

MICORRIZAÇÃO DE CAFEIEIRO EM SOLO SOB APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.

André S. NAKATANI¹ e-mail: andrenakatani@yahoo.com.br, Arnaldo COLOZZI-FILHO²

¹Pós-graduando em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, ²Pesquisador em Microbiologia do Solo do Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, PR. Apoio financeiro Programa PR 12 Meses.

Resumo:

O uso de resíduos orgânicos gerados por atividades antrópicas, sejam eles de origem urbana, agrícola ou industrial, como fertilizante agrícola, é uma alternativa viável, por diminuir os riscos de contaminação ambiental, à saúde pública, reduzir custos de produção e melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Os resíduos orgânicos podem, assim, substituir em parte as necessidades de fertilizantes e corretivos industrializados na cultura cafeeira. A adição de resíduos orgânicos pode influenciar a atividade de vários microrganismos do solo, dentre eles os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que se associam às raízes da maioria das plantas terrestres, auxiliando-as na absorção de nutrientes e água. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de resíduos orgânicos de várias origens (animal, vegetal, agroindustrial e urbano), aplicados em cobertura no cafeeiro, sobre a esporulação, produção de hifas externas e colonização radicular do cafeeiro pelos FMAs. A adição de resíduos orgânicos ao solo reduziu a colonização micorrízica e aumentou a esporulação dos FMAs no solo. O tratamento que promoveu menor redução da micorrização do cafeeiro foi o resíduo urbano lodo calado.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., resíduos vegetais e animais, resíduos agroindustriais, fungos micorrízicos arbusculares

MICORRIZATION OF COFFEE TREE IN SOIL UNDER APPLICATION OF ORGANIC RESIDUES

Abstract:

The use of organic residues generated by antropics activities as agricultural fertilizer, could be a viable alternative to reduce the risks of environmental contamination and to improve the physical, chemistries and biological soil conditions. Organic residues can substitute the needs of fertilizers in the coffee culture. The addition of organic residues can influence the activity of several microorganisms of the soil, among them the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), that they associate to the roots of most of the terrestrial plants, aiding them in the absorption of nutrients and water. The objective of this work was to evaluate the effect of organic residues of several origins (animal, vegetable, agroindustrial and urban), applied in covering in the coffee plant, on the sporulation, production of external hiphases and roots colonization of the coffee plant for AMFs. The addition of organic residues to the soil reduced the mycorrhizal colonization and it increased the sporulation of AMFs in the soil. The treatment that promoted smaller reduction of the mycorrhization of the coffee tree was the urban waste.

Key words: *Coffea arabica* L., vegetal and animal residues, coffee tree, arbuscular mycorrhizal fungi

Introdução

A geração de grandes volumes de resíduos urbanos, agrícolas e industriais pela atividade antrópica tem se apresentado como um desafio para a humanidade, diante da possibilidade de danos ambientais causados pela disposição final inadequada destes resíduos. Diante dos elevados custos de fertilizantes industrializados e a queda da produtividade decorrente do manejo inadequado do solo, uma alternativa viável para a disposição final desses resíduos é sua utilização como fertilizante agrícola, pois, além de diminuir os custos da produção, elimina problemas de natureza ambiental e saúde pública, sendo fonte de nutrientes e condicionador de propriedades físicas do solo, aumentando seu nível de fertilidade. A incorporação de resíduos orgânicos ao solo, devido a sua alta carga orgânica, afeta a microbiota e a atividade microbiana no solo. Alguns dos microrganismos componentes da biota são benéficos ao crescimento e produtividade das plantas, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e merecem especial atenção, uma vez que formam associações com, praticamente, todas as plantas terrestre, inclusive o cafeeiro. Sendo as micorrizas de ocorrência generalizada no cafeeiro (Colozzi-Filho, 1999), que apresenta elevada dependência micorrízica em solos de baixa fertilidade (Siqueira & Colozzi-Filho, 1986).

