

**NICÁCIO DE OLIVEIRA FREITAS**

**ASPECTOS DA ASSOCIAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES (GLOMEROMYCOTA) EM VIDEIRA (*Vitis* sp.).**

**RECIFE**

**FEVEREIRO/2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE MICOLOGIA**  
**PÓS GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS**  
**(NÍVEL MESTRADO)**

**NICÁCIO DE OLIVEIRA FREITAS**

**ASPECTOS DA ASSOCIAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS**  
**ARBUSCULARES (GLOMEROMYCOTA) EM VIDEIRA (*Vitis* sp.).**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia de Fungos.

Orientadora: Dra Leonor Costa Maia

Co-orientadores: Dra Adriana M. Yano-Melo

Dr. Nataniel F. de Melo

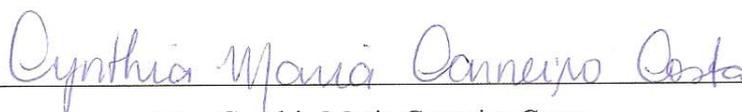
**FEVEREIRO/2006**

## FICHA DE APROVAÇÃO

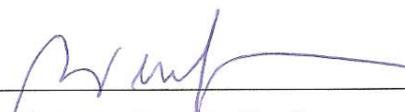
Dissertação apresentada à banca examinadora:



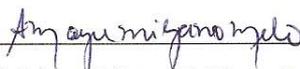
Dra. Leonor Costa Maia (Orientadora)  
(Departamento de Micologia-UFPE)



Dra. Cynthia Maria Carneiro Costa  
(ITEP-OS/ 1º membro)



Dra. Sandra Farto Botelho Trufem  
(Universidade São Marcos SP/ 2º membro)



Dra Adriana Mayumi Yano-Melo  
(Departamento de Micologia-UFPE/suplente)



Dr. Aldo Vilar Trindade  
(Embrapa Mandioca e Fruticultura/Suplente)

**Freitas, Nicácio de Oliveira**

**Aspectos da associação de fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) em videira (*Vitis* sp.) / Nicácio de Oliveira Freitas. – Recife : O Autor, 2006.**

**86 folhas : il., fig., graf., tab.**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Mestrado em Biologia de Fungos, 2006.**

**Inclui bibliografia e anexos**

**1. Micorriza arbuscular. 2. Sustentabilidade. 3. Sistemas agrícolas. 4. Ácido húmico. I. Título.**

**631.466  
631.46**

**CDU (2.ed.)  
CDD (22.ed.)**

**UFPE  
BC2006-055**

*Por que Dele,  
por Ele e  
para Ele são todas as coisas...*

**Romanos 11.36**

*Nada podemos contra a verdade,  
se não pela verdade.*

**II Coríntios 13.8**

**Ao meu pai (José), mãe (Severina) e irmão  
(Wellington), dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Criador e Redentor Deus pelas maravilhas operadas em minha vida, A Ele toda honra, glória e louvor.

A minha amada família, José (pai), Severina (mãe) e Wellington (irmão); a base na qual estou firmado.

À Prof<sup>a</sup> Leonor Costa Maia, pela orientação, confiança e oportunidade de estudar os fungos micorrízicos arbusculares.

À Prof<sup>a</sup> Adriana Mayumi Yano-Melo, pela co-orientação, confiança, incentivo e os vários momentos de ensino sobre os fungos micorrízicos arbusculares.

Ao amigo Fábio Sérgio Barbosa da Silva, pela ajuda e participação essencial em todas as etapas deste trabalho, assim como a construção do meu conhecimento sobre fungos micorrízicos arbusculares. Muito obrigado.

À Embrapa Semi-Árido, onde foi realizado parte das atividades práticas desta pesquisa e especialmente ao Dr. Nataniel Franklin de Melo pela co-orientação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À Aline Melo, Danielle Silva e Maryluce Albuquerque pela forte amizade, apoio e os inúmeros momentos de felicidade, bem como à irmã Marilene pelos momentos de oração.

À Prof<sup>a</sup> Uided Maaze Tiburcio Cavalcante pela correção dos artigos.

À Coordenação da Pós Graduação em Biologia de Fungos, pelo apoio.

Aos membros da banca pelas valiosas sugestões.

À Tereza Muniz e Vânia Rodrigues pela grande compreensão concedida, que foi de grande importância para finalização do curso.

Aos companheiros do Laboratório de Micorrizas pelo convívio e troca de experiências.

Por fim, a todos que participaram de forma direta e indireta para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Páginas</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	VII
<b>LISTA DE TABELAS</b>	VIII
<b>RESUMO GERAL</b>	X
<b>ABSTRACT</b>	XI
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	XII
<b>CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA</b>	16
1. Aspectos gerais da simbiose micorrízica arbuscular	17
2. Simbiose micorrízica arbuscular em sistemas de manejo orgânico e convencional	19
3. Uso de ácidos húmicos na agricultura	21
4. Viticultura no Brasil	22
5. Viticultura e FMA	24
6. Atividade microbiana do solo	27
7. Referências bibliográficas	31
<b>CAPÍTULO 2: Atividade microbiológica e bioquímica na rizosfera de videiras sob manejo convencional e orgânico cultivadas no Vale do Submédio São Francisco, Petrolina/PE, Brasil.</b>	46
Resumo	48
Introdução	49
Material e métodos	50
Resultados e discussão	53
Conclusões	60
Referências bibliográficas	60
<b>CAPÍTULO 3: Ácido húmico na produção de mudas enxertadas e micorrizadas de videira (IAC 766/Crimson seedless) e efeitos na atividade microbiana</b>	67
Resumo	69
Introdução	70

Material e métodos	71
Resultados	73
Discussão	77
Referências bibliográficas	79
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>86</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Figura 1:</b> Efeito da micorrização (A) e da aplicação do ácido húmico (B) sobre o carbono da biomassa microbiana em mudas enxertadas de videira em Argissolo Vermelho Amarelo.....	74

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

### Páginas

<b>Tabela 1.</b> Caracterização física e química de Neossolo quartzarênico coletado na rizosfera de videiras (IAC 766/Festival Seedless) cultivadas em sistema orgânico e convencional, em Petrolina/PE.....	51
<b>Tabela 2.</b> Número de esporos de FMA, número mais provável de propágulos infectivos de FMA (NMP), glomalina facilmente extraível e colonização micorrízica arbuscular (CM) na rizosfera de videiras enxertadas (IAC 766/Festival Seedless), produzidas em sistemas de cultivo orgânico e convencional, em Petrolina/PE.....	54
<b>Tabela 3.</b> Carbono da biomassa microbiana (C-BM), respiração microbiana (C-CO <sub>2</sub> ), atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) e coeficiente metabólico ( <i>q</i> CO <sub>2</sub> ) na rizosfera de videiras enxertadas (IAC 766/Festival Seedless), em sistemas de cultivo convencional e orgânico, em Petrolina/PE.....	56
<b>Tabela 4.</b> Número de esporos de FMA (50 g <sup>-1</sup> solo) produzidos em culturas armadilha (45, 90 e 135 dias) com solo da rizosfera de videiras cultivadas em sistemas convencional e orgânico.....	58
<b>Tabela 5.</b> Espécies de FMA em solos com cultivo orgânico (CO) e convencional (CC) de videiras apirênicas enxertadas (IAC 766/Festival Seedless) identificadas em exame direto de material do campo e em culturas armadilha avaliadas 45 (I), 90 (II) e 135 (III) dias após a montagem.....	59

### Capítulo 3

### Páginas

<b>Tabela 1:</b> Características físicas e químicas dos solos utilizados nos experimentos com mudas enxertadas de videira (IAC 766/Crimson Seedless).....	72
<b>Tabela 2:</b> Efeitos da inoculação (1), da aplicação de ácido húmico (2) e interação entre os fatores (1x2) no carbono da biomassa microbiana (C-BM), carbono da respiração microbiana (C-CO <sub>2</sub> ), atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), glomalina facilmente extraível (GFE), Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo.....	74
<b>Tabela 3.</b> Biomassa seca aérea (BSA), área foliar (AF) e colonização micorrízica (CM) de plantas enxertadas de videira (IAC 766/Crimson Seedless) inoculadas ou não com <i>Gigaspora margarita</i> , <i>Glomus clarum</i> , em Argissolo Vermelho-Amarelo com (+) ou sem (-) ácido húmico.....	75
<b>Tabela 4:</b> Biomassa seca aérea (BSA) e radicular (BSR), área foliar (AF) e colonização micorrízica (CM) de plantas enxertadas de videira (IAC 766/Crimson Seedless) inoculadas ou não com <i>Gigaspora margarita</i> , <i>Glomus clarum</i> , em Argissolo Amarelo com (+) ou sem (-) a adição de ácido húmico.....	76
<b>Tabela 5:</b> Carbono da biomassa microbiana (C-BM) e atividade hidrolítica do diacetato de fluoresceína (FDA), na rizosfera de mudas de videira enxertadas (IAC 766/Crimson Seedless), em Argissolo Amarelo com (+) ou sem (-) ácido húmico.....	77

## RESUMO GERAL

O efeito da micorrização e a atividade microbiana foram investigados em solo de: a) parreirais sob manejo orgânico e convencional; b) cultivado com mudas de videira enxertadas (IAC 766/Crimson Seedless) recebendo ácido húmico. As mudas foram inoculadas ou não com *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* em Argissolo Vermelho Amarelo (AVA) e Argissolo Amarelo (AA), constituindo experimentos independentes. No 1º experimento, a colonização micorrízica (CM) e o número de esporos foram duas e três vezes maiores, respectivamente, no cultivo orgânico em relação ao convencional. A emissão de CO<sub>2</sub> e a biomassa microbiana (C-BM) e a atividade de hidrólise do diacetato de fluoresceína aumentaram de 100 a 200% no cultivo orgânico. Foram registradas, respectivamente, 12 e nove espécies de FMA no cultivo orgânico e no convencional. Maior esporulação dos FMA nas culturas armadilha foi registrada aos 90 dias em solo manejado organicamente e aos 135 dias no sistema convencional. Na 2º experimento com o AVA, videiras associadas com *G. margarita* tiveram incremento > 200% no C-BM em relação aos demais tratamentos. O desenvolvimento das mudas foi estimulado pela aplicação do ácido húmico e *G. clarum*. No experimento com AA, houve efeito positivo da inoculação micorrízica e/ou aplicação do ácido húmico sobre o crescimento das mudas, atividade enzimática e C-BM. A micorrização + ácido húmico aumentaram a biomassa da parte aérea. Mas, na ausência do ácido húmico, apenas a simbiose com *G. clarum* promoveu o crescimento das plantas, resultando em maior C-BM no solo. Manejo orgânico nos parreirais favorece a micorrização e a atividade microbiana em relação aos sistemas convencionais, enquanto benefícios da micorrização e da aplicação de ácido húmico dependem do isolado de FMA e do tipo de solo.

Palavras-chaves: micorriza arbuscular, sustentabilidade, ácido húmico

## ABSTRACT

The effect of mycorrhization and the microbial activity were investigated in: (a) soil under organic and conventional management; (b) soil cultivated with grafted grapevines (IAC 766/Crimson Seedless) receiving humic acid. The vine plants were inoculated or not with *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* in Red Yellow Argisoil (RYA) and Yellow Argisoil (YA), in independent experiments. In the first experiment the mycorrhizal colonization (MC) and number of spores were two and three times higher, respectively, in the organic crop, in relation to the conventional. The emission of CO<sub>2</sub>, the microbial biomass (C-MB) and the activity of hydrolise of fluorescein diacetate increased from 100 to 200% in the organic crop. Twelve and nine species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were registered, respectively, in the organic and conventional crops. Higher sporulation of the AMF in the trap cultures was obtained with 90 days in the organically managed crop and with 135 d in the conventional system. In the second experiment, with the RYA treatments with grapevines associated with *G. margarita* presented increment > 200% of the C-MB in relation to the other treatments. The development of the vine plants was stimulated by *G. clarum*, in soil with humic acid. In the experiment with YA, the inoculation and/or addition of humic acid had a positive effect on growth, enzymatic activity and C-MB. The mycorrhization + humic acid incresead the aerial biomass. However, in the absence of humic acid, only the symbiosis with *G. clarum* promoted plant growth, resulting in higher C-MB in the soil. Organic management of grapevines favour the mycorrhization and microbial activity in comparison with the conventional systems, while benefits of mycorrhization and of application of humic acid depended on the AMF isolate and soil type.

Key words: arbuscular mycorrhizal, sustentability, humic acid

## ***Introdução Geral***

## INTRODUÇÃO GERAL

Na natureza são encontradas várias interações mutualistas que se formaram ao longo da evolução das espécies, facilitando a sobrevivência dos simbioss. Entre essas, destacam-se as micorrizas, definidas como associações simbióticas entre certos fungos do solo com raízes de diversos grupos vegetais, desde briófitas e pteridófitas, até gimnospermas a angiospermas (Smith & Read 1997).

A associação micorrízica mais comum e estudada é a do tipo arbuscular, sendo formada exclusivamente por fungos pertencente ao filo Glomeromycota (Schüßler *et al.* 2001). Esses microrganismos, denominados de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), possuem distribuição cosmopolita e formam associação com representantes de mais de 90% das famílias botânicas fanerogâmicas terrestres (Mehrotra 2005). Outra característica típica dos FMA é a formação de arbúsculos, que servem como sítios de troca de nutrientes entre os simbioss (Smith & Read 1997). O micélio extra-radicular dos FMA aumenta a área de absorção de nutrientes da planta associada, melhorando o estado nutricional (Karandashov & Bucher 2005), e conseqüentemente proporcionando ao hospedeiro maior tolerância a estresses de natureza abiótica e biótica (Siqueira *et al.* 2002).

