

Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros

Vanessa Cristina de Almeida Theodoro^{1*}, Maria Inês Nogueira Alvarenga², Rubens José Guimarães³ e Moisés Mourão Júnior⁴

¹CBP&D/Café, Universidade Federal de Lavras, C. P. 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. ²Epamig/CTSM, Universidade Federal de Lavras, C. P. 176, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. ³Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, C. P. 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. ⁴DEX, Universidade Federal de Lavras, C. P. 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: organica@navinet.com.br

RESUMO. As propriedades microbiológicas de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob cafeeiros em sistemas de produção orgânica (O), em conversão (E) e convencional (CV) foram estudadas em relação a um fragmento de mata nativa (MN), em duas fazendas contíguas localizadas em Santo Antônio do Amparo/MG/Brasil. As lavouras apresentam a mesma cultivar (Acaia IAC-474-19) e idade (5 anos). A amostragem microbiológica do solo foi feita nos períodos seco (julho/99) e chuvoso (dezembro/99). O carbono da biomassa microbiana apresentou maiores valores na época chuvosa em todos os sistemas. Não foram registradas diferenças para a colonização micorrízica e, em relação às espécies de fungos micorrízicos arbusculares identificados, a frequência de ocorrência foi maior para os gêneros *Acaulospora*, *Glomus* e *Gigaspora*, em todos os tratamentos.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, agricultura orgânica, micorriza, biomassa microbiana.

ABSTRACT. Microbial biomass carbon and mycorrhiza in soil under native wood and coffee agroecosystems. The microbiological properties of dystrophic red Latosol (LVd) under coffee trees in systems of organic (O), in conversion (E) and conventional (CV) production, were studied related to a patch of native wood (MN) on two neighboring farms situated in the town of *Santo Antonio do Amparo*, state of *Minas Gerais*, Brazil. The farming presents the same cultivar (Acaia IAC-474-19) and age (five years). The microbiological sampling of the soil was accomplished in dry (July/1999) and rainy (December/1999) periods. Biomass Carbon presented greater values in rainy season in all systems. No differences were recorded for the mycorrhizal colonization. In relation to the identified species of arbuscular mycorrhizal fungi, the frequency of occurrence was greater for the genera *Acaulospora*, *Glomus* and *Gigaspora*, in all treatments.

Key words: *Coffea arabica*, organic agriculture, mycorrhiza, microbial biomass.

Introdução

O solo é um sistema dinâmico onde fatores de natureza física, química e biológica interagem continuamente. As transformações microbianas assim como as diferentes reações químicas do solo podem ser alteradas de acordo com os tipos de manejos adotados. A biomassa microbiana constitui um meio de transformação para todos os materiais orgânicos do solo e atua como reservatório de nutrientes vegetais. O reconhecimento da importância dos microorganismos do solo tem levado a um aumento no interesse em se medir os nutrientes contidos em suas biomassas, cuja estimativa fornece dados úteis sobre mudanças nas propriedades biológicas do solo decorrentes do seu uso.

Em contrapartida a simbiose micorrízica torna-se também muito importante para o cafeeiro, pois este apresenta elevada dependência aos fungos micorrízicos arbusculares na fase de mudas em viveiros. Existem indícios de que através do manejo adotado em lavouras já instaladas é possível aumentar a diversidade de espécies e o potencial de inóculo natural do solo, diminuindo os efeitos negativos do monocultivo contínuo sobre a diversidade de espécies.

A preocupação com os efeitos de monocultivos, notadamente do cafeeiro, sobre os ecossistemas é uma constante, como tem sido observado em vários debates e estudos. Cunha (1995) concluiu que o manejo convencional da cultura do café em Viçosa, Estado de Minas Gerais, nas suas condições de

estudo, tem trazido conseqüências como: compactação do solo, perda de nutrientes via erosão, o que, na maioria das vezes, traz reflexo negativo na produção.

