

MICORRIZAÇÃO E ATIVIDADE MICROBIANA DE UM SOLO CULTIVADO COM COENTRO E CAMOMILA

Regiane Cristina Urcoviche¹
 Aline Francielle Navarro Volpini¹
 Débora Camila Dias¹
 Allan Remor Lopes¹
 Lienine Luiz Zaghi Junior¹
 Silvia Graciele Hülse de Souza²
 Odair Alberton^{2*}

URCOVICHE, R. C.; VOLPINI, A. F. N.; DIAS, D. C.; LOPES, A. R.; ZAGHI JUNIOR, L. L.; SOUZA, S. G. H. de; ALBERTON, O. Micorrização e atividade microbiana de um solo cultivado com coentro e camomila. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, Umuarama, v. 15, n. 2, p. 121-125, jul./dez. 2012.

RESUMO: Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), entre outros micro-organismos do solo, desempenham papel fundamental no crescimento de plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade de esporos e a colonização radicular por FMAs em solos cultivados com coentro (*Coriandrum sativum* L.) e camomila (*Matricaria chamomilla* L.), bem como a atividade microbiana do solo medida por meio da respiração basal do solo (RBS) e matéria orgânica do solo (MOS). Foram coletadas quatro amostras de solo e raízes no horto medicinal da Universidade Paranaense, Umuarama-PR e de uma área adjacente de mata nativa. A densidade de esporos de FMAs no solo cultivado com camomila foi três vezes maior (44,2 esporos g⁻¹ solo) do que no solo cultivado com coentro (16,8 esporos g⁻¹ solo) e de mata (9,9 esporos g⁻¹ solo). A colonização radicular por FMAs não diferiu significativamente. O solo da mata apresentou maior atividade microbiana (2,0 mg CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹) comparado com os solos cultivados com camomila e coentro (1,56 e 1,13 mg CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹, respectivamente). O mesmo comportamento foi observado com a MOS. Conclui-se que o solo cultivado com camomila apresentou maior densidade de esporos de FMAs, comparado com os solos da mata e coentro. A maior atividade microbiana no solo da mata é possivelmente em virtude do maior fornecimento de matéria orgânica e ciclagem do carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Fungos micorrízicos arbusculares; Atividade microbiana; Plantas medicinais; Plantas condimentares.

MYCORRHIZATION AND MICROBIAL ACTIVITY FROM A SOIL CULTIVATED WITH CORIANDER AND CHAMOMILE

ABSTRACT: The arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs), among other soil microbial microorganisms, has a fundamental role in plant growth. The objective of this study is to evaluate the spore density and root colonization by AMFs and microbial activity measuring basal soil respiration (BSR) and soil organic matter (SOM) from soil and root collected from coriander (*Coriandrum sativum* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Four soil and root samples were collected in a medicinal botanical garden at the Paranaense University, Umuarama – PR, and soil samples from a nearby forest was used as control. The spore density of AMF in the soil differed significantly among treatments. In the soil under chamomile, the amount of spores found was over three-fold the amount of spores found in relation to forest and soil cultivated with coriander, but soil under coriander and forest did not differ significantly. The assessment of root colonization by AMF was not significantly different among treatments. In soil from the forest, a higher soil microbial activity (2.0 mg CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹) was found when compared to soil cultivated with chamomile and coriander (1.56 and 1.13 mg CO₂ kg⁻¹ soil h⁻¹, respectively). The same behavior was observed with SOM. It can be concluded that the soil cultivated with chamomile showed higher spore density of AMF compared to coriander and forest. A higher forest soil microbial activity is possibly due to a major input of SOM e carbon cycling.

KEYWORDS: Arbuscular mycorrhizal fungal; Soil microbial activity; Medicinal plants; herbs.

MICORRIZACIÓN Y ACTIVIDAD MICROBIANA DE SUELO CULTIVADO CON MANZANILLA Y CILANTRO

RESUMEN: Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y otros micro-organismos del suelo, desempeñan papel fundamental en el crecimiento de las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar la densidad de esporas y la colonización de las raíces por HMAs en suelos cultivados con cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.), así como la actividad microbiana del suelo medido por medio de la respiración basal del suelo (RBS) y materia orgánica del suelo

¹Mestrando (a) em biotecnologia aplicado à agricultura, Universidade Paranaense – UNIPAR, Praça Mascarenhas de Moraes 4282, Cx Postal 224, 87502-210, Umuarama, Paraná. E-mail: regiurco@hotmail.com; aline_volpini@hoymail.com; deboracamiladiaz@hotmail.com; allanremorlopes@gmail.com; jr-zagh@hotmail.com;

²Docente do curso de Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, Universidade Paranaense – UNIPAR, Praça Mascarenhas de Moraes 4282, Cx Postal 224, 87502-210, Umuarama, Paraná. E-mail: silviahulse@unipar.br *Autor para correspondência: odair@unipar.br.