A utilização dos FMA é de grande interesse na agricultura, devido ao potencial para aplicação na produção de mudas, constituindo alternativa para aumentar o crescimento de diversas culturas, como mamoeiro, abacateiro, mangueira, mangabeira, maracujazeiro-doce, aceroleira entre outras (Silva & Siqueira 1991, Costa *et al.* 2005, Anjos *et al.* 2005). Os benefícios da micorrização incluem desde o aumento no crescimento à redução no tempo de formação das mudas, maior vigor e tolerância ao transplântio para o campo e aumento na produção de frutos.

O Vale do Submédio São Francisco é uma das principais regiões produtoras de uva do Brasil, sendo responsável por 97% da exportação de uva de mesa (Silva 2004). As áreas para cultivo de uvas apirênicas (sem sementes) estão se expandindo e atualmente existem 5000 ha de área plantada, contribuindo para que seja a segunda cultura mais importante da região (Valexport 2005).

Videiras (*Vitis* ssp. L.) associadas a FMA têm sido observadas (Possingham & Obbink 1971, Cheng & Baumgartner 2004a, Oehl *et al.* 2005), e muitos trabalhos demonstram a importância da simbiose para maximizar o desenvolvimento desta fruteira na

fase de produção de mudas (Alarcón *et al.* 2001, Jaizme-Veja *et al.* 2003) e em campo (Nikolaou *et al.* 2002, Schreiner 2003).

Aguín *et al.* (2004) observaram que o porta-enxerto de videira 161-49C quando inoculado com *Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend. Koske apresentou maior crescimento vegetativo do que as plantas não inoculadas. Da mesma forma, Karagiannidis *et al.* (1995) e Jaizme-Vega *et al.* (2003) relataram que videiras associadas com FMA apresentaram melhores condições para o transplântio no momento da instalação dos parreirais. Esses fatos apontam os FMA como bioinsumos para otimização na produção de mudas saudáveis de espécies de *Vitis*.

O aumento da degradação ambiental tem gerado o interesse pela instalação de sistemas de cultivo agrícola mais sustentáveis (Johansson *et al.* 2004), em substituição à agricultura convencional, que necessita cada vez mais de insumos que podem ser prejudiciais aos microrganismos do solo, comprometendo sua funcionalidade. Por outro lado, os sistemas de cultivo orgânico favorecem a microbiota edáfica e conseqüentemente a qualidade e a sustentabilidade do solo (Caravaca *et al.* 2002a; Fernandes *et al.* 2005).

Como prática agrícola alternativa, nos últimos anos, substâncias húmicas têm sido utilizadas na agricultura com a finalidade de promover aumento no crescimento e na produção vegetal (Hayes & Clapp 2001). Esses compostos orgânicos compreendem os ácidos húmicos e fúlvicos e a fração húmica que constitui a porção estável da matéria orgânica do solo (Silva *et al.* 2004). As substâncias húmicas são formadas por polimerização e condensação química, que ocorre durante o processo de mineralização dos nutrientes da matéria orgânica (Hayes & Clapp 2001).

Plantas de azevém (*Lolium multiflorum* Lam. var. *Barpectra*) apresentaram maior desenvolvimento quando cultivadas em solo adubado com substâncias húmicas (Bidegain *et al.* 2000). Os ácidos húmicos também podem contribuir para maior estabilidade do solo (Bastos *et al.* 2005), além de servir como moléculas adsorptivas para hormônios estimuladores do crescimento vegetal (Arancon *et al.* 2004).

O efeito da mudança de sistemas agrícolas convencionais para orgânicos ou da aplicação de substâncias húmicas sobre a microbiota do solo, principalmente no cultivo de uvas sem sementes (uvas apirênicas) na região do Vale do Submédio São Francisco (Pernambuco/Brasil) ainda não foi investigado. Diante disso, são necessários estudos que

possibilitem melhor entendimento da influência dessas práticas agrícolas sobre a simbiose micorrízica arbuscular em videira e a atividade microbiana do solo, visando o fornecimento de subsídios para a adoção de sistemas eficientes e sustentáveis.

## *Capítulo 1*

### *Revisão de Literatura*

## 1. Aspectos gerais da simbiose micorrízica arbuscular

Na natureza, diversas interações biológicas ocorrem, facilitando a coexistência das espécies envolvidas. O mutualismo trófico, como exemplo dessas interações, envolve parceiros complementares, especializados em obter energia e nutrientes para os simbiossomas (Ricklefs 1996). Dentre os tipos de mutualismo, as micorrizas são conhecidas por serem formadas entre certos fungos do solo e células corticais de raízes de muitas espécies vegetais (Harley & Smith 1983). Essa simbiose é caracterizada pelo fluxo bidirecional de elementos nutritivos, pois o fungo, por meio do micélio externo, absorve nutrientes do solo para planta e esta cede fotossintatos necessários para o seu desenvolvimento (Siqueira 1994).

Os fungos formadores dessa associação são denominados de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), classificados atualmente no filo Glomeromycota (Schüßler *et al.* 2001). Têm como principais características o biotrofismo obrigatório e a formação de estruturas intracelulares típicas (arbúsculos) (Sylvia 1998), que servem como sítio de troca de nutrientes entre os associados. Evidências fósseis sugerem o aparecimento desses fungos no período Ordoviciano (Redecker *et al.* 2000), coincidindo com o estabelecimento dos vegetais no ambiente terrestre, sendo a associação considerada primordial para garantir a sobrevivência das plantas na terra (Brundrett 2002). Atualmente 90% das espécies vegetais formam associação micorrízica arbuscular (Mehrotra 2005) sendo o estado simbiótico relatado como condição comum da maioria das plantas.

O benefício primário dos FMA aos vegetais é obtido pelo aumento da absorção de nutrientes minerais, especialmente os de baixa mobilidade no solo como fósforo, melhorando o estado nutricional da planta e a produtividade vegetal (Smith & Read 1997). Dentre as associações micorrízicas conhecidas, as arbusculares são importantes pelos efeitos benéficos em diversas culturas (Saggin Jr. & Lovato 1999) e ubiquidade em ecossistemas terrestres naturais e agrícolas (Siqueira *et al.* 2002).

Benefícios não nutricionais da micorrização também são conferidos às plantas, como a capacidade de tolerar determinadas condições de estresses ambientais (Siqueira & Klauberg Filho 2000), de natureza biótica e abiótica (Sieverding 1991). Entre essas são relatados: aumento na tolerância das plantas à salinidade (Yano-Melo *et al.* 2003), à seca

(Cavalcante *et al.* 2001, Augé & Moore 2005), à presença de metais pesados (Carneiro *et al.* 2001), ao ataque de nematóides (Elsen *et al.* 2003; Brandão *et al.* 2004) e diminuição da severidade de doenças (Yao *et al.* 2002).

Em relação as características edáficas, Miller & Jastrow (2000) registraram a influência do micélio externo dos FMA sobre a estruturação do solo, enquanto Wright & Upadhyaya (1998) atribuíram essa mesma função à glomalina, conjugado glicoprotéico produzido especificamente pelos FMA e que atua na estabilidade de agregados do solo.

Os FMA também são destacados pela influência que exercem na microbiota do solo e na diversidade da comunidade de plantas (Koide 2000, Rillig 2004, van der Heijden 2004). Klironomos *et al.* (2000) mencionam a influência da simbiose arbuscular na produtividade e funcionalidade dos ecossistemas, sendo indicada como um agente influenciador direto nos processos ecológicos.

Como ferramenta biotecnológica os FMA, além de serem utilizados na produção de mudas em viveiros, podem também ser usados no processo de produção de plantas ornamentais, hortícolas, frutícolas e florestais pela técnica de propagação em cultura de tecidos (Lovato *et al.* 1996, Saggin Jr. & Lovato 1999). Após a fase *in vitro*, as plântulas passam por um período crítico denominado de aclimação onde o desenvolvimento do vegetal é comprometido. O sucesso da utilização destes fungos é devido aos benefícios promovidos no aumento da biomassa vegetal e taxas fisiológicas da planta como fotossíntese, transpiração, condutância estomática, entre outros benefícios (Yano-Melo *et al.* 1999, Estrada-Luna *et al.* 2000, Estrada-Luna & Davies Jr. 2003). Esses benefícios proporcionam maior taxa de sobrevivência na aclimação, melhorando o desenvolvimento e o estabelecimento das mudas produzidas.

A micorrização apresenta multifuncionalidade (Newsham *et al.* 1995) que pode ser explorada para garantir a subsistência humana, via produção vegetal. Por tanto, estudos sobre a biologia da simbiose micorrízica arbuscular e a interação com o solo sob diversas práticas agrícolas e condições ambientais são necessários visando o aumento da produção em solos marginais, e a redução do uso de fertilizantes químicos, levando a práticas agrícolas mais sustentáveis e menos dependentes de insumos agrícolas (Siqueira 1996).

## **2. Simbiose micorrízica arbuscular em sistemas de manejo orgânico e convencional**

A agricultura orgânica é definida como o cultivo de vegetais agrícolas sem aplicação de produtos químicos como herbicidas, pesticidas e fertilizantes inorgânicos (Bengtsson *et al.* 2005). Em contraste, a agricultura convencional necessita cada vez mais do uso de insumos agrícolas para manutenção e produtividade do sistema. Tais práticas afetam negativamente as comunidades biológicas e contaminam as fontes de recursos naturais como a água e o solo, tornando-se potencial de risco para a saúde humana (Anaya 1999).

Os sistemas orgânicos vêm aumentando em interesse, devido ao menor impacto ambiental e maior sustentabilidade nos cultivos (Xie & Wang 2003, Sayin *et al.* 2005). Além disso, devido ao uso de adubos orgânicos e à adoção de rotação de culturas, esses sistemas proporcionam melhoria nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo em relação aos sistemas convencionais, contribuindo para a qualidade edáfica (Bulluck III *et al.* 2002, Taubate *et al.* 2005) e a produção sustentável de alimentos (Kopke 2005).

Devido ao papel que os FMA desempenham na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (Jeffries *et al.* 2003), é necessário entender como práticas agrícolas afetam a atividade desses fungos, visando otimizar sua utilização (Ryan *et al.* 2000).

Alguns estudos têm mostrado os efeitos dos sistemas de manejo orgânico e convencional sobre o desenvolvimento e o estabelecimento da simbiose micorrízica arbuscular, bem como sua função nos sistemas de produção agrícola alternativo (Ryan & Ash 1999). Esses estudos estão relacionados principalmente com a capacidade do fungo em formar micorriza e produzir estruturas reprodutivas e com a composição da comunidade de FMA em tais sistemas.

Em geral, a colonização micorrízica, produção de esporos e o potencial infectivo de FMA no solo, bem como sua diversidade, são diferenciados nos sistemas de produção orgânica em relação ao convencional (Gleissman *et al.* 1990, Douds Jr. *et al.* 1993, Douds Jr. *et al.* 1995). Diversos autores (Kurle & Pflieger 1994, Ryan *et al.* 1994, Douds Jr *et al.* 1997, Galvez *et al.* 2001) têm relatado que os sistemas orgânicos apresentam condições favoráveis para o desenvolvimento da simbiose micorrízica, expressa pelo aumento na colonização micorrízica, no número de esporos e na abundância de algumas espécies de FMA. O uso intensivo de fertilizantes químicos fosfatados, comumente empregado nos sistemas agrícolas convencionais é apontado como o principal fator que reduz a

colonização micorrízica (Mäder *et al.* 2000, Ryan *et al.* 2000). Mäder *et al.* (2000) observaram que fertilizantes orgânicos é menos prejudicial para o desenvolvimento da micorriza do que os químicos. Neste trabalho foi evidenciada a importância dos FMA em sistemas onde a adubação sintética é substituída por fontes orgânicas, devido à capacidade do fungo em absorver nutrientes mineralizados em baixa quantidade no solo. Isto suporta as considerações de Gliessman *et al.* (1996), que caracterizam os sistemas de produção orgânica como aqueles que possuem liberação lenta de nutrientes devido à pouca mineralização dos constituintes da matéria orgânica, necessitando portanto, de colonização micorrízica mais expressiva para maior absorção de nutrientes.

Um aspecto importante que deve ser considerado na agricultura convencional é a utilização de produtos químicos como herbicidas, pesticidas e fungicidas, relatado como supressores da colonização micorrízica, do potencial infectivo do solo e da diversidade de FMA (Kurlle & Pflieger *et al.* 1994, Douds Jr. *et al.* 1993, Mäder *et al.* 2000) em relação à agricultura orgânica.

Ryan *et al.* (1994) mencionaram que a adubação orgânica utilizada na agricultura alternativa incrementa os teores de matéria orgânica e conseqüentemente melhora as características físicas e químicas do solo, propiciando condições ideais para a propagação de FMA. Os autores relacionaram essa melhoria nas propriedades do solo com o aumento de cerca de três vezes da colonização micorrízica de raízes de trigo (*Triticum aestivum* L.) em áreas submetidas à adubação orgânica em comparação às sob cultivo convencional. No entanto, quando as condições nutricionais são adequadas, o emprego de fertilizantes orgânicos prejudica o estabelecimento da simbiose (Ellis *et al.* 1992).