O sistema de produção de café orgânico vem surgindo como uma alternativa tecnológica e economicamente rentável, que visa eliminar os impactos ambientais provocados pelo uso irracional dos recursos naturais e pela adoção de tecnologias que agridem o meio ambiente. A produção de café legitimamente orgânico é um sistema alternativo que se fundamenta em três princípios básicos da agricultura orgânica: a não utilização de agrotóxicos, a busca do equilíbrio solo/planta através do manejo racional do solo e a valorização social do trabalhador rural. O conceito de "orgânico" baseia-se no manejo de sistemas agropecuários de modo similar à vida de um organismo, respeitando o potencial produtivo da propriedade agrícola. Nesses sistemas ou "organismos agrícolas", a produção vegetal e animal, a exploração dos recursos naturais e principalmente o homem evoluem de forma totalmente integrada (Theodoro, 2001).

Embora o preço obtido na comercialização seja maior, o sistema de produção de café orgânico emprega maiores quantidades de mão-de-obra e insumos orgânicos. Esses insumos possuem diferentes composições, como biofertilizantes, que funcionam como fertiprotetores, as caldas bordalesa, viçosa e sulfô-cálcica como fitoprotetores, compostos orgânicos, rochas moídas e/ou parcialmente solubilizadas, cinzas, tortas e farinhas, sendo utilizados de formas diversas pelos produtores, interferindo nas propriedades do solo (Theodoro *et al.*, 2001).

Nesse intuito, os objetivos do presente trabalho foram primeiramente caracterizar os sistemas de produção do café estudados (orgânico, em conversão e convencional) e avaliar as alterações provocadas por estes sistemas após cinco anos de manejo, sobre parâmetros microbiológicos do solo como o carbono e biomassa, colonização micorrízica e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares, utilizando como referencial o ecossistema natural (fragmento de mata nativa de 1,0 ha).

Material e métodos

Sistemas estudados

As áreas de estudo estão situadas no município de Santo Antônio do Amparo, localizada na região do Campo das Vertentes, Estado de Minas Gerais. A seguir, é apresentada uma descrição das áreas estudadas.

(a) Mata Nativa - (MN): Segundo Golfari (1975), estudos apontam que a vegetação dominante desta região é composta por florestas perenifólias ou subperenifólias com ocorrência de cerrado, sendo a vegetação primitiva formada por uma floresta subperenifólia, com ilhas interpostas de campos e cerrados. As matas remanescentes que cobrem aproximadamente 5% da área são constituídas, na sua grande maioria, por formações secundárias. O ecossistema da mata nativa foi o referencial utilizado para a avaliação das alterações das características microbiológicas do solo, advindas da implantação de diferentes sistemas de produção do cafeeiro.

(b) Café Orgânico - (O): O sistema de produção de café orgânico, localizado na Fazenda Cachoeira/MG, caracteriza-se desde a sua implantação (fev. 1995) pela adoção do manejo da lavoura de acordo com as normas de agricultura orgânica. A propriedade apresenta área total de 772,2 ha dos quais 70,25 ha são plantados com café (334.000 pés totais). A área plantada com café orgânico começou com dez mil plantas (2,0 ha) no ano de 1995, área na qual foi escolhido o talhão experimental da lavoura orgânica, variedade Acaiá (IAC 474-19), espaçamento (2,0 x 1,0 m) e idade de cinco anos.

(c) Café em Conversão - (E): A área do sistema em conversão de 9,1 ha com 45.000 plantas, localiza-se logo abaixo da lavoura orgânica na Fazenda Cachoeira/MG, apresentando a mesma variedade, espaçamento e idade desta. O processo de conversão caracteriza o período de transição da agricultura convencional para a agricultura orgânica, portanto, esta lavoura recebeu manejo convencional desde a sua implantação, em fevereiro/95 até julho/98. A partir de set./98, o manejo da lavoura foi realizado de acordo com as normas de agricultura orgânica.