O estudo da aplicação de resíduos orgânicos na cultura cafeeira pode ajudar a desenvolver metodologias para utilização destes compostos, como substitutivos de parte das necessidades de corretivos e fertilizantes e como condicionador do solo. Essa prática é uma alternativa para pequenos produtores descapitalizados que vêm obtendo baixas produtividades, por incapacidade financeira de usar fertilizantes industrializados, podendo aumentar os lucros e reduzir custos de produção da cultura.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes tipos de resíduos orgânicos aplicados em cobertura do solo na cultura cafeeira sobre a colonização radicular do cafeeiro, na esporulação por FMAs e produção de hifas externas.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em amostras de solos e raízes, coletadas em Julho de 2003 e Julho de 2004, em um experimento de campo implantado em 2002 na estação experimental do IAPAR em Paranavaí-PR, onde se estudam os efeitos da aplicação de resíduos orgânicos de diversas origens em cobertura do solo na cultura cafeeira, variedade IAPAR 59. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições e 20 tratamentos, que foram constituídos de controle, fertilizante nitrogenado e resíduos orgânicos de origem animal, vegetal, agroindustrial e urbano, aplicados à base de 20 t ha⁻¹ de matéria seca ou 200 m³ de chorume. A adubação nitrogenada foi à base de 20 g de sulfato de amônio por planta aplicados em cobertura. Para a determinação da colonização radicular por FMAs, as raízes foram clareadas em KOH 10%, acidificadas em HCl 1% e coradas com azul de tripano. A determinação da porcentagem de colonização radicular foi feita em microscópio estereoscópico com aumento de até 40X, pelo método de placa quadriculada (Giovannetti & Mosse, 1980). Os esporos de FMA foram extraídos do solo por peneiramento úmido, centrifugação e flutuação em sacarose 50% e contagem em microscópio estereoscópico com aumento de até 40X. A extração do micélio total foi feita em 10 g de solo, através de peneiramento úmido após vigorosa agitação e filtragem à vácuo em membrana de nitrocelulose do micélio em suspensão. O micélio extraído foi corado com azul de tripano e quantificado sob microscópio óptico (100x), com auxílio de uma ocular reticulada. A estimativa do comprimento de micélio total foi feita segundo Schubert et al. (1987). Os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste de F, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para a micorrização do cafeeiro (colonização radicular, esporulação de FMA e micélio externo total), na primeira e segunda coletas, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Colonização radicular de cafeeiro, esporulação por fungos micorrízicos arbusculares e micélio externo total em solo sob aplicação de resíduos orgânicos em cobertura, em diferentes épocas. Médias de 4 repetições.

Tratamento	-----Julho/2003-----		-----Julho/2004-----		
	Colonização	Esporulação	Colonização	Esporulação	Micélio
	%	n°.50 mL solo ⁻¹	%	n°.50 mL solo ⁻¹	m.g solo seco ⁻¹
Controle	67,3a ⁽¹⁾	39,75c	29,7abc	116a	7,87de ⁽¹⁾
Esterco galinha + cana	52,1ab	70abc	28,2abc	88,5ab	7,66de
Esterco gado	70,6a	93,5abc	27,2abc	106a	8,09de
Esterco galinha	53,3ab	41,25c	24abc	71,25ab	6,06e
Esterco suíno	56ab	50,5bc	19bc	59,25ab	8,79cde
Chorume de suínos	67,5a	80,5abc	34,9a	80,75ab	9,1cde
Cama de aviário	58ab	99,75ab	32,9ab	123,75a	9,38bcde
Leucena	54,7ab	125,5a	30,3abc	112,5a	12,62ab
Mucuna	43,7b	69abc	31,4abc	96,75ab	10,18abcd
Guandu	63,4ab	64,5abc	21,9abc	91,5ab	9,58bcde
Amendoim forrageiro	61,2ab	81,25abc	18,4c	98ab	8,48de
Sorgo forrageiro	52,5ab	35,75c	25,1abc	72ab	7,34de
Palha de café	56,2ab	55,75abc	22,8abc	75,5ab	9,86abcd
Braquiária	55,8ab	60,5abc	27,7abc	82,75ab	8,61de
Bagaço de cana	64,5ab	83,5abc	30,2abc	74,75ab	10,3abcd
Bagaço de citros	51,7ab	70,5abc	23,5abc	48,75b	8,66de
Torta de cana	54,9ab	104,25ab	26,7abc	110,75a	13,13a
Lodo bruto	55,9ab	63,75abc	23,8abc	75ab	7,81de
Lodo calado	53,3ab	88,25abc	33,2a	136a	12,1abc
Adubação nitrogenada	43,5b	58abc	22,6abc	89,75ab	8,44de

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na primeira coleta, 12 meses após o plantio, a colonização por FMAs, variou de 43,5% a 70,6%. A aplicação dos resíduos teve influência sobre as micorrizas, pois, as taxas de colonização observadas para os tratamentos com resíduos orgânicos, com exceção dos tratamentos com esterco de gado e chorume de suínos, apresentaram tendência de valores inferiores em comparação ao controle (Tabela 1), sendo significativo apenas para os tratamentos com resíduo de mucuna e adubação nitrogenada. A esporulação de FMA na primeira coleta variou de 36 a 126 esporos em 50mL de solo. Na grande maioria dos tratamentos os FMAs esporularam mais que no tratamento controle, sendo significativo para os tratamentos com cama de aviário, leucena e torta de cana.