(MOS). Se colectó cuatro muestras de suelo y raíces en el jardín de plantas medicinales de la Universidad Paranaense, Umuarama - PR, y de una zona adyacente de mata nativa. La densidad de esporas de HMAs en el suelo cultivado con manzanilla fue tres veces mayor (44,2 esporas g⁻¹ de suelo) que en el suelo cultivado con cilantro (16,8 esporas g⁻¹ de suelo) y de mata (9,9 esporas g⁻¹ suelo). La colonización radicular por HMAs no difirió significativamente. El suelo de la mata presentó mayor actividad microbiana (2,0 mg CO₂ kg⁻¹ suelo h⁻¹) en comparación con los suelos cultivados con manzanilla y cilantro (1,56 y 1,13 mg CO₂ kg⁻¹ suelo h⁻¹, respectivamente). El mismo comportamiento se observó con el MOS. Se concluye que el suelo cultivado con manzanilla presenta mayor densidad de esporas de AMFs, en comparación con los suelos de mata y cilantro. La mayor actividad microbiana en el suelo de mata es posiblemente en virtud de mayor oferta de materia orgánica y el ciclo del carbono.

PALABRAS CLAVE: Hongos micorrízicos arbusculares; Actividad microbiana; Plantas medicinales; Plantas culinarias.

Introdução

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) formam uma associação simbiótica mutualística com as raízes da maioria das espécies de plantas superiores. Nessa simbiose, o fungo obtém carboidratos, e outros fatores essenciais ao seu desenvolvimento e esporulação, e em contrapartida, entrega para a planta hospedeira, água, e nutrientes inorgânicos. Dessa forma, a simbiose resulta em outros benefícios, tais como o aumento no volume, e longevidade de raízes, a resistência à patógenos, e metais pesados, e a maior tolerância ao estresse hídrico (SMITH; READ, 2008).

Outros micro-organismos do solo também desempenham importantes funções benéficas para o crescimento das plantas através da decomposição da matéria orgânica e mineralização de nutrientes, formação de húmus, amonificação, nitrificação e fixação biológica de nitrogênio (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010). Essas atividades estão relacionadas diretamente com a respiração basal do solo (RBS), que expressa a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido (CATTELAN; VIDOR, 1990), e pode ser medida pela taxa de liberação do CO₂ ou pelo consumo de oxigênio (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010).

O cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas é de importância fundamental para a humanidade, pois, além de serem utilizadas pela medicina como fitoterápicos, em substituição aos medicamentos sintéticos, apresentam teores elevados de óleos essenciais utilizados nas indústrias de cosméticos e perfumarias. Além disso, muitas dessas plantas servem de condimentos para o preparo de diferentes tipos de alimentos nos mais diversos países, inclusive no Brasil (RUSSOMANNO; KRUPPA; MINHONI, 2008).

O cultivo de plantas medicinais e condimentares requer práticas agrônômicas que dispensem a aplicação de produtos químicos, potencialmente tóxicos, pois essas plantas podem ser consumidas diretamente na alimentação ou processadas para compor medicamentos. Nesse aspecto, FMAs e o estímulo da atividade de outros micro-organismos do solo podem contribuir para o crescimento e sustentabilidade da produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade de esporos e a colonização radicular por FMAs de plantas de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e camomila (*Matricaria chamomilla* L.), bem como a atividade microbiana do solo, medida através da respiração basal do solo (RBS) e matéria orgânica do solo (MOS) em amostras provenientes do Horto de Plantas Medicinais da Universidade Paranaense, Campus II, Umuarama – PR, e de uma mata nativa adjacente do mesmo local.

Material e métodos

Local e amostragem do solo e plantas

As plantas selecionadas foram o coentro e camomila, e solo de uma mata ciliar adjacente. As plantas receberam compostagem como fertilizante orgânico e eram irrigadas diariamente por aspersão.

As amostras de solo e plantas foram coletadas no horto medicinal da Universidade Paranaense – UNIPAR, Campus II – Unidade de Umuarama – PR em agosto de 2011.

A amostragem de solo foi realizada na camada de 0-10 cm cerca de 10 cm distante das plantas. Em cada canteiro de coentro e camomila, foram coletadas quatro amostras com aproximadamente 200 g de solo e uma amostra composta de solo (para análise química), acondicionados em sacos plásticos e armazenados em refrigerador (4 °C) até o momento das análises laboratoriais.