(d) Café Convencional - (CV): O sistema de produção de café convencional localiza-se na Fazenda Taquaril/MG, inserida no mesmo ecossistema das lavouras orgânicas, em conversão e do fragmento de mata nativa. A lavoura convencional também apresenta as mesmas variedades e idade das lavouras orgânica e em conversão, exceto o espaçamento (2,0 x 0,8 m). A propriedade possui área total de 190,0 ha dos quais 35,0 ha são plantados com café (160 mil pés).

Métodos de amostragem e de análises laboratoriais

As amostras de solo utilizadas para as análises do carbono da biomassa microbiana, colonização micorrízica e ocorrência de esporos no solo foram coletadas com pá reta na projeção da copa do cafeeiro (local de adubação) na área útil de cada

unidade experimental, perfazendo um total de cinco amostras/dezesseis plantas e um volume de 8 dm³ (20 x 20 x 20 cm). No fragmento de mata nativa, foram estabelecidos quatro pontos de amostragem de acordo com a topografia do terreno, acompanhando a localização das lavouras cafeeiras. Em cada época de amostragem foram realizadas quatro repetições para cada um dos sistemas. As amostras de solo coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos (10,0 kg) e colocadas em caixas de isopor com gelo, até chegarem ao Departamento de Agricultura, onde foram conservadas à temperatura de cerca de 5°C até serem processadas. As amostras foram mantidas em geladeira comercial.

Os esporos do solo foram extraídos pelo método do peneiramento via úmida (Gerdemann e Nicolson, 1963). Para a caracterização e identificação das espécies, os esporos foram transferidos para lâminas microscópicas montadas em lactofenol, e cada lâmina foi observada em microscópio composto com aumento entre 400 e 1000 vezes. A classificação taxonômica foi realizada segundo as descrições originais (Schenck e Perez, 1987).

O carbono da biomassa microbiana foi estimada pelo método da fumigação-extração proposto por Vance *et al.* (1987), apresentando como princípio básico a extração do C microbiano após a morte dos microorganismos e lise celular pelo ataque do clorofórmio e liberação dos constituintes celulares (Joergensen, 1995).

A colonização micorrízica foi determinada através de destorroamento manual e peneiragem das amostras. As raízes finas foram lavadas em água corrente e preservadas em frascos com F.A.A. (formalina 6%, ácido acético 27% e álcool 4,6%) para avaliação da colonização micorrízica em amostras de 1g de raízes pelo método da placa quadriculada (Giovannetti e Mossi, 1980), empregando-se raízes clarificadas com KOH 10% e coradas com azul de trífano (Philips e Hayman, 1970; Kormanik e McGraw, 1982).

Análises estatísticas

Foram estudados quatro tratamentos: três sistemas de produção do cafeeiro (convencional “CV”, orgânico “O”, em conversão “E”) e um fragmento de 1,0 ha de mata nativa “MN”. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro sistemas, duas épocas (seca em julho/99 e chuva em dezembro/99), com quatro repetições, correspondendo a trinta e duas amostras. A transformação dos resultados de contagem de esporos foi eficiente quando utilizado $\sqrt{x + 0,5}$ para posterior processamento da análise

estatística. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Cochran e ao teste de Lilliefors para avaliação da homogeneidade de variâncias; sendo, posteriormente, submetidos à análise de variância e teste de médias (Duncan, a 5% de probabilidade).

Resultados e discussão

Carbono da biomassa microbiana e percentagem de colonização micorrízica

Não foram verificadas diferenças significativas entre a mata nativa e os diferentes sistemas de produção do cafeeiro avaliados neste trabalho nos valores obtidos para carbono da biomassa microbiana[BC] e colonização micorrízica [CM], bem como para a interação estudada entre sistemas e épocas. Estes resultados podem ser atribuídos à ocorrência de um longo período de estiagem no ano de 1999, na região de Santo Antônio do Amparo (Figura 1), que influenciou os resultados obtidos.