Na segunda avaliação, 24 meses após o plantio, as taxas de colonização apresentaram valores médios inferiores ao da primeira coleta, variando de 18,4% a 34,9% de colonização radicular, porém, com o mesmo comportamento da primeira coleta, onde a maioria dos tratamentos apresentaram taxas de colonização inferiores em relação ao controle, apesar de não serem estatisticamente diferentes, com exceção dos tratamentos chorume de suínos, cama de aviário, leucena, mucuna, bagaço de cana e lodo calado, que tiveram tendência de valores maiores. Isto pode ser observado pela Figura 1A, que apresenta os dados agrupados por classes de resíduos de mesma origem. A esporulação de FMAs na segunda coleta, apresentaram valores médios superiores que na primeira avaliação, variando de 48,75 a 136 esporos em 50mL de solo, porém com comportamento inverso ao observado na primeira avaliação (Figura 1B), pois, a maioria dos tratamentos apresentaram esporulações inferiores ao controle, mas não apresentaram diferenças estatísticas. As exceções foram os tratamentos com cama de aviário e lodo calado que apresentaram tendência de valores maiores.

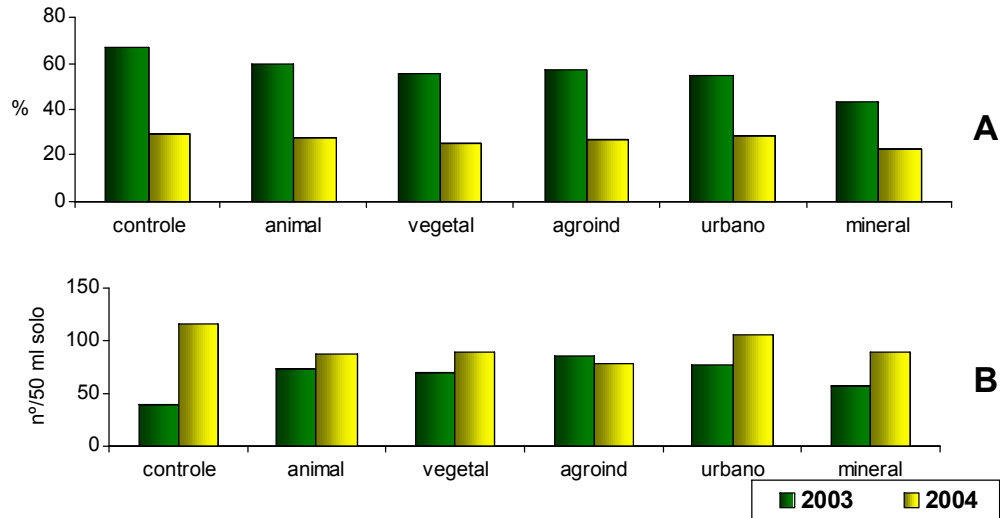


Figura 1. Colonização radicular de cafeeiro (A) e esporulação (B) de FMAs em solo sob aplicação de resíduos orgânicos em cobertura em diferentes épocas. Os valores por classe de resíduos são médias dos tratamentos com resíduos de mesma origem.

O efeito dos tratamentos na micorrização do cafeeiro e na esporulação dos FMAs é melhor entendido quando se avalia o efeito relativo desses resíduos, obtido da seguinte forma: $(\text{valor de determinado tratamento} - \text{valor do tratamento controle}) / \text{valor tratamento controle} \times 100$. Os tratamentos foram agrupados por classe de resíduos de mesma origem (Figura 2).