O solo é de formação arenito Caiuá, pertencente à classe LVd19 – Latossolo vermelho distrófico, cuja análise granulométrica foi feita pelo laboratório Solo Fértil, estabelecido na cidade de Umuarama – PR, pelo método do densímetro, seguindo os padrões preconizados pela comissão estadual de laboratórios de análises agrônômicas (CELA/PR). A análise química do solo também foi feita pelo laboratório Solo Fértil. As características determinadas foram: pH em CaCl₂, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, extraídos em KCl 1N e P e K⁺ extraídos em Mehlich-1. Todas as análises realizadas seguiram os padrões preconizados pela CELA/PR, obtendo assim uma maior confiabilidade nos resultados.

As raízes foram coletadas em quatro amostras de raízes de cada sistema amostrado para determinar a colonização radicular por FMAs. As raízes foram lavadas em água corrente, acondicionadas em frascos de vidro com solução conservante que continha álcool etílico, ácido acético e formaldeído segundo Souza (2000).

A determinação do pH do solo em CaCl₂ foi realizada conforme Nogueira e Souza (2005).

Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares

Os esporos dos FMAs foram extraídos de 10 g de amostra de solo por peneiramento úmido em malha de 0,710 mm, seguido de centrifugação em água (3000 rpm por 3 minutos) e em sacarose 50% (2000 rpm por 2 minutos) e recuperação do sobrenadante na malha de 0,053 mm (GEDERMANN; NICOLSON, 1963). Os esporos foram transferidos para placas de Petri e contados sob microscópio estereoscópio (40X).

Avaliação da colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares

A colonização radicular por FMAs foi determinada em fragmentos com aproximadamente 2 cm de comprimento de raízes finas, lavadas em água corrente, clareadas em KOH 10% (90 °C, 1 hora), acidificadas com HCl 5% (90 °C, 30 min.), coradas com azul de tripano 0,05% sob banho maria (90 °C, 30 min.), e, finalmente, preservadas em lactoglicerol (PHILLIPS; HAYMAN, 1970). A porcentagem de segmentos radiculares colonizados foi estimada sob microscópio óptico (100X) em 100 segmentos dispostos em lâminas (GIOVANETTI; MOSSE, 1980). A colonização radicular total por FMAs foi transformada pela equação: $Col._t = \left(ArcSen\sqrt{Col.(%) / 100} \right) \cdot (180 / \pi)$ para normalização dos dados.

Respiração basal do solo e matéria orgânica do solo

A RBS foi determinada de 30 g de solo, que foram acondicionadas juntamente com um frasco de 30 mL com 10 mL de NaOH 1 M dentro de frascos de vidro tipo conserva de 500 mL. Os frascos foram fechados hermeticamente e armazenados no escuro em temperatura ambiente. Após oito dias de incubação, os frascos com NaOH foram acrescidos de 2 mL de BaCl₂ a 10% e três gotas de fenolftaleína (solução alcoólica a 3%) para titulação com HCl 0,5N conforme Silva; Azevedo e De-Polli (2007).

A determinação do Carbono orgânico do solo foi realizada através do método de incineração em estufa e posteriormente estimada a MOS conforme Silva; Torrado e Abreu-Junior (1999).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância

Tabela 1: Análise química e granulométrica do solo experimental para pH em CaCl₂ (pH), fósforo (P), carbono (C), alumínio (Al³⁺), acidez potencial (H⁺+Al³⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V).

pH	P	C	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³				Cmolc dm ⁻³				%		%	
4,80	19,08	7,02	0,00	3,97	0,88	0,38	0,18	4,77	4,47	36,39	36,4	33,6	30,0

O pH do solo é um pouco ácido (4,8) de acordo com análise química (Tabela 1).

A densidade de esporos de FMAs no solo cultivado com camomila (44,2 g⁻¹ de solo) em relação ao coentro (16,8 esporos g⁻¹ de solo) e a mata (9,9 g⁻¹ de solo) foi significativamente maior ($p \leq 0,001$) (Tabela 2). Esse resultado provavelmente se deve a coleta do solo no final do ciclo de cultivo da camomila em comparação com o coentro, quando os FMAs estão esporulando mais, já que a planta hospedeira entrará em senescência (JASPER; ABBOT; ROBSON, 1993).

Zangaro et al. (2012), estudando pastagem, floresta secundária, e floresta densa em três ecossistemas brasileiros (Mata Atlântica, Araucária e Pantanal), e Zangaro et al. (2008) em outro estudo com áreas de pastagem, floresta secundária e floresta densa em Londrina-PR, ratificaram um

(ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Duncan ($p \leq 0,05$) no programa SPSS v.16.0 para Windows.