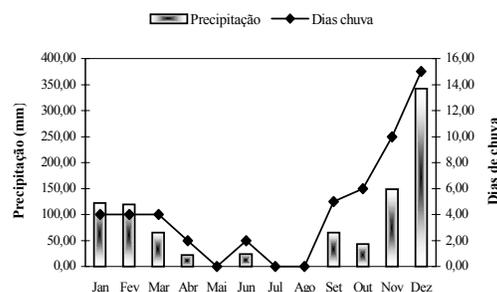


Figura 1. Precipitação (mm) e número de dias de chuva de Janeiro a dezembro de 1999 na Fazenda Cachoeira (Santo Antônio do Amparo, Estado de Minas Gerais)

Apesar da ocorrência da intempérie climática citada, foi detectada na análise de variância significância nos resultados de épocas de amostragens (Tabela 1). A média do[BC] em todos os tratamentos na época chuvosa (540,62 µgC g⁻¹ solo) foi superior a média da época seca (245,28 µgC g⁻¹ solo) (Tabela 2 e Figura 2A).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para biomassa de carbono [BC] e colonização micorrízica [CM]

Variáveis	FV	GL	QM	F	p	CV
[BC]	Sistemas de produção	3	7.142,8493	0,728	ns	
	Épocas de amostragem	1	69.7826,3987	71,082	**	
	Sistemas*Épocas	3	21.209,0432	2,160	ns	25,21
	Resíduo	24	9.817,2693			
	Total	31	32.854,72715			
[CM]	Sistemas de produção	3	250,099375	1,81	ns	
	Épocas de amostragem	1	136,305625	0,99	ns	
	Sistemas*Épocas	3	180,474375	1,31	ns	29,56
	Resíduo	24	137,821741			
	Total	31	145,175308			

Onde: ns – não significativo (p≥0,05); ** significativo (p<0,01). Sistemas: mata nativa, café orgânico, café em conversão e café convencional

Tabela 2. Valores do carbono da biomassa microbiana [BC] e colonização micorrízica [CM] em função de sistemas de uso do solo e épocas de amostragem

Sistemas	[BC] ($\mu\text{g C g}^{-1}\text{Solo}$)			[CM] (%)		
	Chuva	Seca	Média	Chuva	Seca	Média
(MN)	585,02	207,79	396,40 A	12,88	19,64	16,26 A
(O)	548,29	319,55	433,92 A	27,63	22,23	24,93 A
(E)	564,35	175,26	369,81 A	17,00	17,57	17,28 A
(CV)	464,85	278,51	371,68 A	16,13	25,89	21,01 A
Média	540,62 a	245,28 b	-	21,33 a	18,41 a	-

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a $P < 0,05$. Onde: CV = sistema convencional; E = sistema em conversão; O = sistema orgânico; MN = mata nativa

Aquino *et al.* (1998), realizaram estudos preliminares sobre a biomassa microbiana do solo durante o período de transição de café sob manejo convencional para orgânico. A estimativa da biomassa microbiana a partir de amostras de solo obtidas de 0-5 cm de profundidade e coletadas em quatro épocas diferentes (maio/97, agosto/97, novembro/97 e março/98) variou de 38-168 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo no manejo orgânico e 51-122 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo no manejo convencional. Estes resultados apresentam-se bem abaixo do intervalo encontrado neste trabalho, provavelmente devido à diferença da profundidade de amostragem, clima, solo e relevo.