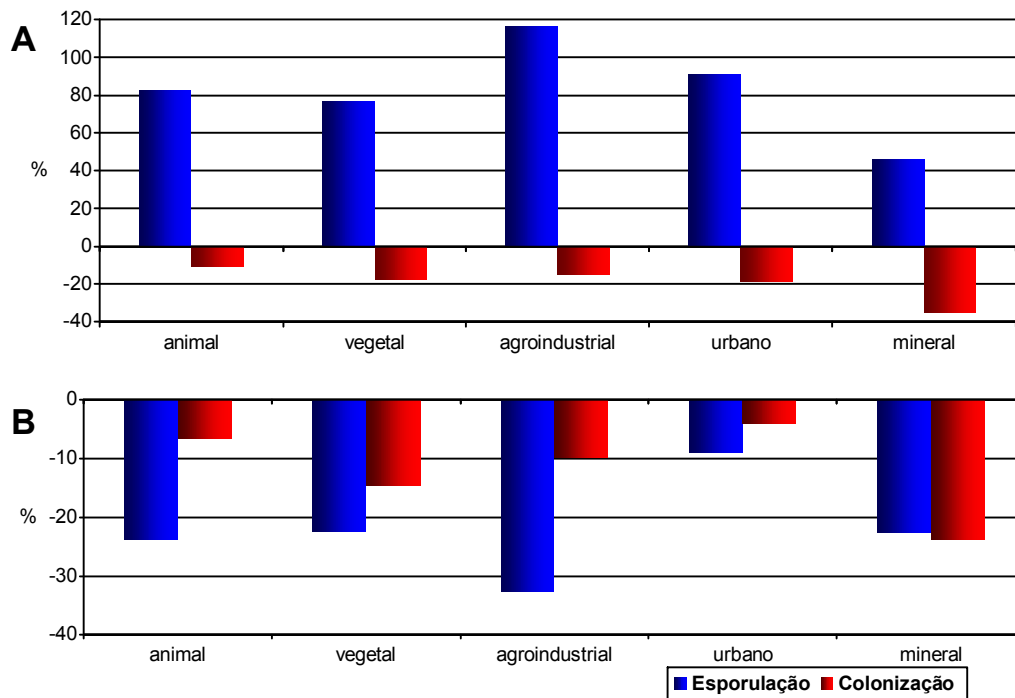


Figura 2. Efeito relativo de classes de resíduos aplicados ao solo sobre a esporulação de fungos micorrízicos arbusculares e a colonização micorrízica radicular do cafeeiro, em julho/2003 (A) e julho/2004 (B).

Para a primeira coleta, as taxas de colonização observadas para os tratamentos com resíduos orgânicos demonstraram valores relativos inferiores em comparação com o controle (Figura 2A), os tratamentos com resíduos animais foram os que afetaram menos as taxas de colonização (11,5%), o tratamento que teve maior redução na colonização foi a adubação nitrogenada (35,36%) (Figura 2A), que pode ser explicada pelo fato de que as micorrizas são reduzidas em condições de maior disponibilidade de nutrientes (Souza, 1991), já que o fertilizante mineral traz nutrientes numa forma prontamente disponível. Os altos índices relativos observados para a esporulação de FMAs na primeira coleta estão de acordo com os dados de colonização, pois, enquanto a colonização foi reduzida em relação ao controle, a esporulação foi estimulada. Isso pode ser justificado pelo fato de que a esporulação é um mecanismo que os FMAs lançam mão quando algum fator limitante ameaça a sua permanência no ambiente. Dessa forma, as plantas melhores nutridas devido à adição de determinados resíduos orgânicos são menos dependentes da simbiose e tentam restringir seu estabelecimento, como observado pela menor taxa de colonização radicular. Isso poderia ter levado os fungos a produzir mais esporos. Na primeira coleta, a classe de resíduos orgânicos em que se obteve a maior colonização micorrízica, apesar de ter sido menor em relação ao controle, foi o que recebeu resíduos animais. Nesse caso, houve maior produção de esporos e menor redução da colonização radicular em relação ao controle (Figura 2A).

Quando se comparam os resultados das taxas de colonização por classe de resíduo (Figura 1A) na segunda avaliação, observamos que o comportamento verificado na primeira coleta se repetiu, com todas as classes de resíduos orgânicos apresentando taxas de colonizações inferiores ao controle. Porém, essa redução foi menos acentuada que na primeira coleta (Figura 2 A e B). Sendo os resíduos urbanos o que apresentou menor redução relativa (4,04%). A esporulação relativa de FMAs na segunda avaliação apresentou comportamento inverso da primeira (Figura 2 A e B), houve esporulações relativas menores para todas as classes de resíduos em relação ao controle, com os resíduos agroindustriais apresentando a maior redução (32,69%). Na segunda avaliação a classe de resíduo que apresentou menores reduções em relação ao controle foi a classe de resíduos urbanos (Figura 2B), 4,04% para a colonização e 9,05% para a esporulação.