O manejo orgânico pode levar a alterações morfológicas do sistema radicular produzindo aumento da colonização micorrízica nas raízes como visto por Gliessman *et al.* (1990) os quais observaram que raízes de morango (*Fragaria ananassa* Dach) eram menos desenvolvidas, e possivelmente mais dependentes da micorrização para absorção de nutrientes. A rotação para culturas de ciclo anual, freqüentemente usada em sistemas orgânicos tem contribuído para o aumento do número de espécies de FMA, devido à maior disponibilidade de hospedeiros para a formação da simbiose micorrízica (Oehl *et al.* 2004). No entanto, o cultivo de plantas não micotróficas em tais sistemas pode prejudicar a presença de FMA (Werner *et al.* 1990, Entz *et al.* 2004). Em relação à diversidade de FMA,

os sistemas manejados organicamente favorecem a abundância de espécies em relação à adoção de sistemas agrícolas menos sustentáveis (Douds Jr. *et al.* 1993; Oehl *et al.* 2004). Oehl *et al.* (2004) encontraram maior abundância de *Glomus aureum* Oehl & Sieverding, *G. mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerdmann & Trappe, *Acaulospora laevis* Gerdemann & Trappe, *A. longula* Spain & Schenck, *Scutellospora calospora* (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders e *S. pellucida* (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders em áreas com manejo orgânico, com *Entrophospora infrequens* (Hall) Ames & Schneider ocorrendo apenas no solo da área orgânica. Mas, nem sempre essa diferença na diversidade de FMA entre sistemas agrícolas orgânicos e convencionais é registrada (Franke-Snyder *et al.* 2001, Focchi *et al.* 2004).

O emprego de adubos orgânicos, que constitui prática comum em sistemas de produção orgânica pode favorecer a atividade dos FMA. Wuest *et al.* (2005) registraram maior deposição de glomalina em solo adubado com esterco bovino em relação a solo não fertilizado.

Em face das respostas frente às diversas fontes de matéria orgânica, estudos devem ser desenvolvidos para melhor entendimento da biologia dos FMA em agrossistemas orgânicos e convencionais são necessários, principalmente em regiões de clima tropical como o Brasil.

### **3. Uso de ácidos húmicos na agricultura**

O uso de adubos orgânicos na agricultura é prática comum, pois quando devidamente utilizados melhoram o crescimento vegetal (Johnson 1998, Linderman & Davis 2001, Abdelhamid *et al.* 2004, Lee *et al.* 2004). Tal benefício decorre, dentre outros fatores, da presença de elevados teores de substâncias húmicas na composição dos adubos empregados (Arancon *et al.* 2003, Fernandes *et al.* 2005) as quais compreendem os ácidos húmicos e fúlvicos e a fração humina da matéria orgânica do solo (Silva *et al.* 2004). Essas substâncias são formadas por polimerização e condensação química, que ocorre durante o processo de mineralização dos nutrientes da matéria orgânica (Hayes & Clapp 2001).

A presença de substâncias húmicas no solo melhora a nutrição vegetal, pois vários cátions se ligam aos grupamentos carboxílicos e alcoólicos dos ácidos húmicos e fúlvicos e são liberados lentamente no solo (Bidegain *et al.* 2000), aumentando a capacidade de troca

de cátions no solo (Giasson 2004). Assim, vários vegetais de importância econômica podem ser favorecidos pelo uso de adubos orgânicos com elevado grau de humificação (Arancon *et al.* 2004, 2005).

Os ácidos húmicos podem maximizar o crescimento vegetal por estimular a atividade da microbiota edáfica; além disso, tais substâncias podem atuar como hormônios, melhorando o desenvolvimento da planta, além de servirem como moléculas para adsorção de hormônios produzidos durante a mineralização da matéria orgânica no solo (Atiyeh *et al.* 2002, Arancon *et al.* 2003, Arancon *et al.* 2005).

Devido aos benefícios diretos dos ácidos húmicos sobre o crescimento vegetal, algumas empresas têm comercializado compostos que contêm na sua formulação tais substâncias; no entanto, é necessário determinar o seu efeito sobre a produção vegetal e a microbiota edáfica. Nesse sentido, a aplicação de ácidos húmicos tem efeito diverso sobre os FMA, principal componente da biomassa microbiana do solo (Kennedy 1998). Vallini *et al.* (1993) verificaram que o comprimento do tubo germinativo de *Glomus mosseae* foi reduzido linearmente com a aplicação de solução de ácidos húmicos (humato de sódio). Por outro lado, Gryndler *et al.* (2005) registraram que a aplicação de ácidos húmicos estimulou a produção de micélio intra e extraradicular de *Glomus claroideum* (BEG23) Schenck & Smith emend. Walker & Vestberg em simbiose com milho. Diante da diversidade de respostas obtidas, é importante examinar a influência dessas substâncias antes da recomendação para aplicação na formação de mudas, pois o emprego inadvertido pode comprometer a atividade de microrganismos benéficos, como os FMA.

#### **4. Viticultura no Brasil**

A videira pertence a família Vitaceae, ordem Rhamnales, que tem como principal espécie de importância econômica, *Vitis vinifera* L., cultivada em todo o mundo, com híbridos e variedades destinados ao consumo *in natura*, produção de sucos, doces, uvas passas e vinhos. Essa espécie e suas variedades e híbridos constituem as uvas finas de mesas, classificadas como européias, sendo bastante exigente em tratamentos culturais (Leão 2000). O cultivo de uva no Brasil teve início no século XVI com a chegada da colonização portuguesa trazendo as primeiras cultivares de *V. vinifera*, mais tarde foram introduzidas as de origem alemã, espanhola, italiana e francesa (Nunes & Munuera 1994). Atualmente a viticultura está presente principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina,

São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Paraná e Pernambuco (Silva & Correia 2000). Na região Nordeste, o Vale do Submédio São Francisco tem se destacado na produção de uva de mesa com aproximadamente 5.000 hectares cultivados para vinificação e para mesa (Silva & Correia 2000) representando 97% das exportações do país (Silva 2004). O estabelecimento dessa cultura no semi-árido pernambucano foi favorecido pelas condições climáticas da região, resultando na produção de mais de duas safras por ano (Teixeira 2000).

Devido à crescente preocupação com a qualidade de vida, e com o tipo de alimentação, o mercado consumidor tem interesse pelas uvas destinadas ao consumo *in natura* (Choudhury *et al.* 2001), principalmente aquelas variedades com bagas apirênicas ou apenas sementes-traço. Essas variedades, conhecidas como “uvas sem sementes” são obtidas por programas de melhoramento genético.

Um aspecto importante no melhoramento genético da uva é a busca por cultivares sem sementes que sejam adaptadas às condições das regiões produtoras do país, e com qualidade para competir no mercado externo (Nachtigal 2005).

Uma das práticas comuns para formação de mudas da videira é o emprego de enxertia, devido ao fato das variedades produtoras (= copa) não tolerarem condições de estresse ambiental, como salinidade e elevadas temperaturas, entre outros. Com isso, os porta-enxertos conferem à planta maior tolerância a patógenos do solo, à deficiência nutricional e à seca (Hellman 2003).

As uvas apirênicas são amplamente aceitas pelo mercado internacional, e o Vale do Submédio São Francisco é uma das principais regiões produtoras do país, tendo apresentado aumento nas áreas cultivadas (Silva 2004). Entre as várias cultivares/variedades plantadas nessa região, a Superior Seedless, denominada também de Festival Seedless vem se destacando (Leão 2003). Outras variedades/cultivares como “Thompson Seedless”, “Perlette”, “Catalunha”, “Superior Seedless”, “Centenneial Seedless”, “Flame Seedless”, “Vênus” e “Marroo Seedless” são bastante estudadas e cultivadas no Vale Submédio São Francisco visando obter plantas com elevada produção e adaptadas a região (Leão 2000). Os principais porta-enxertos utilizados no Vale do Submédio São Francisco são: IAC 313, IAC 572 e IAC 766, porém, outros como Salt Creek, Dodge Ridge, Courdec 1613, Harmony, 420-A e Paulsen 1103 vem sendo pesquisados (Leão 2000). Devido à crescente produção da viticultura no Vale do Submédio

São Francisco, são necessários estudos visando estabelecer técnicas mais racionais que resultem em aumento na produtividade dos vinhedos, sem que haja prejuízos para a qualidade do solo.

## 5. Viticultura e FMA

Muitas fruteiras formam associação micorrízica arbuscular em condições naturais e são beneficiadas pela inoculação com FMA selecionados, principalmente na fase de produção de mudas (Alarcón & Ferrera-Cerrato 1999). A ocorrência e os efeitos da aplicação destes fungos em várias fruteiras tais como citrus (Weber & Oliveira 1994, Souza *et al.* 2002), maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) (Anjos *et al.* 2005), mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) (Costa *et al.* 2005), bananeira (*Musa* sp.) (Declerck *et al.* 1999, Yano-Melo *et al.* 1997), aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) (Costa *et al.* 2003), mangueira (*Mangifera indica* L.), abacateiro (*Persea americana* Mill), mamoeiro (*Carica papaya* L.) (Silva & Siqueira 1991) e gravioleira (*Annona muricata* L.) (Brandão 2004) entre outras, têm sido mencionados.

Raízes de videira (*Vitis* sp.) formam simbiose micorrízica arbuscular, sendo esta considerada de ocorrência generalizada nos parreirais, como registrado em várias partes do mundo (Schubert & Cravero 1985, Cheng & Baumgartner 2004a, Oehl *et al.* 2005), inclusive no Brasil (Matsuoka *et al.* 2002).

A formação do mutualismo é independente das espécies, híbridos ou variedades do gênero *Vitis* (Possingham & Obbink 1971) sendo que a intensidade da colonização radicular varia principalmente com a prática agrícola adotada (Gebbing *et al.* 1977). Elevadas taxas de colonização micorrízica (80%) foram registradas em raízes de *V. vinifera*, mesmo com elevada infestação pelo nematóide *Mesocriconema xenoplax* (Raski) Loof & de Grise (Pinkerton *et al.* 2004), o que demonstra estrita integração entre os simbiossiontes. Em algumas situações, entretanto, não se encontra micorriza em raízes de videira (Matsuoka *et al.* 2002). Esta ausência do estabelecimento da simbiose na planta é relacionada com o uso intenso da aplicação de fertilizantes químicos que prejudicam a simbiose, ou a influência do estágio fenológico da planta (Petgen *et al.* 1998, Karagiannidis & Nikolaou 1999). Outros fatores como os de ordem genética, combinação de porta-enxerto/copa ou mesmo a demanda nutritiva da planta também podem determinar os graus

de colonização micorrízica observados em videiras (Karagiannidis *et al.* 1997, Karagiannidis & Nikolaou *et al.* 1999). Schreiner (2003) sugere que o mecanismo gênico que regula a micorrização em *Vitis* sp. é altamente conservado dentro do gênero, sendo influenciado principalmente por fatores externos como as propriedades do solo.

Nos estudos relacionados com o levantamento das espécies de FMA em áreas cultivadas com videiras não se tem observado preferência hospedeira por família, gênero ou espécies desses fungos. No entanto, assim como em outras situações, as espécies do gênero *Glomus* Tulasne & Tulasne têm sido mais freqüentemente registrados em relação a espécies dos demais gêneros (Schubert & Cravero 1985, Cheng & Baumgartner 2004a, Baumgartner *et al.* 2005, Oehl *et al.* 2005).

Vários trabalhos têm demonstrado que uma das principais funções da interação micorrízica em videiras está relacionada com a melhoria do estado nutricional da planta, pelo aumento da absorção de nutrientes, proporcionando melhor desenvolvimento do vegetal (Possingham & Obbink 1971, Nikolaou *et al.* 2002, Mattheou *et al.* 1994). Esse fato é de fundamental importância no processo de formação de mudas de videira que, inoculadas com FMA, apresentam maior biomassa vegetal do que as não micorrizadas e, conseqüentemente, melhores condições para o transplante no momento da instalação dos parreirais (Karagiannidis *et al.* 1995, Jaizme-Vega *et al.* 2003).

Mudas de videira micropropagadas também são beneficiadas no estágio de aclimação pela inoculação com FMA, que conferem ao vegetal aumento no crescimento e tolerância à mudança da condição de cultivo *in vitro* para *ex vitro* (Ravolanirina *et al.* 1989, Schubert *et al.* 1990, Alarcón *et al.* 2001). Schellenbaum *et al.* (1991) observaram alteração na arquitetura das raízes de porta-enxerto de videiras micropropagadas (SO<sub>4</sub>102) quando inoculadas com isolados de *Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerd. & Trappe emend. Walker & Koske (Aguín *et al.* 2004). Esta mudança foi devida ao maior número de raízes laterais, proporcionando aumento na zona de absorção de nutrientes.

Cheng & Baumgartner (2004b) relataram que as hifas de FMA não apenas absorvem nutrientes do solo, como podem se conectar com raízes de outras plantas, como as leguminosas que são utilizadas como cultura de cobertura em vinhedos, transferindo nitrogênio para a videira. Além dos benefícios nutricionais, a simbiose micorrízica arbuscular confere aos porta-enxertos de videira maior tolerância ao estresse hídrico, pelo

aumento das taxas fotossintética e de resistência difusiva (Nikolaou *et al.* 2003a). Nikolaou *et al.* (2003b) observaram incremento nos níveis de citocininas em plantas de videira micorrizadas, quando comparadas ao controle não inoculado. Os autores relacionaram as alterações nos níveis hormonais com o aumento da resistência difusiva, potencial hídrico foliar, assimilação de CO<sub>2</sub>, e, conseqüentemente, melhoria do estado hídrico vegetal em condições de seca.