Resultados e discussão

O cultivo de plantas medicinais e condimentares requer práticas agrônômicas que dispensem a aplicação de produtos químicos potencialmente tóxicos, pois essas plantas podem ser consumidas diretamente na alimentação ou processadas para compor fitoterápicos (CARRENHO et al., 2007).

Os parâmetros biológicos do solo, como RBS, são sensíveis às alterações do subsolo, induzidas pela presença, tipo e diversidade da vegetação (GILLER, et al., 1997; GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 1997; ZANGARO, et al., 2012). Segundo Berry (1994), as populações de micro-organismos variam naturalmente de acordo com as características pedogênicas e variações climáticas locais.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) formam uma associação simbiótica mutualística com as raízes da maioria das espécies de plantas superiores. Desse modo, os FMAs e os micro-organismos do solo podem contribuir para o crescimento e sustentabilidade da produção das plantas (SMITH; READ, 2008).

Não foi encontrado na literatura valores de referência na região de Umuarama-PR para densidade de esporos e colonização radicular por FMAs em coentro, camomila e mata, por esse motivo, a importância deste estudo é justificada.

Os resultados das análises química e granulométrica do solo dos canteiros com coentro e camomila se encontram na Tabela 1.

decréscimo na colonização radicular e na densidade de esporos de FMAs, indicando que, quanto mais avançado o estágio de recuperação dos ecossistemas, menor é a dependência micorrízica. Esse comportamento foi observado neste estudo, no qual foi verificado um decréscimo na densidade de esporos de FMAs na mata ciliar. Esses autores encontraram em média 11 e 47 esporos g⁻¹ de solo de FMAs na mata densa e pastagem respectivamente.

Tabela 2: Valores médios (\pm erro padrão, $n = 4$) do pH do solo em CaCl_2 , densidade de esporos de FMAs (g^{-1} de solo seco), colonização radicular (%) por FMAs, respiração basal do solo (RBS) ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg solo}^{-1} \text{ hora}^{-1}$) e teor de matéria orgânica do solo (MOS) (g kg^{-1}) cultivado com camomila, coentro e de uma mata ciliar adjacente.

Tratamentos	pH	Esporos	Colonização	RBS	MOS
Camomila	4,57 \pm 0,17b	44,16 \pm 5,5a	21,51 \pm 2,15	1,56 \pm 0,17ab	5,85 \pm 0,77b
Coentro	5,09 \pm 0,12b	16,75 \pm 1,88b	27,67 \pm 4,32	1,13 \pm 0,24b	6,49 \pm 0,69ab
Mata ciliar	6,05 \pm 0,27a	9,92 \pm 2,23b	25,90 \pm 3,82	2,00 \pm 0,33a	9,67 \pm 1,55a
Significância	0,001	0,000	0,400	0,011	0,007

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

A colonização radicular ficou entre 21,5 a 27,7% entre os tratamentos, não apresentando diferença significativa entre as espécies de plantas estudadas (Tabela 2). Resultados semelhantes da percentagem de colonização radicular por FMAs (30%) foram encontrados nas raízes de coentro inoculado com os FMAs *Glomus mosseae* e *G. fasciculatum* em solo arenoso no estudo conduzido por Ali et al. (2009).

Em estudos realizados por Sani e Farahani (2010), e Farahani, Lebaschi e Hamidi (2008) inoculando coentro com o FMA *Glomus hoi*, foi verificado um aumento significativo na produção de óleo essencial, massa seca das folhas e raízes, no conteúdo de P e produção de sementes, quando comparado com as plantas não micorrizadas, demonstrando a importância da inoculação do coentro com FMA.

No estudo realizado por Kapoor, Giri e Mukerji (2002), encontrou-se um aumento significativo na concentração e na qualidade de óleo essencial de coentro, quando essa planta foi inoculada com *Glomus mosseae* e *G. fasciculatum*, sendo mais um aspecto positivo para inocular coentro com FMAs.

Resultados positivos e significativos da inoculação de FMAs em camomila foram observados por Farkoosh et al., (2011) nos parâmetros como produção de biomassa e óleo essencial.