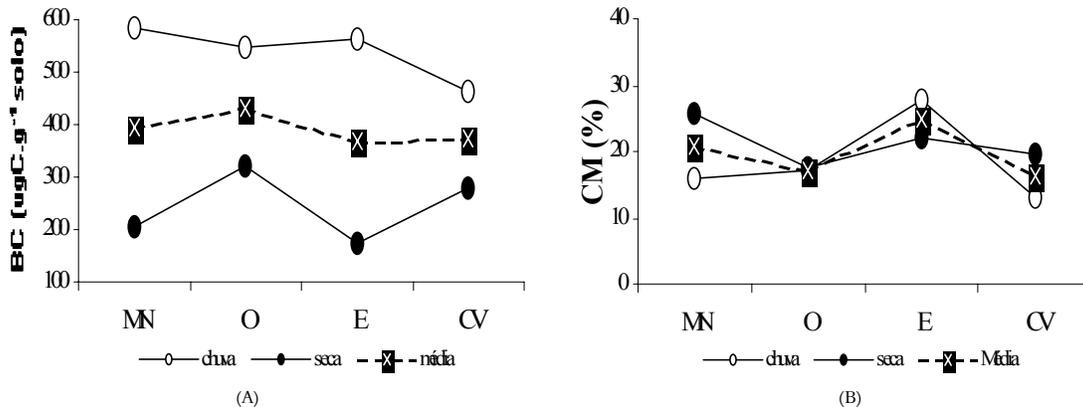


Figura 2. Valores do carbono da biomassa microbiana [BC] (A) e colonização micorrízica [CM] (B) em duas épocas (seca e chuva) de um LVD, sob mata nativa (MN) e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional (CV), em conversão (E) e orgânico (O)

Tabela 3. Espécies de fungos Glomales identificadas em cada sistema em função dos períodos de pluviosidade

Espécies	Períodos de pluviosidade														
	Chuvadas				Total	Seca				Total	Ambos				Total
	(CV)	(E)	(MN)	(O)		(CV)	(E)	(MN)	(O)		(CV)	(E)	(MN)	(O)	
<i>Acaulospora longula</i>	---	---	---	---	---	2	---	---	2	---	2	---	---	2	
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	---	---	---	---	---	---	1	37	38	---	---	1	37	38	
<i>Acaulospora sp.</i>	---	---	---	5	5	---	4	---	4	---	---	4	5	9	
<i>Acaulospora spendicula</i>	5	---	---	---	5	---	---	---	---	5	---	---	---	5	
<i>Gigaspora sp</i>	18	---	10	---	28	18	3	1	22	36	3	11	---	50	
<i>Glomus etunicatum</i>	---	3	---	---	3	---	---	---	---	---	3	---	---	3	
<i>Glomus occultum</i>	5	3	18	3	29	---	---	15	15	5	3	18	18	44	
<i>Glomus sp.</i>	4	7	14	10	35	22	4	6	32	26	11	20	10	67	
[N]	32	13	42	18	105	40	9	12	52	113	72	22	54	218	
[S]	4	3	3	3	6	2	3	4	2	6	4	5	5	8	

Onde: (CV)- sistema convencional; (E)- sistema em conversão; (MN)- mata nativa; (O)- sistema orgânico. [N]- número de indivíduos; [S]- número de espécies

Estudos sobre o efeito da localização de resíduos orgânicos nos valores do [BC] revelam que a sua aplicação superficial no solo aumenta o [BC] dos 10cm iniciais do perfil, enquanto a sua incorporação na camada arada aumenta o [BC] nos 10 a 20 cm posteriores (Carvalho, 1997). Este efeito é facilmente notado quando se comparam solos sob plantio direto e convencional, em que o [BC] da camada superficial do solo atinge seus maiores valores no plantio direto (0-5 cm); para as profundidades subsequentes, os maiores valores são encontrados na camada arada (5-20cm) do plantio convencional (Carter, 1986; Franzluebbers *et al.*, 1994; Karlen *et al.*, 1994; Alvares *et al.*, 1995).