Porta-enxertos de videiras foram mais tolerantes ao desenvolvimento de clorose quando inoculados com *Glomus mosseae*, devido ao aumento nos teores de clorofila da planta micorrizada (Bavaresco & Fogher 1996). Esses autores observaram relação entre a colonização micorrízica e os teores de clorofila do vegetal. Estudando o efeito da população nativa de FMA sobre o desenvolvimento da clorose, Bavaresco *et al.* (2000) verificaram que a inoculação com FMA autóctones foi mais eficiente do que com FMA exóticos.

Waschkies *et al.* (1994) observaram que a utilização de FMA diminuiu a incidência da doença bacteriana que ocorre durante o replante da videira, devido à redução na população de bactérias fluorescentes, relacionadas como agentes causadores dessa doença.

Em relação à produção e características dos frutos, mudas de videira enxertada e micorrizadas com *Gigaspora albida* Schenck & Smith, apresentaram melhor produção e qualidade de frutos (Motosugi *et al.* 2002). Resultados semelhantes foram obtidos por Bavaresco & Fogher (1996) que relataram aumento no teor de sólidos solúveis totais nas bagas de uvas produzidas por plantas micorrizadas. Por outro lado, Nikolaou *et al.* (2002) observaram efeito contrário para os teores de sólidos solúveis totais, que foram menores em frutos de plantas inoculadas com *Glomus mosseae* do que naquelas não inoculadas.

Karagiannidis & Nikolaou (2000) observaram que videiras (*V. vinifera* cv. Razaki) micorrizadas, cultivadas em solos contaminados com metais pesados (Pb e Cd, 10 e 100 mg/Kg de solo, respectivamente), apresentaram maior crescimento vegetativo do que o controle. Neste mesmo estudo foi demonstrado que a micorrização das plantas diminuiu a translocação de Pb e Cd para a parte aérea e frutos da cultivar estudada, em relação às plantas não micorrizadas.

Devido ao papel desempenhado pelos FMA estudos visando selecionar isolados de fungos e porta-enxertos mais favoráveis à formação da simbiose micorrízica arbuscular são recomendados (Aguín *et al.* 2004). Os porta-enxertos tetraplóides possuem sistema

radicular menos desenvolvido do que seus similares diplóides e são mais favoráveis à colonização micorrízica, resultando em aumento da biomassa vegetal (Motosugi *et al.* 2002).

Melhores condições nutricionais, qualidade e produção de frutos, resistência a determinadas doenças e diminuição dos impactos ambientais, como estresse hídrico ou contaminação de solo por metais, são obtidos pela videira quando associadas a FMA. Estes fatos expressam a importância da ampliação dos estudos sobre a simbiose micorrízica arbuscular em condições de campo, na tentativa de minimizar os custos na produção e otimização da viticultura.

Apesar do crescente interesse comercial pelos cultivares de videiras produtoras de uvas sem sementes, poucos estudos têm abordado os aspectos da simbiose micorrízica arbuscular nessa cultura, embora os FMA são fundamentais para formação de parreirais mais produtivos.

## **6. Atividade microbiana do solo**

O solo é elemento fundamental para a sobrevivência humana, servindo de base para a agricultura e o desenvolvimento dos vegetais (Giasson 2004), além de atuar como ambiente para a maioria dos ciclos biogeoquímicos, resultantes da atividade dos microrganismos edáficos (Moreira & Siqueira 2002).

Além da ciclagem de nutrientes, a microbiota do solo desempenha funções como a degradação da matéria orgânica e a agregação do solo, contribuindo para manutenção dos processos ecológicos, interferindo na qualidade edáfica e na sustentabilidade ambiental (Johansson *et al.* 2004). A qualidade do solo pode ser definida como o equilíbrio edáfico entre todos os componentes do ambiente e a capacidade de manutenção de alta produtividade, causando o mínimo de distúrbios ambientais (Gil-Sotres *et al.* 2005).

Visser & Parkinson (1992) relatam a importância da avaliação da atividade microbiana do solo como indicador do aumento ou diminuição da qualidade edáfica. Desta forma, a funcionalidade do solo, medida por atributos biológicos, é utilizada para avaliar o impacto de práticas de manejo que podem melhorar ou degradar o funcionamento do sistema (Matsuoka *et al.* 2003).

De modo geral, entre as várias associações que ocorrem no solo, a simbiose micorrízica arbuscular pode afetar a atividade microbiana, como registrado na rizosfera de *Acacia holosericea* Crenn. Ex. G. Dan associada com *Glomus clarum* Nicolson & Schenck e cultivada em solo adubado com fósforo mineral (Duponnois *et al.* 2005).

Sistemas orgânicos de produção agrícola, em detrimento dos sistemas de cultivo convencionais, são conhecidos por favorecer a atividade microbiana (Arden-Clarke & Hodges 1988, Bettioli *et al.* 2002), promovendo a sustentabilidade do solo. Geralmente, o menor funcionamento biológico da microbiota edáfica em sistemas de cultivo convencionais em relação ao cultivo orgânico é devido ao uso intensivo de produtos químicos, que afetam o desenvolvimento dos microrganismos do solo (Marcote *et al.* 2001, Bettioli *et al.* 2002, Silva *et al.* 2003). A agricultura sustentável tem como base a utilização de fontes orgânicas que fornecem substratos energéticos com potencial de degradação para a microbiota do solo, aumentando o metabolismo oxidativo (Bhattacharyya *et al.* 2001, Johnson *et al.* 2005, Fernandes *et al.* 2005). Além disso, o material orgânico utilizado pode incorporar microrganismos exógenos heterotróficos que, metabolicamente ativos, contribuem para maior atividade microbiana do solo (Debosz *et al.* 2002, Ros *et al.* 2003). Dessa forma, a aplicação de adubos orgânicos favorece a atividade microbiana que está diretamente relacionada à qualidade do solo (Pascual *et al.* 1999).

Entre as inúmeras ferramentas metodológicas empregadas para avaliação da atividade microbiana do solo, o carbono da biomassa e a respiração microbiana, o quociente metabólico e a atividade enzimática geral medida pela hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), têm sido apontados como metodologias sensíveis às alterações na qualidade do solo (Gil-Sotres *et al.* 2005, Caravaca *et al.* 2005). Apesar da eficácia desses parâmetros em variar em função das alterações do solo, deve-se considerar vários atributos edáficos para melhor entendimento das mudanças ocorridas no ambiente (Stenberg 1999).

A biomassa microbiana do solo pode ser definida como parte do conteúdo orgânico formado pelos microrganismos vivos (bactérias, fungos e microfauna) com tamanho menor que  $10 \mu\text{m}^3$ , e pode ser quantificada por unidade de carbono por grama de solo seco, sendo avaliada geralmente pelo método da fumigação-extração (De-Polli & Guerra 1997). Essa propriedade biológica do solo define o teor de carbono contido no sistema e o potencial catabólico dos microrganismos, podendo estar relacionada à qualidade do solo e à

produtividade agrícola e ecológica (Moreira & Siqueira 2002). Além disso, a determinação do carbono microbiano pode ser considerada indicador da fração viva da matéria orgânica (Marinari *et al.* 2000), por isso pode ser empregado na avaliação do impacto de sistemas de manejo (Caravaca *et al.* 2002b).

Estudando o efeito da aplicação de lodo de esgoto em um Latossolo Distrófico Vermelho Escuro, Fernandes *et al.* (2005) observaram maiores teores de C e N da biomassa microbiana em relação ao uso de fertilizantes minerais. Os autores atribuíram esse efeito ao conteúdo de nutrientes e ao teor de matéria orgânica presente no adubo aplicado.

O aumento do carbono da biomassa microbiana também foi relacionado com os níveis de carbono orgânico solúvel, presente em um composto formado por resíduo municipal, utilizado como alternativa para adubação (Bhattacharyya *et al.* 2001). Da mesma forma, Lee *et al.* (2004) verificaram que a adição de composto orgânico aumentou o número de microrganismos, conforme análise da biomassa microbiana do solo.

Garcia *et al.* (2000) observaram aumento do carbono da biomassa microbiana na rizosfera de *Pinus halepensis* Mill associado a *Pisolithus arrhizus* (Pers) Ranschert e cultivado em solo adubado organicamente, demonstrando a influência da simbiose micorrízica nesse parâmetro. No caso dos FMA que constituem o maior componente da biomassa microbiana do solo (Kennedy 1998), deve-se definir práticas que favoreçam a produção de biomassa por esses fungos no solo.

Andrade *et al.* (2004) observaram correlação positiva entre o número de esporos e micélio externo de FMA com o carbono da biomassa microbiana na rizosfera de plantas de soja micorrizadas. Esses resultados reforçam os obtidos por Caravaca *et al.* (2005), os quais também observaram correlação entre o carbono da biomassa microbiana e a colonização micorrízica.

A respiração dos microrganismos do solo pode ser avaliada pela quantidade de carbono do CO<sub>2</sub> emitido, expressando a capacidade de degradação da matéria orgânica pela microbiota heterotrófica (Abdelhamid *et al.* 2004), que constitui fase fundamental no ciclo do carbono (Hernández & García 2003) e é maximizado quando adubos orgânicos são aplicados ao solo (Sarangi *et al.* 2001). Esse parâmetro tem sido amplamente empregado para estimar a atividade microbiana do solo (Santrucková & Straskraba 1991). A adição de composto orgânico no solo, como relatado para a biomassa microbiana, aumentou os níveis

de emissão de CO<sub>2</sub> (Sarangi *et al.* 2001, Ros *et al.* 2003, Fernandes *et al.* 2005). Da mesma maneira, correlação positiva foi obtida entre o carbono da biomassa microbiana e a emissão de CO<sub>2</sub> em estudo com diferentes espécies de vegetais utilizadas para recuperação de áreas semi-áridas na Espanha (Garcia *et al.* 2005).

A razão entre respiração e a biomassa microbiana, definida como quociente metabólico ( $qCO_2$ ) (Santrucková & Straskraba 1991), pode indicar o estágio fisiológico dos microrganismos do solo, sendo o aumento na relação relacionado à condição de estresse, e a diminuição com a eficiência metabólica da microbiota edáfica (Böhme *et al.* 2005). Por isso, tal medida pode fornecer indicativo da saúde do solo, no entanto, Garcia *et al.* (2002), relataram aumento no  $qCO_2$ , em solos não perturbados. Avaliando a aplicação de rejeito salinizado na atividade microbiana do solo no semi-árido brasileiro, Pereira *et al.* (2004) observaram maior  $qCO_2$  na área nativa do que na irrigada com rejeito. Garcia *et al.* (2005) também verificaram aumento do  $qCO_2$  em áreas de revegetação do semi-árido da Espanha, que não constitui uma condição de estresse para o solo. Portanto, outras relações com base nos parâmetros microbiológicos devem ser avaliadas para obtenção de dados que complementem o estudo da atividade microbiana do solo, devido ao fato dos valores de  $qCO_2$  não serem universais.

Outra forma de avaliar a atividade microbiana do solo é pela clivagem do diacetato de fluoresceína (FDA), que pode ser hidrolisada por proteases, lipases e esterases não específicas, informando sobre a atividade enzimática geral do solo (Nannipieri *et al.* 2003). A medida da hidrólise do FDA é utilizada para avaliar o efeito de práticas agrícolas sobre a atividade enzimática geral do solo (Taylor *et al.* 2002). Sistemas que utilizam adubos orgânicos apresentaram maior atividade hidrolítica de FDA como relatado por Nsabimana *et al.* (2004). Da mesma forma, Pérez Sarmentero *et al.* (1994) obtiveram maior atividade hidrolítica de FDA em solo que recebeu composto orgânico, em relação aos adubados quimicamente.

Diante dos benefícios da implantação de sistemas orgânicos para melhoria da qualidade do solo, tais formas de produção agrícola, devem ser incentivadas, porém deve-se analisar pontualmente cada situação, visando determinar as práticas que permitam a produtividade vegetal sem comprometimento da saúde do solo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelhamid, M.T.; Horiuchi, T. & Oba, S. 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. **Bioresource Technology** **93**: 183-189.
- Aguín, O.; Mansilla, J.P.; Vilariño, A. & Sainz, M.J. 2004. Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. **American Journal of Enology and Viticulture** **55**: 2004.
- Alarcón, A. & Ferrerra-Cerrato, R. 1999. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. **Terra** **17**: 179-191.
- Alarcón, A.; González-Chávez, M.C.; Ferrerra-Cerrato, R. & Villagas-Monter, A. 2001. *Glomus fasciculatum* and *Glomus etunicatum* effectiveness on growth of *Vitis vinifera* L. micropropagated plantlets. **Terra** **19**, 29-35. **Terra** **19**: 29-35.
- Anaya, A.L. 1999. Allelopathy as tool in the management of biotic resources in agroecosystems. **Critical Reviews in Plant Sciences** **18**: 697-739.
- Anjos, E.C.T.; Cavalcante, U.M.T.; Santos, V.F. & Maia, L.C. 2005. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **40**: 345-351.
- Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Biermaan, P.; & Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. **Bioresource Technology** **93**: 145-153.
- Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Biermaan, P.; Welch, C. & Metzger, J.D. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste on the growth and yield of peppers in the field. **Pedobiologia** **49**: 297-306.
- Arancon, N.Q.; Lee, S.; Edwards, C.A. & Atiyeh, R. 2003. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. **Pedobiologia** **47**: 741-744.
- Arden-Clarke, C. & Hodges, R.D. 1988. The environmental effects of conventional and organic/biological farming systems. II. Soil ecology, soil fertility and nutrient cycles. **Biology Agriculture and Horticulture** **5**: 223-287.