O cultivo de coentro diminuiu a RBS em 56,5%, se comparado com o solo da mata ciliar ($p = 0,011$) (Tabela 2), esse resultado é devido ao maior teor de MOS na mata ciliar adjacente estudada, corroborando outros estudos (MELLONI, et al., 2001; SILVA, et al., 2010; CUNHA, et al., 2012). Esse aumento na atividade microbiana no solo sob mata, possivelmente, é em virtude do maior fornecimento de matéria orgânica para o solo, e ciclagem de carbono, e nutriente na mata em relação a coentro e camomila (MELLONI, et al., 2001). A RBS foi estatisticamente igual entre os tratamentos, indicando que as ciclagens do carbono do solo manejado com camomila e coentro estão em equilíbrio.

A menor densidade de esporos e a maior taxa de RBS mostram que a ciclagem de nutrientes em solos de mata é determinada pela atividade de toda a biomassa microbiana, enquanto que, nos solos cultivados, é determinada mais especificamente pela atividade micorrízica (ZANGARO, et

al., 2012).

Conclusões

Conclui-se que o solo cultivado com camomila apresentou maior densidade de esporos de FMAs, comparado com os solos da mata e coentro, porém, quanto a percentagem de colonização radicular por FMAs, não houve diferenças entre as espécies de plantas estudadas, indicando que ambas as plantas são dependentes e precisam dos FMAs.

A maior atividade microbiana no solo da mata é possivelmente em virtude do maior fornecimento de matéria orgânica e ciclagem do carbono no solo que ocorre na mata.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Paranaense – UNIPAR pelo apoio à pesquisa. Os mestrandos Regiane Cristina Urcoviche, Débora Dias e Lienine Luiz Zaghi Junior agradecem a concessão da bolsa PROSUP/CAPES, e os mestrandos Aline Franciele Navarro Volpini e Allan Lopes agradecem pelas bolsas PIT/UNIPAR.

Referências

- ALI, E. S. et al. Optimisation of nitrogen fertilizer level for maximum colonization of mycorrhizae on roots of coriander plants. **African Crop Science Conference Proceedings**, Uganda, v. 9. p. 117-122, 2009.
- BERRY, E. C. Earthworms and other fauna in the soil. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil biology: effects on soil quality**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 61-83.
- CARENHO, R. et al. Micorrizas arbuscular em plantas medicinais cultivadas na Universidade Estadual de Maringá. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 561-563, 2007.
- CAUTTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 133-142, 1990.
- CUNHA, E. Q. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 56-63, 2012.
- FARAHANI, H. A.; LEBASCHI, M. H.; HAMIDI, A. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus and water stress on quantity and quality characteristics of coriander. **Advances in Natural and Applied Sciences**, v. 2, p. 55-59, 2008.
- FARKOOSH, S. S. et al. Effect of mycorrhizal symbiosis and *Bacillus coagulans* on qualitative and quantitative traits of *Matricaria chamomilla* under different levels of phosphorus. **Middle-East Journal of Scientific Research**,

v. 8, p. 1-9, 2011.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 361-365, 1997.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-246, 1963.

GILLER, K. E. et al. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 3-16, 1997.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring VA mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.

JASPER, D. A.; ABBOT, L. K.; ROBSON, A. D. The survival of infective hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in dry soil: an interaction with sporulation. **New Phytologist**, v. 124, p. 473-479, 1993.

KAPOOR, R.; GIRI, B.; MUKERJI, G. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 339-342, 2002.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil & Biology Biochemistry**, v. 42, p. 1-13, 2010.

MELLONI, R. et al. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no Sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, p. 7-13, 2001.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: EMBRAPA, 2005. 334 p.

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 British Mycological Society**, v. 55, p. 157-160, 1970.

RUSSOMANNO, O. M. R.; KRUPPA, P. C.; MINHONI, M. T. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de plantas de alecrim e manjerição. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, p. 37-43, 2008.

SANI, B.; FARAHANI, H. A. Effects of P₂O₅ on coriander induced by AMF under water deficit stress. **Journal of Ecology and the Natural Environmental**, v. 2, p. 52-58, 2010.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JÚNIOR, J. S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, v. 5, p. 21-26, 1999.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa, 2007. Comunicado Técnico 99, 4 p.

SILVA, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiológica Campos das Vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. New York: Academic Press, 2008. 787 p.

SOUZA, F. A. **Banco ativo de Glomales da Embrapa Agrobiologia**: catalogação e introdução de novos isolados desde 1985. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. Documentos 123, 40 p.

ZANGARO, W. et al. Changes in arbuscular mycorrhizal associations and fine root traits in sites under different plant successional phases in southern Brazil. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 19, p. 37-45, 2008.

ZANGARO, W. et al. Investment in fine roots and arbuscular mycorrhizal fungi decrease during succession in three Brazilian ecosystems. **Biotropica**, Lawrence, v. 44, p. 141-150, 2012.