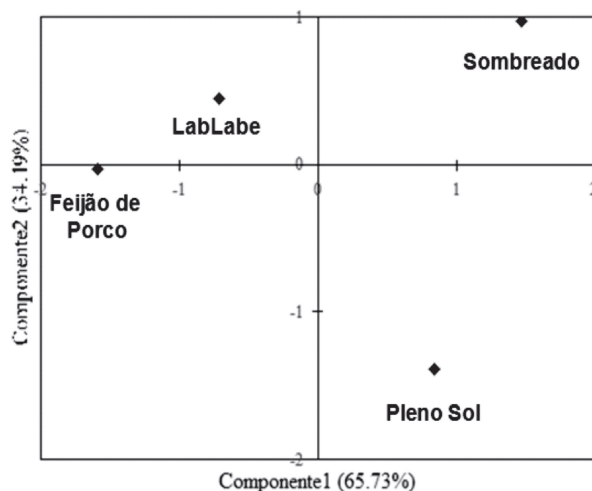


Figura 4 - Análise de componentes principais dos parâmetros de micorrização de cafeeiros agroecológicos solteiros à pleno sol, sombreado em consócio com *Gliricidia sepium* ou com adubos verdes herbáceos.

a separação de três comportamentos díspares (Figura 4). Nesta análise, demonstrou-se que o comportamento do cafezal à pleno sol sem consócio foi o mais distante de todos os outros tratamentos. Já o café sombreado apresentou mais proximidade dos tratamentos envolvendo consócio com adubos verdes. O manejo do cafeeiro à pleno sol envolvendo consócio, tanto com lablabe quanto com feijão de porco, apresentaram resultado muito próximo entre si, formando o terceiro grupo.

4. CONCLUSÃO

O consócio entre o cafeeiro e a gliricídia promoveu ambiente favorável ao estabelecimento das associações micorrízicas, enquanto o estresse provocado pelo sistema a pleno sol induziu o incremento do número de esporos no solo. Os tratamentos à pleno sol envolvendo a utilização de adubos verdes apresentou comportamento intermediário, evidenciando que essa prática minimiza parcialmente os impactos causados por um cultivo a pleno sol. Não foi observada diferença entre as espécies de adubos verdes utilizadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba, ao MEC-SETEC/MAPA (Apoio à Núcleos de Estudo em Agroecologia) e ao CNPq - Chamada 46/2012 (407082/2012-3) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho

6. LITERATURA CITADA

AMORIM, S.M.C.; PAIM, A.C.B.; SILVA, M.G. Efeito do déficit hídrico sobre a colonização endomicorrízica em duas espécies vegetais típicas da região semi-árida do nordeste. **Revista de Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v.33, p.23-26, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI-NETO, F. **Conservação do solo**. 1.ed. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.

BONFANTE-FASOLO, P. Anatomy and morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: POWELL C.L.; BAGYARAJ, D.J. (Eds.) **Mycorrhiza**. Boca Raton: CRC Press, p.5-33, 1984.

BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.; DELL, B. et al. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture** - ACIAR Monograph 32. Canberra: Pirie Printers, 1996. 374p.

DABNEY, S.M.; DELGADO, J.A.; REEVES, D.W. Using winter cover crops to improve soil and water quality. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.32, p.7-8, 2001.



- FILHO, A.C.; BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S. et al. (Eds). **Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do solo/ Universidade Federal de Lavras, 1999. p.487-508.
- FILHO, A.C.; NOGUEIRA, M.A. Micorrizas Arbusculares em plantas tropicais: Café, Mandioca e Cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. (Ed). **Microbiologia do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p.39-56.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.46, p.235-244, 1963.
- HASS, J.H.; KRIKUN, J. Efficacy of endomycorrhizal-fungus isolates and inoculum quantities required for growth response. **New Phytologist**, v.100, p.613-621, 1985.
- MARIN, A.M.P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. et al. Impactos da implantação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, v.25, n.1, 2004.
- MILLER, M.H.; JASTROW, J.D. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and biogeochemical cycling. In: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G. (Eds.) **Mycorrhizae in plant health**. St. Paul: American Phytopathology Society, 1994. p.189-212.
- MORTON, J.B.; BENNY, G.L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Aucoloporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotaxon**, v.37, p.471-491, 1990.
- OVALLE, C.; AVENDAÑO, J. Utilización silvopastoril del espinal. II. Influencia del espino (*Acacia caven* (Ml.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. **Agric. Téc.** 1984.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **British Mycological Society Transactions**, Cambridge, Grã-Bretanha, v.55, n.1, p.158-160, 1970.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 549p.
- REIS, R.J.A.; CAMPOS, S.A.; MARTINS, G.S.L. et al. Efeitos de plantas de cobertura nas associações do milho (*Zea mays L.*) com fungos benéficos do solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, p.75-80, 2012.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicações de micorrizas**. Lavras: UFLA, 1996. p.202-254.
- SNAPP, S.S.; SWINTON, S.M.; LABARTA, R. et al. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. **Agronomy Journal**, v.97, p.322-332, 2005.
- WUTKE, E.B.; TRANI, P.E.; AMBROSANO, E.J. et al. **Adubação verde no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 89p. (Boletim Técnico, 249).

Recebido para publicação em 30/04/2014 e aprovado em 30/07/2014.