- Atiyeh, R.M.; Lee, S.; Edwards, C.A.; Arancon, N.Q. & Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic waste on plant growth. **Bioresource Technology** **84**: 7-14.
- Augé, R.M. & Moore, J.L. 2005. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and plant drought resistance. Pp. 136-162. In: V.S. Mehrotra (ed.). **Mycorrhiza: role and applications**. Allied Publishers PVT LTDA. New Delhi.
- Bastos, R.S.; Mendonça, E.S.; Alvarez, V.H.; Corrêa, M.M. 2005. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** **29**: 11-20.
- Baumgartner, K.; Smith, R.F. & Bettiga, L. 2005. Weed control and cover crop management affect mycorrhizal colonization of grapevine roots and arbuscular mycorrhizal fungal spore populations in a California vineyard. **Mycorrhiza** **15**: 111-119.
- Bavaresco, L.; Cantù, E. & Trevisan, M. 2000. Chlorosis occurrence, natural arbuscular-mycorrhizal infection and stilbene root concentration of ungrafted grapevine rootstocks growing on calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition** **23**: 1685-1697.
- Bavaresco, L. & Fogher, C. 1996. Lime-induced chlorosis of grapevine as affected by rootstock and infection with arbuscular mycorrhiza and *Pseudomonas fluorescens*. **Vitis** **35**: 119-123.
- Bengtsson, J.; Ahnström, J. & Weibull, A.N. 2005. The effects organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. **Journal of Applied Ecology** **42**: 261-269.
- Bettiol, W.; Ghini, R.; Galvão, J.A.H.; Ligo, M.A.V. & Mineiro, J.L.C. 2002. Soil organisms in organic and conventional cropping systems. **Scientia Agricola** **59**: 565-572.
- Bhattacharyya, P.; Pal, R.; Chakraborty, A. & Chakrabarti, K. 2001. Microbial and biomass and activity in laterity soil amended with municipal solid waste compost. **Journal Agronomy & Crop Science** **187**: 207-211.
- Bidegain, R.A.; Kaemmerer, M.; Guiresse, M.; Hafidi, M.; Rey, F.; Morard, P. & Revel, J.C. 2000. Effects of humic substances from composted or chemically decomposed poplar sawdust on mineral nutrition of ryegrass. **Journal of Agriculture Science** **134**: 259-267.

- Böhme, L.; Langer, U. & Böhme, F. 2005. Microbial biomass, enzyme activities and microbial community structure in two European long-term field experiments. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **109**: 141-152.
- Brandão, J.A.C.; Cavalcante, U.M.T.; Pedrosa, E.M.R. & Maia, L.C. 2004. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e *Pratylenchus coffeae* na produção de mudas de gravioleira (*Annona muricata*). **Nematologia Brasileira** **28**: 27-33.
- Brundett, M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist** **154**: 275-304.
- Bulluck III, L.R., Brosius, M., Evanylo, G.K. & Ristaino, J.B. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology** **19**: 147-160.
- Caravaca, F.; Alguacil, M.M.; Torres, P. & Roldán, A. 2005. Plant type mediates rhizospheric microbial activities and soil aggregation in a semiarid Mediterranean salt marsh. **Geoderma** **124**: 375-382.
- Caravaca, F.; Barea, J.M.; Figueredo, D. & Roldán, A. 2002a. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reafforestation with *Olea europaea* subsp. *Sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. **Applied Soil Ecology** **20**: 107-118.
- Caravaca, F.; Masciandaro, G. & Ceccanti, B. 2002b. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. **Soil & Tillage Research** **68**: 23-30.
- Carneiro, M.A.C.; Siqueira, J.O. & Moreira, F.M.S. 2001. Estabelecimento de plantas herbáceas em solos com contaminação de metais pesados e inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **36**: 1443-1452.
- Cavalcante, U.M.T.; Maia, L.C.; Nogueira, R.J.M.C.; Santos, V.F. 2001. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* SIMS. Flavicarpa DEG.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasílica** **15**(3): 379-390.
- Cheng, X. & Baumgartner, K. 2004a. Survey of arbuscular mycorrhizal fungal communities in Northern California vineyards and mycorrhizal colonization potencial of grapevine nursery stock. **Hortscience** **39**(7): 1702-1706.

- Cheng, X. & Baumgartner, K. 2004b. Arbuscular mycorrhizal fungi-mediated nitrogen transfer from vineyard cover crops to grapevines. **Biology and Fertility of Soils** **40**: 406-412.
- Choudhury, M.M.; Araújo, J.L.P.; Leão, P.C.S.; Resende, J.M.; Costa, T.S. & Reis, C.S. 2001. Uvas de mesa: pós colheita. **Frutas do Brasil: Embrapa Semi-árido (Petrolina-PE)** Brasília Embrapa informações tecnológicas, 55p.
- Costa, C.M.C.; Cavalcante, U.M.T.; Goto, B.T.; Santos, V.F. & Maia, L.C. 2005. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **40**: 225-232.
- Costa, C.M.C.; Cavalcante, U.M.T.; Lima Jr., M.R. & Maia, L.C. 2003. Inoculum density of arbuscular mycorrhizal fungi needed to promote growth of *Hancornia speciosa* Gomes seedling. **Fruits** **58**: 247-254.
- Debosz, K.; Petersen, S.O.; Kure, L.K. & Ambus, P. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. **Applied Soil Ecology** **19**: 237-248.
- Declerck, S.; Plenchette, C.; Risede, J.M.; Strullu, D.G. & Delvaux, B. 1999. Estimation of the population density of arbuscular mycorrhizal fungi in soils used for intensive banana cultivation in Martinique. **Fruits** **54**: 3-9.
- De-Polli, H. & Guerra, J.G.M. 1997. Determinação do Carbono da biomassa microbiana do solo: Método da fumigação-extração. Seropédica, Embrapa-CNPAB, 10p. (Série Documentos, 37).
- Duponnois, R.; Colombet, A.; Hien, V.; Thioulouse, J. 2005. The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. **Soil Biology & Biochemistry** **37**: 1460-1468.
- Douds Jr., D.D., Galvez, L., Franke-Snyder, M. Reider, C. & Drinkwater, L.E. 1997. Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **65**: 257-266.
- Douds Jr., D.D., Galvez, L., Janke, R.R. & Wagoner, P. 1995. Effect of tillage and farming system upon populations and distributions of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **52**: 111-118.

- Douds Jr., D.D., Janke, R.R. & Peters, S.E. 1993. VAM fungus spore populations and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **43**: 325-335.
- Ellis, J.R., Roder, W. & Mason, S.C. 1992. Grain sorghum-soybean rotation and fertilization influence on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science Society of American Journal** **56**: 789-794.
- Elsen, A.; Beeterens, R.; Swennen, R. & Waele, D.D. 2003. Effects of an arbuscular mycorrhizal fungus and two plant-parasitic nematodes on *Musa* genotypes differing in root morphology. **Biology and Fertility Soils** **38**: 367-376.
- Entz, M.H.; Penner, K.R.; Vessey, J.K.; Zelmer, C.D. & Martens, J.R.T. 2004. Mycorrhizal colonisation of flax long-term organic and conventional management. **Canadian Journal of Plant Science** **84**: 1097-1099.
- Estrada-Luna, A. A. & Davies Jr., F. T. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water relations, gas Exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capsidium annuum*) plantlets during acclimatization and postacclimatization. **Journal of Plant Physiology** **160**: 1073-1083.
- Estrada-Luna, A.A.; Davies Jr., F.T.; Egilla, J.N. 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment. **Mycorrhiza** **10**: 1-8.
- Fernandes, S.A.P.; Bettiol, W. & Cerri, C.C. 2005. Effects of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quocient and soil enzymatic activity. **Applied Soil Ecology** **30**: 65-77.
- Frank-Snyder, M.; Douds Jr., D.D.; Galvez, L.; Phillips, J.G.; Wagoner, P.; Drinwater, L. & Morton, J.B. 2001. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in easter Pennsylvania, USA. **Applied Soil Ecology** **16**: 35-48.
- Focchi, S.S., Soglio, F.K.D., Carrenho, R., Souza, P.V.D. & Lovato, P.E. 2004. Fungos micorrizicos arbusculares em cultivo de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **39**: 469-476.

- Galvez, L.; Douds Jr., D.D.; Drinkwater, L.E. & Wagoner, P. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. **Plant and Soil** **228**: 299-308.
- Garcia, C.; Hernández, T.; Roldán, A.; Albaladejo, J. & Castillo, V. 2000. Organic amendment and mycorrhizal inoculation as a practice in afforestation of soils with *Pinus halepensis* Miller: effect on their microbial activity. **Soil Biology & Biochemistry** **32**: 1173-1181.
- Garcia, C.; Hernández, T.; Roldan, A. & Martin, A. 2002. Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under mediterranean climate. **Soil Biology & Biochemistry** **34**: 635-642.
- Garcia, C.; Roldan, A. & Hernandez, T. 2005. Ability of different plant species to promote microbiological process in semiarid soil. **Geoderma** **124**: 193-202.
- Gebbing, H.; Schwab, A. & Alleweldt, G. 1977. Mykorrhiza der reber. **Vitis** **16**: 279-285.
- Giasson, E. 2004. Introdução ao estudo dos solos. Pp. 11-33. In: E.G.Meurer (ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre, Genesis.
- Gil-Sotres, F.; Trasa-Cepeda, C.; Leirós, M.C. & Seoane, S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. **Soil Biology & Biochemistry** **37**: 877-887.
- Gliessman, S.R.; Swezey, S.L.; Allison, J.; Cochran, J.; Farrell, J.; Kluson, R.; Rosado-May, F. & Werner, M. 1990. Strawberry production systems during conversion to organic management. **California Agriculture** **44**: 5-7.
- Gliessman, S.R.; Werner, M.R.; Swezey, S.L.; Caswell, E.; Cochran, J. & Rosado-May, F. 1996. Conversion to organic strawberry management changes ecological processes. **California Agriculture** **50**: 24-31.
- Gryndler, M.; Hrsclová, H. Sudová, R.; Gryndlerová, H.; Rezácová, V. & Merhautová, V. 2005. Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum* BEG23 is stimulated by humic substances. **Mycorrhiza** **15**: 483-488.
- Harley, J.L. & Smith, S.E. 1983. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, London UK.
- Hayes, M.H.B. & Clapp, C.E. 2001. Humic substances: considerations of compositions, aspects of structure, and environmental influences. **Soil Science** **166**: 723-737.

- Hellman, E.W. 2003. Grapevine structure and function. P. 5-18. In: Hellman, E.W. (ed.). **Oregon viticulture**. Oregon State University Press, Corvallis, OR.
- Hernández, T. & García, C. 2003. Estimación de la respiración microbiana del suelo. Pp. 313-346 In: C.G. Izquierdo; F. Gil-Sotres; T.H. Fernández & C.T. Cepeda (eds.). **Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Jaizme-Vega, M.C.; Rodríguez, N. & González, E. 2003. Aplicación de micorrizas sobre viña durante la fase de vivero. **Actas Horticultura 39**: 463-464.
- Jeffries, P.; Gianinazzi, S.; Perotto, S.; Turnau, K. & Barea, J.M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility Soils 37**: 1-16.
- Johansson, J.F.; Paul, L.R.; Finlay, R.D. 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. **FEMS Microbiology Ecology 48**: 1-13.
- Johnson, N.C. 1998. Responses of *Salsola kali* and *Panicum virgatum* to mycorrhizal fungi, phosphorus and soil organic matter: implications for reclamation. **Journal of Applied Ecology 35**: 86-94.
- Johnson, D.; Leake, J.R. & Read, D.J. 2005. Liming and fertilization affects phosphatase activities, microbial biomass and mycorrhizal colonization in upland grassland. **Plant and Soil 271**: 157-164.
- Karagiannidis, N. & Nikolaou, N. 1999. Arbuscular mycorrhizal root infection as an important factor of grapevine nutrition status. Multivariate analysis application for evaluation and characterization of the soil and leaf parameters. **Agrochimica 43**: 151-165.
- Karagiannidis, N. & Nikolaou, N. 2000. Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Pb and Cd) uptake, growth, and chemical composition of *Vitis vinifera* L. (cv. Razaki). **American Journal of Enology and Viticulture 51**: 269-275.
- Karagiannidis, N.; Nikolaou, N. & Mattheou, A. 1995. Wirkung dreier VA-mykorrhizapilze auf ertrag und Nährstoffaufnahme von drei unterlagen un einer tafeltraubensorte. **Vitis 34**: 85-89.