De acordo com Carvalho (1997), os benefícios da aplicação de matéria orgânica localizam-se na superfície do solo e poderão ser melhor verificados em amostragens estratificadas do perfil (0-5, 5-10 e 10-20 cm). Na amostragem realizada neste trabalho (0-20 cm), provavelmente ocorreu o efeito diluição dos altos teores da superfície com os baixos teores adjacentes. Silva Filho (1984) verificou este efeito de diluição no [BC], quando amostrou a camada de 0-20 cm sob diversos tipos de manejo do solo.

Em relação ao tempo de implantação das lavouras cafeeiras amostradas neste trabalho (cinco anos), provavelmente não foi suficiente para detectar diferenças no [BC], geradas pelos manejos adotados nos diferentes sistemas de produção. Staley *et al.* (1988) relacionaram o tempo de implantação do sistema de plantio direto com as mudanças nas propriedades químicas e biológicas do solo, e, verificaram, que somente após sete anos de manejo é que foram detectadas diferenças marcantes. Para lavouras perenes sob manejo convencional e orgânico, este período mínimo talvez seja ainda maior, pois, o adubo orgânico é menos lábil que o inorgânico, que já está prontamente disponível, como, por exemplo, a uréia, que é rapidamente incorporada à biomassa microbiana, quando comparada aos esterco e restos vegetais.

A [CM] foi observada em todas as amostras avaliadas e a taxa de colonização variou entre 12,88% e 27,63%, o que pode ser visualizado na Tabela 2 e Figura 2B. Não foi detectada influência da época de amostragem para os resultados da [CM], sendo o valor médio encontrado no período chuvoso de 21,33%, e no período seco 18,41%.

A colonização micorrízica em lavouras cafeeiras adultas registra valores bastante variados devido às diferentes condições de obtenção dos dados, atingindo valores de 4% (Lopes *et al.*, 1983) até 80% (Oliveira *et al.*, 1990). A existência de um grande número de interações complexas, gera grande

dificuldade de correlação entre fatores edáficos com colonização radicular em trabalhos realizados em condições de campo. Entretanto, algumas práticas agrícolas como a adubação fosfatada do cafeeiro, dependendo da quantidade de P utilizada, frequência de aplicação e nível original de P no solo, podem reduzir a colonização no campo ou não apresentar nenhum efeito. A prática da calagem é citada por Siqueira e Colozzi Filho (1986) como benéfica à colonização por eliminar fatores fungistáticos que atuam sobre a germinação de esporos no solo, além de atuar sobre a composição das populações de fungos micorrízicos arbusculares. De acordo com Saggin Júnior e Siqueira (1996), a idade da lavoura pode afetar positiva ou negativamente a colonização radicular, de acordo com dados de colonização observados em lavouras adultas na Colômbia e em São Paulo. Esses autores verificaram que na Colômbia, o cafeeiro adulto apresentou colonização maior, podendo tal fato estar relacionado ao sombreamento das lavouras. Este manejo estaria favorecendo a colonização das plantas por fungos micorrízicos arbusculares e promovendo maior sustentabilidade do agroecossistema cafeeiro, em relação ao cultivo convencional praticado em São Paulo.

Espécies de fungos micorrízicos arbusculares

Nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro, foram detectadas as seguintes espécies nas áreas de estudo: *Acaulospora longula*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora* sp., *Acaulospora sspendicula*, *Gigaspora* sp., *Glomus etunicatum*, *Glomus occultum* e *Glomus* sp., que podem ser visualizadas na Tabela 3. As espécies *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., *Glomus occultum* e *Acaulospora scrobiculata* representaram mais de 91% da ocorrência total dos sistemas. Saggin Júnior e Siqueira (1996) obtiveram resultados semelhantes na rizosfera do cafeeiro, em que a frequência de ocorrência foi maior para espécies dos gêneros *Acaulospora*, *Glomus* e *Gigaspora*. Fernandes (1987) e Balota e Lopes (1996) também relataram maior ocorrência de *Acaulospora* e *Glomus* em cafeeiros a campo. Segundo Fernandes (1987), o índice de ocorrência de *Gigaspora* e *Scutellospora* em lavouras cafeeiras do sudeste brasileiro foi de aproximadamente 15% e 12%, respectivamente, valor bem inferior ao índice de ocorrência de *Acaulospora* (100%).