Nakatani et al. (2004), também evidenciaram o efeito negativo da aplicação concentrada de resíduos orgânicos sobre a micorrização de maneira geral. A adição de resíduo orgânico ao sistema pode estar atuando negativamente sobre os fungos micorrízicos e o estabelecimento da simbiose. Segundo Focchi *et al.* (2004) dependendo da intensidade deste efeito, muitas espécies de FMAs podem ficar durante muito tempo sem esporular, ou até mesmo desaparecer do local, podendo ser uma das causas da redução da esporulação nos tratamentos com resíduos em relação ao controle, ou também pode ter sido causada pela modificação da comunidade nativa de fungos micorrízicos em relação ao tratamento controle. A adição dos resíduos pode ter selecionado espécies com baixa capacidade natural de esporulação e colonização radicular ou que produzem esporos com baixa capacidade de resistência a condições adversas, ou espécies de crescimento lento (Siqueira *et al.*, 1989). A densidade de esporos no solo reflete a capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas intrínsecas do fungo (Fernandes & Siqueira, 1989). Após 24 meses (segunda coleta) foram observadas menores taxas de colonização em relação à primeira época avaliada (Figura 1A). Isso pode ser uma evidência que, após este período, o sistema planta-fungo-resíduos agora sofre mais efeitos da aplicação dos resíduos orgânicos que, beneficiando as plantas no que se refere ao seu estado nutricional, diminuiu a efetividade da micorrização. Isto pode ter acarretado a diminuição das taxas de colonização e o estímulo à esporulação, conforme observado na Tabela 1. Devido a restrição à colonização imposta pelo hospedeiro que agora depende menos da simbiose, o fungo passou a investir mais em esporulação, pois esporos são estruturas de resistência e uma estratégia deste para permanecer no ambiente. Segundo Colozzi Filho *et al.* (2001) em condições mais adequadas ao desenvolvimento da planta, ocorre uma redução da colonização radicular, por conta da menor dependência da planta à simbiose. A adição desses resíduos ao solo também pode estar estimulando organismos antagonistas ou parasitas de FMA ou algum componente dos resíduos como metais pesados pode estar influenciando a micorrização.

No solo coletado na segunda época também foi realizada a determinação do comprimento de micélio externo total do solo (Tabela 1). A maioria dos valores encontrados foram maiores que o observado no controle. Os tratamentos que mais estimularam a produção de micélio externo no solo foram torta de cana, leucena e lodo calado, que diferiram significativamente do controle. O comportamento observado para a produção de micélio no solo foi o inverso do observado para a colonização radicular e esporulação de FMAs, na segunda avaliação. A avaliação do comprimento de micélio externo é uma medida relacionada não só às hifas produzidas pelos FMAs, mas também por todos os outros tipos de fungos filamentosos que habitam o solo, que podem ou não estar sendo influenciados pela aplicação de resíduos orgânicos. Apesar de Kabir *et al.* (1997) citarem que mais de 83% do micélio no solo seja das micorrizas, neste trabalho o aumento de micélio externo observado parece ser relativo à ação de fungos heterotróficos, estimulados pelo maior conteúdo de carbono no solo, do que proveniente de FMAs, uma vez que se observou redução na colonização e esporulação no solo. É possível que os maiores comprimentos de micélio nos tratamentos com resíduos vegetal, agroindustrial e urbano, sejam devido ao maior conteúdo de carbono destes resíduos, que seria fonte de substrato capaz de estimular fungos filamentosos e, conseqüentemente, a produção de micélio no solo.

A interpretação das relações da micorrização com as características edáficas em campo é muito difícil, pois é influenciada por características do solo, idade da planta, variação sazonal, manejo da cultura, diferentes populações de fungos e da quantidade de fungos indígenas no solo, desta forma essa interpretação depende de estudos específicos que envolvam o conhecimento das espécies nativas, sua frequência de ocorrência e principalmente suas relações com o hospedeiro, dentro do próprio ambiente natural de cultivo e manejo da cultura (Colozzi Filho, 1999).