- Karagiannidis, N.; Velemis, D. & Stavropoulos, N. 1997. Root colonization and spore population by VA-mycorrhizal fungi in four grapevine rootstocks. **Vitis** **36**: 57-60.
- Karandashov, V. & Bucher, M. 2005. Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. **TRENDS in Plant Science** **10**: 22-29.
- Kennedy, A.C. 1998. The rhizosphere and spermosphere. In: D.M. Sylvia; J.J. Fuhrmann; P. G. Hartel & D. A. Zuberer (eds). **Principles and application of soil microbiology**. Prince Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Klironomos, J.N.; McCune, J.; Hart, M. & Neville, J. 2000. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. **Ecology Letters** **3**: 137-141.
- Koide, R.T. 2000 Functional complementarity in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist** **147**: 233-235.
- Kopke, U. 2005. Organic foods: Do they have a role ? **Diet Diversification and health promotion Forum of Nutrition** **57**: 62-72.
- Kurle, J.E. & Pflieger, F.L. 1994. Arbuscular mycorrhizal fungus spore populations respond to conversion between low-input and conventional management practices in a corn-soybean rotation. **Agronomy Journal** **86**: 467-475.
- Leão, P.C.S. 2000. Principais variedades. Pp. 45-64. In: Leão, P.C.S. & Soares, J.M. (eds.). **A viticultura no Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina, Embrapa Semi-Árido.
- Leão, P.C.S. & Silva, E.E.G. 2003. Brotação e fertilidade de gemas em uvas sem sementes no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura** **25**: 375-378.
- Lee, J.J.; Park, R.D.; Kim, Y.W.; Shim, J.H.; Chae, D.H.; Rim, Y.S.; Sohn, B.K. & Kim, K.Y. 2004. Effects of food waste compost microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. **Bioresource Technology** **93**: 21-28.
- Linderman, R.G. & Davis, E.A. 2001. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth response to soil amendment grape pomace or its water extract. **Hortechology** **11**: 446-450.
- Lovato, P.E.; Trouvelot, A.; Gianinazzi-Pearson, V. & Gianinazzi, S. 1996. Micorrização de plantas micropropagadas. Pp. 176-201. In: J.O. Siqueira (ed.). **Avanços em**

- fundamentos e aplicação de micorrizas.** Universidade federal de Lavras – DCS/DCF, Lavras.
- Mäder, P.; Edenhofer, S.; Boller, T. Wiemkem, A. & Niggli, U. 2000. Arbuscular mycorrhizae in a long-term field comparing low-input (organic, biological) and high-input (convencional) farming systems in a crop rotation. **Biology and Fertility Soils** **31**: 150-156.
- Marcote, I.; Hernández, T.; García, C. & Polo, A. 2001. Influence of one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. **Bioresource technology** **79**: 147-154.
- Marinari, S.; Masciandaro, G.; Ceccanti, B. & Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. **Bioresource Technology** **72**: 9-17.
- Matsuoka, M.; Mendes, I.C. & Loureiro, M.F. 2003. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciências do Solo** **27**: 425-433.
- Matsuoka, M.; Saggin Jr. & Loureiro, M.F. 2002. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas de videira na região de Primavera do Leste-MT. **Revista Agronômica Tropical** **6**: 113-134.
- Mattheou, A.; Karagiannidis, N. & Nikolaou, N. 1994. Seasonal changes of leaf nutrient levels of grapevine over two dry years. **Agr. Med.** **124**: 187-196.
- Mehrotra, V.S. 2005. Mycorrhiza: premier biological tool for managing soil fertility. Pp. 1-65. In: V.S. Mehrotra (ed.). **Mycorrhiza: role and applications.**
- Miller, R.M. & Jastrow, J.D. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. Pp. 3-18 In: Y. Kapulnik & D.D. Douds Jr. (eds.). **Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function.** Kluwer Academic Publishers, London.
- Moreira, F.M.S. & Siqueira, J.O. 2002. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras, Editora UFLA, 626p.
- Motosugi, H.; Yamamoto, Y.; Naruo, T.; Kitabayashi, H. & Ishii, T. 2002. Comparison of the growth and leaf mineral concentrations between three grapevine rootstocks and their

- corresponding tetraploids inoculated with an arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. **Vitis** **41**: 21-25.
- Nachtigal, J.C. 2005. Uvas sem sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura** **27**: 1-193.
- Nannipieri, P.; Ascher, J.; Ceccherini, M.T. Landi, L.; Pietramellara, G. & Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. **European Journal of Soil Science** **54**: 655-670.
- Newsham, K.K.; Fitter, A.H. & Watkinson, A.R. 1995. Multi-funcionalidade and biodiversidade in arbuscular mycorrhizas. **Tree** **10**: 407-411.
- Nikolaou, N.; Angelopoulos, K. & Karagiannidis, N. 2003a. Effects of drought stress on mycorrhizal and non-mycorrhizal Carbenet Sauvignon grapevine, grafted onto various rootstocks. **Experimental Agriculture**. **39**: 241-252.
- Nikolaou, N.; Karagiannidis, N.; Koundouras, S. & Fysarakis, I. 2002. Effects of diferentes P sources in soil on increasing growth and mineral uptake of mycorrhizal *Vitis vinifera* L. (cv Victoria) vines. **Journal International des Science de la Vigne et du Vin** **36**: 195-204.
- Nikolaou, N.A.; Koukourikou, M.; Angelopoulos, K. & Karagiannidis, N. 2003b. Cytokinin content and water relations of “Carbenet Sauvignon” grapevine exposed to drought stress. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** **78**: 113-118.
- Nsabimana, D.; Haynes, R. J. & Wallis, F. M. 2004. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. **Applied Soil Ecology** **26**: 81-92.
- Nunes, R.F.M. & Munuera, M.C.M. 1994. **Propagação de videira**. São Paulo, Universidade Estadual de Paulista-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 92p.
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Ris, E.A.; Boller, T. & Wiemken, A. 2005. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. **New Phytologist** **165**: 273-283
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Mader, P.; Dubois, D.; Ineichen, K.; Boller, T. & Wiemken, A. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecosystem Ecology** **138**: 574-583.
- Pascual, J.A.; García, C. & Hernandez, T. 1999. Comparison of fresh and composted organic waste in their efficacy for the improvement of arid soil quality. **Bioresource Technology** **68**: 255-264.

- Pereira, S.V. Martinez, C.R.; Porto, E.R.; Oliveira, B.R.B. & Maia, L.C. 2004. Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **39**: 757-762.
- Pérez-Sarmentero, J.; Molina, A. & Colmenares, R. 1994. Influencia del abadono com compost y fertilizantes solubles sobre la actividad enzimática del suelo y la calidad del cultivo avena-veza em uma finca de la alta montaña madrileña. Pp. 147-153. Prácticas ecológicas para uma agricultura de calidad. In: Congreso de la sociedad española de la agricultura ecologica, Toledo.
- Petgen, M.; Schropp, A.; George, E. & Römheld, V. 1998. Influence of different inoculum places of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on mycorrhizal colonization in grapevine rootstocks (*Vitis* sp.). **Vitis** **37**: 99-105.
- Pinkerton, J.N.; Schreiner, R.P.; Ivors, K.L. & Vasconcelos, M.C. 2004. Effects of *Mesocriconema xenoplax* on *Vitis vinifera* and associated mycorrhizal fungi. **Journal of Nematology** **36**: 193-201.
- Possingham, J.V. & Obbink, J.G. 1971. Endotropic mycorrhiza and the nutrition of grape vines. **Vitis** **10**: 120-130.
- Ravolanirina, F.; Gianinazzi, S.; Trouvelot, A. & Carre, M. 1989. Production of endomycorrhizal explants of micropropagated grapevine rootstocks. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **29**: 323-327.
- Redecker, D.; Kodner, R. & Graham, L.E. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science** **289**: 1920-1921.
- Ricklefs, R.E. 1996. **A Economia da Natureza**. Rio de Janeiro, Guanabara koogan.
- Rillig, M.C. 2004. Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. **Ecology Letters** **7**: 740-754.
- Ros, M.; Hernandez, M.T. & García, C. 2003. Soil microbiology activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments. **Soil Biology & Biochemistry** **35**: 463-469.
- Ryan, M. & Ash, J. 1999. Effects of phosphorus and nitrogen on growth of pasture plants and VAM fungi in SE Australian soil with contrasting fertilizer histories (conventional and biodynamic). **Agriculture, Ecosystems and Environment** **73**: 51-62.

- Ryan, M.H.; Chilvers, G.A. & Dumaresq, D.C. 1994. Colonisation of wheat by VA-mycorrhizal fungi was found to be higher on a farm managed in an organic manner than on a conventional neighbour. **Plant and Soil** **160**: 33-40.
- Ryan, M.H.; Small, D.R. & Ash, J.E. 2000. Phosphorus controls the level of colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in conventional and biodynamic irrigated dairy pastures. **Australian Journal of Experimental Agriculture** **40**: 663-670.
- Saggin Jr., O.J. & Lovato, P.E. 1999. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. Pp. 725-773 In: J.O. Siqueira; F.M.S. Moreira; A.S. Lopes; L.R.G. Guilherme; V. Faquin; A.E. Furtini Neto & J.G. Carvalho (eds.). **Inter-relação Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. SBCS, UFLA, DCS, Lavras.
- Santrucková, H. & Straskraba, M. 1991. On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. **Soil Biology & Biochemistry** **23**: 525-532.
- Sarang, P.K.; Mahakur, D. Mishra, P. 2001. Soil biochemical activity and growth response of rice *Oryza sativa* in flyash amended soil. **Bioresource Technology** **76**: 199-205.
- Sayin, C.; Brumfield, R.G.; Mencet, M.N. & Ozkan, B. 2005. The organic farming movement in Turkey. **Hortechology** **15**: 864-871.
- Schellenbaum, L.; Berta, G. Ravolanirina, F.; Tisserants, B. Gianinazzi, S. & Fitter, A.H. 1991. Influence of endomycorrhizal infection on root morphology in a micropropagated woody plant species (*Vitis vinifera* L.). **Annals of Botany** **68**: 135-141.
- Schreiner, R.P. 2003. Mycorrhizal colonization of grapevine rootstocks under field conditions. **American Journal of Enology and Viticulture** **54**:143-149.
- Schubert, A. & Cravero, M.C. 1985. Occurrence and infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in north-western Italy vineyards. **Vitis** **24**: 129-138.
- Schubert, A.; Mazzitelli, M.; Ariusso, O. & Eynard, I. 1990. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on micropropagated grapevines: Influence of endophyte strain, P fertilization and growth medium. **Vitis** **29**: 5-13.
- Schüßler, A.; Schwarzott, D. & Walker, C. 2001. A new phylum, the glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycology Research** **105**: 1413-1421.
- Sieverding, E. 1991. **Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems**. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GZT), Eschborn, Germany.

- Silva, L.S.; Camargo, F.A.O. & Ceretta, C.A. 2004. Composição da fase sólida orgânica do solo. Pp. 73-98. In: E.J.Meurer (ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre, Genesis.
- Silva, P.C.G.; 2004: **Anais do Seminário Novas Perspectivas para o Cultivo da Uva sem Semente no Vale do São Francisco Embrapa Semi-Árido**. Petrolina/PE 1 CD ROM.
- Silva, P.C.G. & Correia, R.C. 2000. Caracterização social e econômica da videira. Pp.19-32. In: Leão, P.C.S. & Soares, J.M. (eds.). **A viticultura no Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina, Embrapa Semi-Árido, 366p.
- Silva, L.F.C. & Siqueira, J.O. 1991. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** **15**: 283-288.
- Silva, C.M.M.S.; Vieira, R.F. & Nicolella, G. 2003. Paclobutrazol effects on soil microorganisms. **Applied Soil Ecology** **22**: 79-86.
- Siqueira, J.O. 1994. Micorrizas arbusculares. Pp. 151-194. In: R.S. Araújo & M. Hungria (eds.). **Microrganismos de importância agrícola**. EMBRAPA/CNPAP série Doc., n 44, Brasília.
- Siqueira, J.O. 1996. Micorrizas e micorrizologia. Pp. 1-4 In: J.O. Siqueira (ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Universidade federal de Lavras – DCS/DCF, Lavras.
- Siqueira, J.O. & Klauberg-Filho, O. 2000. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectivas. v. 1 Pp. 235-264. In: R.F. Novais, V.H. Alvarez & C.E.G.R. Schaefer (eds.). **Tópicos em ciências do solo**. SBCS, Viçosa/MG
- Siqueira, J.O.; Lambais, M.R. & Stürmer, S.L. 2002. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** **25**: 12-21.
- Siqueira, J.O. & Moreira 2002
- Smith, S.E. & Read, D.J. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, London.
- Souza, P.V.D.; Schmitz, J.A.K.; Freitas, R.S. Camiel, E. & Carrenho, R. 2002. Identificação e quantificação de fungos micorrízicos arbusculares autóctones em municípios produtores de citros no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **37**: 553-558.