De um modo geral, a maioria dos fungos identificados na área experimental, nas duas épocas de amostragem (seca e chuva), foram de ocorrência comum nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro e na mata nativa. No sistema (CV), o predomínio foi de *Gigaspora* sp. e *Glomus* sp., com

cerca de 86% no sistema (E) houve maior intensidade do gênero *Glomus*, representado por *Glomus* sp., *Glomus occultum* e *Glomus etunicatum*, com cerca de 77% da composição. O sistema (O) registrou a predominância de *Acaulospora scrobiculata* e *G. occultum*, com mais de 78% da composição; na (MN), a composição de mais de 90% da microbiota foi representada por *Glomus* sp., *G. occultum* e *Gigaspora* sp. Conforme relatado por alguns trabalhos (Schenck et al., 1984; Fernandes, 1987; Siqueira et al., 1989; Saggin Júnior e Siqueira, 1996), os índices de ocorrência de alguns fungos podem ser relacionados com os valores de pH, Al e P do solo, evidenciando algumas tendências, como, por exemplo, as espécies de *Acaulospora* tendem a ocorrer com maior frequência em solos com pH < 6,5, parecendo sofrer pouca influência do Al e parcial do P. A espécie *Acaulospora scrobiculata* parece ser favorecida por baixos teores de Al e altos teores de P no solo, o que poderia explicar sua elevada ocorrência no sistema (O). O predomínio de *A. scrobiculata* também foi registrado por Pereira et al. (1998) em cafeeiro conduzido organicamente. A alta ocorrência de certas espécies reflete sua maior capacidade de adaptação às condições físicas, químicas e biológicas do sistema em que elas ocorrem. Assim, a espécie *A. scrobiculata* apresenta tendência de elevada adaptabilidade ao manejo orgânico do cafeeiro.

Em relação ao número de espécie identificadas, a diferença foi mínima, nos sistemas (E) e (MN) detectaram-se cinco espécies, enquanto nos sistemas (CV) e (O), foram detectadas quatro espécies (Tabela 3). Em ecossistemas não alterados, a diversidade biológica das populações nativas de fungos micorrízicos arbusculares pode variar em torno de aproximadamente 25 espécies, de acordo com Sieverding (1991), já em agrossistemas intensivamente manejados, a diversidade diminui para cinco a quinze espécies, devido à manutenção de uma espécie vegetal por área com eventuais invasoras não controladas. O número de espécies encontrado na (MN) e nos sistemas de produção do cafeeiro apresenta-se abaixo do esperado, entretanto, o mesmo autor cita que a menor diversidade pode resultar em eficiência simbiótica maior, desde que as espécies sejam mutualistas eficientes e tenham elevada capacidade competitiva na rizosfera.

Conclusão

Houve uma grande influência dos efeitos do período de seca prolongado ocorrido na região de Santo Antônio do Amparo, Estado de Minas Gerais, em 1999 nos resultados obtidos, que não

apresentaram alterações na porcentagem de colonização micorrízica. O carbono da biomassa microbiana apresenta maiores valores na época chuvosa em relação à época seca.

O gênero *Acaulospora* apresenta ocorrência generalizada na mata nativa e nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro avaliados, seguido por *Glomus* e *Gigaspora*.