Diante dos resultados encontrados pode-se observar que a adição dos resíduos orgânicos ao solo na cultura cafeeira diminuiu a esporulação de FMAs e a micorrização do cafeeiro. O tratamento que teve menor efeito de diminuição sobre as variáveis relacionadas com as micorrizas, foram os resíduos urbanos, em especial o lodo calado. Esse resíduo, resultante do processo de tratamento das águas residuárias urbanas, recebe durante sua obtenção grande quantidade de cal, que tem a finalidade de reduzir a quantidade de patógenos. Entretanto, a cal pode ser considerada como um corretivo agrícola, visto que tem a propriedade de elevar o pH do solo e fornecer cálcio. A calagem é uma prática que favorece o desenvolvimento dos FMAs (Moreira & Siqueira, 2002; Maluf *et al.*, 1988), sendo que nesse trabalho o uso do resíduo contendo cal resultou nos menores efeitos de redução das variáveis relacionadas à simbiose micorrízica.

A heterogeneidade da composição e origem dos diversos resíduos orgânicos aplicados e seus efeitos sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo, são de grande importância para a compreensão e elucidação do comportamento de microrganismos do solo. E diante dos resultados deste trabalho fica evidente a sensibilidade dos FMAs a mudanças, e que estes respondem rapidamente a alterações no agrossistema. Portanto, tornam-se importantes mais pesquisas sobre os efeitos e conseqüências destes resíduos para a microbiota do solo, especialmente os FMAs, para uma recomendação adequada e segura para o descarte desses resíduos no agrossistemas.

Conclusões

- A aplicação de resíduos orgânicos de várias origens em cobertura sobre a cultura cafeeira reduz a micorrização.
- O tratamento com lodo de esgoto calado tem menor efeito de redução sobre a micorrização do cafeeiro.
- A classe de resíduo orgânico que teve menor efeito de diminuição sobre as variáveis micorrízicas é a dos resíduos urbanos.

Referências bibliográficas

- Colozzi Filho, A. Dinâmica populacional de fungos micorrízicos arbusculares no agrossistema cafeeiro e adubação verde com leguminosas. 1999.106p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - ESALQ./USP.
- Colozzi Filho A.; Colozio, K. J. C.; Chaves, J. C. D., Ferreira, T. L.; Andrade, D. S. Biomassa microbiana e micorrizas em mudas de cafeeiro produzidas em substrato contendo lodo urbano e resíduos vegetais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, II, 2001, Vitória, 2001. CD ROM. Vitória:MAA/EMBRAPA, 2001, p. 2351-2357.
- FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da região sul do Estado de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.24, n.12, p.1489-1498, dez. 1989.
- Focchi, S.S. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.5, p.469-476, maio 2004
- Giovanneti, M.; Mosse, B. Na evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, New York, v.84, p. 489-500, 1980.
- Kabir, Z.; O'Halloran, I.P.; Hamel, C. The proliferation of fungal hyphae in soils supporting mycorrhizal and non-mycorrhizal plants. Mycorrhiza, v.6, n.6, p.477-480, 1997.
- Maluf, A.M.; Silveira, A.P.D.; Melo, I.S. Influência da calagem e da micorriza vesículo-arbuscular no desenvolvimento de cultivares de leucena tolerante e intolerante ao alumínio. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v.12, p.17-23, 1988.
- Moreira F.M.S.; Siqueira J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626 p.
- Nakatani, A.S. *et al.* Potencial de inóculo natural de fungos micorrízicos arbusculares em solo sob plantio direto com aplicação de chorume de suínos. In: FERTBIO 2004, 2004, Lages. CD-ROM. Lages: SBCS/UFES, 2004.
- Schubert, A. *et al.* Development of total and viable extraradical mycelium in the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* Nicol & Schenck. New Phytologist, v.107, p.183-190, 1987.
- Siqueira, J.O.; Colozzi Filho, A. Micorrizas vesículo-arbusculares de cafeeiro. I: Efeitos de *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.10, p.199-205, 1986.
- Siqueira, J.O.; Colozzi Filho, A.; Oliveira, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.24, n.12, p.1499-1506, dez. 1989.
- Souza, C.A.S. Crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro micorrizadas. Efeito da matéria orgânica e superfosfato simples. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.26, n.11/12, p.1989-2005, nov/dez 1991.

Agradecimentos: aos pesquisadores Dr. Mário Myiasawa, MSc Júlio César Dias Chaves e MSc Jonez Fidalsk, pela possibilidade de coleta de amostras no ensaio e pelas facilidades para a realização deste trabalho.