- Stenberg, B. 1999. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Acta agricultura Scandinavica** **49**: 1-24.
- Sylvia, D.M. 1998. Mycorrhizal Symbioses. Pp. 409-426. In: D.M. Sylvia; J.J. Fuhrmann; P.G. Hartel & D.A Zuberer (eds.). **Principles and application of soil microbiology**. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey.
- Taubate, F., Loges, R., Kelm, M. & Latacz-Lohman, U. 2005. A comparative assessment of the performace of organic and conventional arable farming systems on high-aquality soils in Northern Germany. **Bericht uber Landwirtschaft** **83**: 165-176.
- Taylor, J.P.; Wilson, B.; Mills, M.S. & Burns, R.G. 2002. Comparision of microbial members and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various tecniques. **Soil Biology and Biochemistry** **34**: 387-401.
- Teixeira, A.H.C. 2000. Exigências climáticas da cultura da videira. Pp. 33-44. In: Leão, P.C.S. & Soares, J.M. (eds.). **A viticultura no Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina, Embrapa Semi-Árido.
- Vallini, G.; Pera, A.; Avio, L.; Valdrighi, M. & Giovannetti, M. 1993. Influence of humic acids on laurel growth, associated rhizospheric microorganisms, and mycorrhizal fungi. **Biology and Fertility of Soil** **16**: 1-4.
- VALEXPORT, 2005: [www.valexport.com.br](http://www.valexport.com.br) (acessado em 20/10/2005)
- Van der Heijden, M.G.A.; Scheublin, T.R. & Brader, A. 2004. Taxonomic and Functional diversity in arbuscular mycorrhizal fungi – is there any relationship? **New Phytologist** **164**: 201-204.
- Visser, S. & Parkinson, D. 1992. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microrganisms. **American Journal of Alternative Agriculture** **7**: 33-37.
- Waschkies, C.; Schropp, A. & Marschner, H. 1994. Relation between grapevine replant disease and root colonization of grapevine (*Vitis* sp.) by fluorescent pseudomonads and endomycorrhizal fungi. **Plant and Soil** **162**: 219-227.
- Weber, O.B. & Oliveira, E. 1994. Ocorrência de fungos micorrízicos vesícul-arbusculares em citros nos estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **29**: 1905-1914.

- Werner, M.R.; Kluson, R.A. & Gliessman, S.R. 1990. Colonization of strawberry roots by VA mycorrhizal fungi in agroecosystems under conventional and transitional organic management. **Biological Agriculture and Horticulture** 7: 139-151.
- Wright, S.F. Upadhyaya, A. 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil** 198: 97-107.
- Wuest, S.B.; Caesar-Tonthat, T.C.; Wright, S.F. & Williams, J.D. 2005. Organic matter addition N, and residue burning effects on infiltration biological and physical properties of an intensively tilled silt-loam soil. **Soil and Tillage Research** 84: 154-167.
- Xie, B. & Wang, X.R. 2003. Organic agriculture in China. **Outlook on agriculture** 32(3): 161-164.
- Yano-Melo, A.M.; Maia, L.C. & Morgado, L.B. 1997. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do Submédio São Francisco. **Acta Botânica Brasilica** 11: 115-121.
- Yano-Melo, A.M.; Saggin Jr., O.J., Lima-Filho, J.M.; Melo, N.F. & Maia, L.C. 1999. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. **Mycorrhiza** 9: 119-123.
- Yano-Melo, A.M.; Saggin Jr., O.J. & Maia, L.C. 2003. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. Cv. Pacovan) plantlets to saline stress. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 95: 343-348.
- Yao, M.R.; Tweddell & Dêsilets, H. 2002. Effects of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagate potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani*. **Mycorrhiza** 12: 235-242.

## ***Capítulo 2***

***Atividade microbiológica e bioquímica na rizosfera de videiras sob  
manejo convencional e orgânico no Vale do Submédio  
São Francisco, Petrolina/PE, Brasil***

*Artigo a ser submetido para publicação no periódico Vitis*

**Atividade microbiológica e bioquímica na rizosfera de videiras sob  
manejo convencional e orgânico no Vale do Submédio  
São Francisco (Petrolina-PE, Brasil)**

**Nicácio de Oliveira Freitas<sup>1,4</sup>; Adriana Mayumi Yano-Melo<sup>1</sup>;  
Fábio Sérgio Barbosa da Silva<sup>1,3</sup>; Nataniel Franklin de Melo<sup>2</sup> & Leonor Costa Maia<sup>1,5</sup>**

---

<sup>1</sup>Departamento de Micologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-420, Recife, PE, Brasil

<sup>2</sup>Embrapa Semi-Árido, Caixa Postal 23. 56302-970; Petrolina, PE, Brasil

<sup>3</sup>Bolsista CAPES (Pós-Graduação em Biologia de Fungos/UFPE)

<sup>4</sup>Bolsista CNPq (Pós-Graduação em Biologia de Fungos/UFPE)

<sup>5</sup>Autor para correspondência ([leonorcmaia@yahoo.com.br](mailto:leonorcmaia@yahoo.com.br)), Bolsista pesquisador CNPq

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar os sistemas de cultivo convencional e orgânico de videira apirênica em relação à micorrização e à atividade microbiana do solo. As amostras foram avaliadas quanto ao número de esporos, colonização micorrízica, produção de glomalina, número mais provável de propágulos de FMA, carbono e respiração microbiana, atividade hidrolítica do diacetato de fluoresceína (FDA) e coeficiente metabólico ( $qCO_2$ ). O tipo de manejo influenciou os parâmetros analisados, com exceção da produção de glomalina e do  $qCO_2$ . A colonização micorrízica foi de 15,9 % (cultivo orgânico) e 4,7% (cultivo convencional), enquanto o número de esporos variou de 12,4 a 4,1 por  $50\text{ g}^{-1}$  solo nos dois sistemas, respectivamente. A estimativa do número de propágulos de FMA por  $\text{cm}^{-3}$  foi de 110 na área orgânica e 70 na convencional. As amostras de solo apresentaram carbono microbiano ( $163,41$  e  $65,98\ \mu\text{g.g solo seco}^{-1}$ ), emissão  $CO_2$  ( $59,64$  e  $19,86\ \mu\text{g g solo seco}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ) e atividade de FDA ( $24,63$  e  $6,56\ \mu\text{g g solo seco}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ) cerca de 100 a 200% maiores no cultivo orgânico em relação ao convencional. Foram identificados 13 táxons de FMA, sendo 12 espécies registradas no cultivo orgânico e nove no convencional. *Acaulospora excavata*, *Entrophospora infrequens*, *Glomus* sp.3 e *Scutellospora* sp. foram encontradas apenas na área manejada organicamente, enquanto *S. gregaria* foi exclusiva do sistema convencional. Diferindo das outras espécies, *E. infrequens* foi identificada apenas em cultura armadilha do solo com cultivo orgânico. Culturas armadilha com solo de manejo orgânico podem ser avaliadas 90 dias após a montagem, enquanto para obter resultados em culturas com solo de manejo convencional são necessários 135 dias. O cultivo de videiras em sistema orgânico favorece a micorrização e a atividade microbiana do solo em relação ao sistema convencional.

**Palavra-chave:** uvas sem sementes, fungos micorrízicos arbusculares, atividade microbiana, semi-árido

## Introdução

Nos últimos anos tem crescido o interesse pela agricultura orgânica em substituição à convencional, a qual contribui para a degradação ambiental. Sistemas orgânicos não fazem uso de produtos químicos e de práticas agrícolas que prejudicam a microbiota edáfica e conseqüentemente a qualidade e sustentabilidade do solo. A base desses cultivos é a adubação orgânica, que mantém a estabilidade funcional do solo e dos processos ecológicos envolvidos (GRANHALL *et al.* 1994), melhorando as características físicas, químicas e biológicas (BAYUER & MIELNICZUK 1999), o que resulta em sistemas mais estáveis.

Os microrganismos do solo desempenham importante papel na manutenção dos processos ecológicos, tal como a decomposição da matéria orgânica para ciclagem de nutrientes. A aplicação de fertilização orgânica geralmente favorece o desenvolvimento e a atividade microbiana do solo em relação à utilização de adubos químicos solúveis (LEE *et al.* 2004; FERNANDES *et al.* 2005)

Dentre os organismos que constituem a microbiota do solo, destacam-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Esses fungos formam associação mutualista com as raízes da maioria das espécies vegetais fanerogâmicas terrestres, encontrados nos diversos sistemas naturais e manejados. Por meio da rede hifálica, os FMA propiciam benefícios aos vegetais pelo aumento na absorção de nutrientes minerais, especialmente os de baixa mobilidade no solo, melhorando o estado nutricional da planta e a produtividade vegetal. Os FMA também interagem com outros microrganismos rizosféricos, contribuindo para o equilíbrio, qualidade e fertilidade do solo (JEFFRIES *et al.* 2003).

DOUDS JR. *et al.* (1997) relataram melhor desenvolvimento dos FMA em sistemas orgânicos, quando comparado aos convencionais. MÄDER *et al.* (2000) descreveram o importante papel destes fungos em agrossistemas em que fertilizantes minerais são substituídos por fontes orgânicas. Estudos sobre o impacto da instalação de sistemas orgânicos vs. convencional sobre os FMA presentes em tais sistemas devem ser conduzidos para melhor entendimento da biologia desses fungos e possível aplicação biotecnológica (RYAN *et al.* 2000).

FMA foram encontrados colonizando naturalmente raízes de videiras em várias partes do mundo (SCHREINER 2003; CHENG & BAUMGARTNER 2004), inclusive no Brasil (MATSUOKA *et al.* 2002). Efeitos benéficos da micorrização em videira estão relacionados principalmente com a melhoria do estado nutricional da planta, tanto em viveiro (AGUÍN *et al.* 2004) como em mudas micropropagadas, na fase de aclimação (ALARCÓN *et al.* 2001). Além destes benefícios, foram mencionadas alterações na morfologia das raízes para absorção mais eficiente de nutrientes (SCHELLENBAUM *et al.* 1991) e maior tolerância ao estresse hídrico em plantas associadas com *Glomus mosseae* (NICOL. & GERD.) GERD. & TRAPPE (NIKOLAOU *et al.* 2003).

O Vale do Submédio São Francisco está situado no Semi-árido do nordeste brasileiro e tem destaque no cenário nacional pela fruticultura irrigada, com 97% das exportações nacionais de uvas de mesa (SILVA 2004). Uma das principais culturas de interesse é a da uva sem sementes (apirênicas), que tem se expandido em área cultivada e volume produzido (SILVA & CORREIA 2000). Atualmente as variedades de uvas apirênicas cultivadas no Vale do Submédio São Francisco que diferem em termos de produção e características dos frutos são as denominadas “Thompson Seedless”, “Perlette”, “Catalunha”, “Superior Seedless”, “Centenneial Seedless”, “Flame Seedless”, “Vênus” e “Marroo Seedless” (LEÃO 2000). No entanto, pouco é conhecido sobre a influência do sistema de cultivo orgânico, em relação ao convencional, sobre a atividade microbiológica do solo, principalmente no cultivo dessas videiras. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de cultivo convencional e orgânico de videiras sem sementes, sobre o desenvolvimento e a diversidade de FMA e sobre a atividade microbiana do solo.

## **Material e Métodos**

### **1. Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado em uma fazenda de produção comercial de uvas apirênicas localizada no município de Petrolina (09°19'838"S e 40°21'867"W), Estado de Pernambuco, Região Nordeste do Brasil. Pelo sistema de KÖEPPEN, o clima da região é Semi-árido (tipo BswH), com temperatura média de 26 °C, umidade média relativa de 50%, precipitação média anual de 450 mm e insolação de 3.000 horas/ano (VALEXPORT 2005). A fazenda é

formada por duas subáreas adjacentes com solo tipo Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA 1999), sendo uma constituída por sistema de produção orgânica (há três anos) e outra convencional. Em ambos os sistemas de produção os vinhedos foram instalados em plantio “T” com 3,0 x 3,5 m e utilizada irrigação por microaspersão. Na subárea com manejo orgânico, emprega-se um composto orgânico e o material vegetal das capinas manuais é incorporado ao solo. O sistema convencional é mantido conforme as recomendações para adubação utilizadas na região do Submédio São Francisco (PEREIRA *et al.* 2000).

## 2. Coleta das amostras

Foi realizada uma coleta (outubro/2004) em áreas cultivadas com videiras enxertadas (IAC 766/Festival Seedless) produtoras de uvas sem sementes. As plantas estavam na fase de colheita do segundo ciclo de produção da cultura, em cada sistema de produção. Amostras de solo rizosférico foram coletadas com auxílio de um trado (até 20 cm de profundidade), sendo dez amostras compostas (formadas por 4 subamostras, coletadas em quatro pontos equidistantes ao redor de uma planta) por área com manejo orgânico e convencional. Parte das amostras foi encaminhada ao Laboratório de Análises de Solo da Embrapa Semi-Árido para caracterização física e química (Tabela 1); parte foi utilizada para montagem de culturas armadilhas e o restante acondicionado a 4 °C, até avaliação da atividade microbiana do solo e parâmetros da micorrização.

**Tabela 1.** Caracterização física e química de Neossolo quartzarênico coletado na rizosfera de videiras (IAC 766/Festival Seedless) cultivadas em sistema orgânico e convencional, em Petrolina/PE

Cultivo	MO (g/kg)	pH*	CE (dS/m)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	CTC (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	A	S (%)	Ar
Orgânico	25,03	6,9	0,31	543	7,62	92	5	3
Convencional	6,21	7,0	1,37	135	3,39	94	3	3

MO - matéria orgânica; \* H<sub>2</sub>O (1:2,5); C.E. - condutividade elétrica; A - areia; S - silte; Ar - argila.

### **3. Atividade microbiana do solo**

Foram analisados quatro parâmetros microbiológicos do solo: carbono da biomassa microbiana (C-BM) pelo método de fumigação-extração seguido de titulação por meio da dicromatometria, sendo os valores expressos em  $\mu\text{g C g}^{-1}$  solo seco (DE-POLLI & GUERRA 1997); carbono da respiração microbiana (C-CO<sub>2</sub>) por titulometria por meio da evolução do CO<sub>2</sub> capturado por solução de hidróxido de potássio (KOH) e expressa em  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$  solo seco dia<sup>-1</sup> (GRISI 1978); coeficiente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) correspondente à razão entre o C-CO<sub>2</sub> liberado e o carbono da biomassa microbiana do solo e a atividade enzimática geral do solo estimada pela hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) (SWISHER & CAROLL 1980).