Referências

- ALMEIDA, D.L. de. *Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo*. 1991. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1991.
- ALVARES, R.; et al. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil Tillage Res.*, Amsterdam, v.33, p.17-28, 1995.
- AQUINO, A.M. et al. Estudos preliminares sobre a população de minhocas (Oligochaeta) e biomassa microbiana do solo na transição de café sob manejo convencional para orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras. Resumos...Lavras:Ufla/SBCS/SBM, 1998. p.403. (FertBIO 98).
- BALOTA, E.L.; LOPES, E.S. Introdução de fungo micorrízico arbuscular no cafeeiro em condições de campo: II. Flutuação sazonal de raízes, de colonização e de fungos micorrízicos arbusculares associados. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v.20, p.225-232, 1996.
- CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil Tillage Res.*, Amsterdam, v.7, p.29-40, 1986.
- CARVALHO, Y. *Densidade e atividade dos microorganismos do solo em plantio direto e convencional na região de Carambeí (Paraná)*. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- CUNHA, G. de M. *Estudo comparativo de condições químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, de Encosta, sob duas coberturas: café e mata natural*. 1995. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- FERNANDES, A.B. *Micorrizas vesículo-arbusculares em cafeeiro da região sul do Estado de Minas Gerais*. 1987. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1987.
- FRANZLUEBBERS, A.J. et al. Seasonal changes in soil microbial biomass and mineralizable C and N in wheat management. *Soil Biol. Biochem.*, Kidlington, v.26, p.1469-1475, 1994.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogene species extracted from soil by wetsieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, London, v.46, p.235-246, 1963.

- GIOVANETTI, M.; MOSSI, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, London, v.84, p.489-500, 1980.
- GOLFARI, L. Projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal: zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65p.
- JOERGENSEN, R. The fumigation extraction method. In: ALEF, K.; CACNIO, V.N. (Ed.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academy Press, 1995. p.382-387.
- KARLEN, D.L. *et al.* Crop residue on soil quality following 10 years of no-till corn. *Soil Tillage Res.*, Amsterdam, v.31, p.149-167, 1994.
- KORMANIK, P.P.; Mc GRAW, A.C. Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizal plant roots. In: SCHENCKI, N.C. (Ed.) *Methods and principals of Mycorrhizal research*. St. Paul: American Phytopathological Society, 1982. p.37-46.
- LOPES, E.S. *et al.* Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brazil. *Turrialba*, San José, v.33, n.4, p.417-422, 1983.
- OLIVEIRA, E. *et al.* Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em cafeeiros da região do Alto Paranaíba e Triângulo no Estado de Minas Gerais. *Hoehnea*, São Paulo, v.17, n.2, p.117-125, 1990.
- PEREIRA, J.C. *et al.* Populações microbianas do solo em cafeeiro sob manejo convencional e orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras. Resumos...Lavras:Ufla/SBCS/SBM, 1998. p.399. (FertBIO 98).
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, O.S. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Tran. Br. Mycol. Soc.*, London, v.55, p.158-161, 1970.
- 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.
- SCHENCK, N.C.; PEREZ, Y. *Manual for identification of VA Mycorrhizal fungi*. Gainesville: INVAM/University of Florida, 1987. 245p.
- SCHENCK, N.C.; *et al.* Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Colombia. *Mycologia*, Lawrence, v.75, p.685-699, 1984.
- SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn, Germany: GTZ, 1991.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v.10, p.207-211, 1986.
- SIQUEIRA, J.O. *et al.* Ocorrência de MVA em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.24, n.12, p.1499-1506, 1989.
- SILVA FILHO, G.N. *Flutuação populacional de microrganismos em solos submetidos à diferentes sistemas de manejo*. 1984. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984.
- STALEY, T.E.; *et al.* Soil microbial biomass and organic component alterations in a no-tillage chronosequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.52, p.988-1005, 1988.
- THEODORO, V.C. de A. *Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional*. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- THEODORO, V.C. de A. *et al.* *Bases para a produção de café orgânico*. Lavras:Ufla e CBP&D/Café, 2001. (Boletim Técnico de Extensão, 38).
- VANCE, E.D.; *et al.* An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, Kidlington, v.19, n.6, p.703-707, June 1987.
- WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M.A.A. biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M.A. (Ed.). *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p.195-216.

Received on April 18, 2002.

Accepted on May 30, 2003.