### **4. Parâmetros da micorrização**

Foram avaliados: número de esporos, colonização micorrízica, produção de glomalina (fração GFE-glomalina facilmente extraível) e número mais provável de propágulos infectivos. Os esporos foram extraídos do solo pela técnica da decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON 1963) seguido de centrifugação em água e sacarose 40% (JENKINS 1964) e a contagem realizada em placa canaletada, em estereomicroscópio (40 ×). A colonização micorrízica foi determinada pela técnica de interseção de quadrantes (GIOVANETTI & MOSSE 1980), após diafanização das raízes em KOH 10% e coloração com Chlorazol Black - E 0,03% (BRUNDRETT *et al.* 1984). A produção de glomalina foi determinada a partir de agregados (< 1 mm e 1-2 mm diâm.), seguindo-se a metodologia de WRIGHT & UPADHAYA (1998), com a dosagem feita pelo método de BRADFORD (1976). O número mais provável de propágulos infectivos de FMA foi determinado, para cada área, pela metodologia de FELDMANN & IDCZAK (1994).

### **5. Identificação e esporulação dos FMA**

Para avaliação da diversidade e dinâmica da esporulação de FMA foram montadas culturas armadilha (STUTZ & MORTON 1996) com as amostras coletadas no sistema orgânico e convencional. As culturas foram mantidas em casa de vegetação (25±3 °C; UR de 75 %, luminosidade de 250 a 560  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). As culturas foram montadas em tubetes com capacidade de 250 mL utilizando o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH IPA 1011)

como hospedeiro, e após 45, 90 e 135 dias, o número de esporos foi avaliado e as espécies de FMA identificadas. O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado em fatorial de 2 x 3, sendo dois tipos de manejo (orgânico e convencional) e 3 épocas de avaliação (45, 90 e 135 dias) com dez repetições. Para identificação das espécies, os esporos foram preparados entre lâmina e lamínula com PVLG (álcool polivinílico e lactoglicerol) e reagente de Melzer+PVLG (1:1) e observados em microscópio, sendo consultados, entre outros, o Manual de Identificação de FMA (SCHENCK & PÉREZ, 1990) e o banco de dados da International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (<http://www.invam.caf.wvu.edu/taxonomy>).

## 6. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (0,05%). As médias do número de esporos produzidos nas culturas armadilha foram comparadas pelo Teste de Newman-Keuls ( $P < 0,01$ ). O percentual de colonização ( $\text{Arco Seno } \sqrt{x} / 100$ ) e o número de esporos de FMA (campo -  $\sqrt{x} + 1$  e cultura armadilha -  $\sqrt{x} + 2,5$ ) foram transformados.

## Resultados e Discussão

O tipo de manejo (orgânico ou convencional) afetou a produção de esporos de FMA, a colonização micorrízica, a evolução de  $\text{CO}_2$ , a biomassa microbiana do solo e a atividade enzimática geral ( $P < 0,001$ ), mas não influenciou a deposição de glomalina no solo ( $P > 0,05$ ).

Maior produção de esporos na rizosfera de videira foi obtida quando as plantas estavam sob cultivo orgânico (3× mais), em relação às mantidas em sistema convencional, (Tabela 2). Tal benefício sobre a reprodução dos fungos pode ser atribuído ao aumento nos teores de MO no solo sob cultivo orgânico (MOHAMMAD *et al.* 2003), sendo comprovado que o emprego de fontes orgânicas aumenta a abundância de FMA (NOYD *et al.* 1996).

O elevado teor de P ( $543 \text{ mg dm}^{-3}$ ) não afetou negativamente a simbiose micorrízica, como freqüentemente sugerido (BRESSAN 2002). embora na área orgânica os teores de P fossem mais elevados do que na área com cultivo convencional (Tabela 1). Esse

fato pode ser devido à forma como o P encontra-se no solo, que é menos impactante do que na forma da fertilização química (ZAMBOLIM *et al.* 1992). Outro aspecto considerado é que possivelmente o condicionamento da matéria orgânica tenha suplantado os efeitos negativos do P sobre a reprodução dos FMA na rizosfera de videiras sob cultivo orgânico. JONER (2000) destacou que adubos orgânicos têm efeito menos deletério que a aplicação de doses similares de fertilizantes químicos.

A colonização micorrízica foi relativamente baixa nos dois sistemas estudados, (Tabela 2), considerando que têm sido relatadas taxas acima de 80% de colonização micorrízica em videiras, em condições de campo (SCHREINER 2003). Mesmo assim, essa variável foi cerca de três vezes maior nas raízes das plantas sob manejo orgânico (15,9%) em comparação com as mantidas sob cultivo convencional (4,7%) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Número de esporos de FMA, número mais provável de propágulos infectivos de FMA (NMP), glomalina facilmente extraível e colonização micorrízica arbuscular (CM) na rizosfera de videiras enxertadas (IAC 766/Festival Seedless), produzidas em sistemas de cultivo orgânico e convencional, em Petrolina/PE

Cultivo	Nº de esporos (50 g <sup>-1</sup> solo)	NMP de propágulos (cm <sup>-3</sup> )	Glomalina		CM (%)
			(1-2 mm) (mg g solo <sup>-1</sup> agregados)	(<1 mm)	
Orgânico	12,45a	110	2,52a	1,33a	15,9a
Convencional	4,10b	79	2,44a	1,37a	4,7b

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em cultivo convencional de vinhedos na região de Primavera do Leste (MT), MATSUOKA *et al.* (2002) observaram níveis de colonização micorrízica que variaram de 0 a 45%. Os autores relacionaram esses valores com uso intensivo de fertilizantes químicos e a fase de desenvolvimento das plantas. Provavelmente os baixos valores de colonização micorrízica observados nas raízes de videira nas áreas estudadas decorrem da variedade estudada (IAC 766/Crimson Seedless). Tal fato foi constatado por KARAGIANNIDIS *et al.* (1997) que estudando diferentes variedades de porta-enxertos observaram variação de 46 a

76 % no percentual de colonização micorrízica, sugerindo que o genótipo das plantas afeta a formação da simbiose micorrízica.

Raízes de centeio (*Secale cereale* L.), sob manejo orgânico, apresentaram colonização micorrízica em torno de 77%, enquanto em sistema convencional a taxa de colonização foi reduzida a 11% (SATTELMACHER *et al.* 1991). A maior produção de estruturas micorrízicas em vegetais mantidos sob manejo orgânico pode ser atribuída à ausência de pesticidas e ao aumento nos teores de matéria orgânica do solo, em relação aos cultivos convencionais.

Segundo DOUDS JR. *et al.* (1997), áreas com manejo orgânico apresentam elevado potencial de infectividade de FMA quando comparados a plantios convencionais (DOUDS JR. *et al.* 1997). Esse padrão foi confirmado neste estudo, com a área de cultivo orgânico das videiras apresentando 110 e a de cultivo convencional 79 propágulos infectivos de FMA cm<sup>-3</sup>, (Tabela 2).

A glomalina tem sido positivamente relacionada com o aumento da fertilidade (LOVELOCK *et al.* 2004a) e com os teores de carbono (WRIGHT & UPADHYAYA, 1998). Entretanto, o cultivo orgânico de videiras não incrementou a produção de glomalina, nas duas classes de agregados, quando comparado ao sistema convencional (Tabela 2). É possível que a presença de elevados teores de matéria orgânica no sistema não convencional (Tabela 1) tenha favorecido a síntese de glomalina no início do cultivo de videiras, e que a proteína sintetizada esteja como parte integrante da fração de glomalina total, não estimada neste estudo. Elevados teores de P, como registrado no cultivo das videiras em manejo orgânico, são apontados por inibir a produção de glomalina (LOVELOCK *et al.* 2004b). Essa é outra possibilidade para explicar os resultados obtidos.

O solo coletado no sistema de manejo orgânico apresentou maior atividade microbiana em relação ao oriundo de sistema convencional (Tabela 3), possivelmente por ter maior quantidade de materiais com potencial de degradação, que serviram como fonte energética para a microbiota do solo (FERNANDES *et al.* 2005).

O solo de sistema orgânico apresentou evolução de 59,64 µg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo seco dia<sup>-1</sup> (Tabela 3), valor duas vezes maior que o registrado no solo do sistema convencional. Resultados semelhantes foram obtidos por SARANGI *et al.* (2001), os quais registraram aumentos de 143% nas emissões de CO<sub>2</sub> em solo com fertilizante orgânico (17,5 t resíduo

ha<sup>-1</sup>), quando comparado ao tratamento com adubos químicos (N:P:K 80:40:40 kg ha<sup>-1</sup>). Isso indica que possivelmente o composto empregado no cultivo orgânico de videira esteja favorecendo a atividade da microbiota do solo. Em geral, a adição de materiais orgânicos favorece a atividade respiratória (BHATTACHARYYA *et al.* 2001), fornecendo substratos energéticos para o metabolismo oxidativo da microbiota heterotrófica do solo.

**Tabela 3.** Carbono da biomassa microbiana (C-BM), respiração microbiana (C-CO<sub>2</sub>), atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) e coeficiente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) na rizosfera de videiras enxertadas (IAC 766/Festival Seedless), em sistemas de cultivo convencional e orgânico, em Petrolina/PE

Sistema de cultivo	C-BM ( $\mu\text{g.g solo seco}^{-1}$ )	C-CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g.g solo seco}^{-1}.\text{d}^{-1}$ )	FDA ( $\mu\text{g.g solo seco}^{-1}.\text{h}^{-1}$ )	$q\text{CO}_2$
Orgânico	163,41a	59,64a	24,63a	0,365a
Convencional	65,98b	19,86b	6,56b	0,301a

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

No solo de área orgânica foi registrado aumento cerca de duas e três vezes maior no carbono da biomassa microbiana e na atividade do FDA, respectivamente, em relação ao solo de cultivo convencional (Tabela 3). Esses benefícios são possivelmente decorrentes dos maiores teores de matéria orgânica no cultivo orgânico. PÉREZ SARMENTERO *et al.* (1994) obtiveram maior atividade hidrolítica de FDA em solo que recebeu 20 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico em relação ao emprego de adubos químicos. A fonte orgânica utilizada nos parreirais possivelmente apresentava microrganismos metabolicamente ativos que contribuíram para a maior atividade enzimática nesse sistema, como sugerido por DEBOSZ *et al.* (2002). Por outro lado, a maior hidrólise de FDA no cultivo orgânico pode ser decorrente de enzimas aderidas aos colóides do composto orgânico utilizado, como enfatizado por NANNIPIERI *et al.* (2003). A adoção de manejo orgânico também pode ter contribuído para modificar a exsudação radicular da videira, maximizando a atividade dos microrganismos (PASCUAL *et al.* 1999).

Os maiores valores do carbono da biomassa microbiana no sistema orgânico podem ser atribuídos ao maior desenvolvimento dos FMA neste sistema, expresso pelo aumento significativo do número de esporos e propágulos infectivos. Os FMA constituem o maior componente da biomassa microbiana do solo (KENNEDY 1998), com a extensa rede micelial extra-radicular contribuindo decisivamente para o estoque de carbono do solo (RILLIG *et al.* 2001). Segundo MARINARI *et al.* (2000) a adição de fertilizantes orgânicos no cultivo de videira melhorou as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, proporcionando maior funcionalidade e produtividade das condições que favoreceram a microbiota do solo. BHATTCHARYYA *et al.* (2001) observaram aumento da biomassa microbiana do solo quando fontes exógenas de composto orgânico foram adicionadas. Da mesma forma, LEE *et al.* (2004) registraram que em solos adubados com fontes orgânicas houve aumento na biomassa microbiana em relação ao solo não adubado. Segundo os autores, este aumento é devido à maior disponibilidade de C e N mineralizável como fonte de energia e nutrientes para os microrganismos, resultando no crescimento da população microbiana. Por outro lado, a aplicação de fertilizantes químicos no solo, prática comum na agricultura convencional, reduziu o carbono da biomassa microbiana, como também registrado por Johnson *et al.* 2005. Assim, ocorre menor disponibilidade de C e N orgânicos, diminuindo a atividade anabólica dos microrganismos, o que resulta em menores valores de C-biomassa microbiana no solo, como registrado no parreiral sob cultivo convencional (Tabela 3).

O coeficiente metabólico ( $qCO_2$ ), relação entre a taxa respiratória e a biomassa microbiana não diferiu entre os sistemas de cultivo analisados (Tabela 3). Valores elevados de  $qCO_2$  têm sido comumente indicados como condição estressante em sistemas perturbados (GARCIA *et al.* 2002), e em geral os agrossistemas convencionais apresentam maiores valores em relação aos sob cultivo orgânico ou aos ecossistemas naturais (DILLY & MUNCH 1998). Estes resultados podem ser atribuídos à menor eficiência da comunidade microbiológica no uso do substrato orgânico (HAYNES 1999). No entanto, resultados contrários também têm sido referidos. Avaliando o impacto de rejeito salino na atividade microbiana de solo no semi-árido brasileiro, PEREIRA *et al.* (2004) registraram maior  $qCO_2$  em área nativa do que em área irrigada com rejeito. GARCIA *et al.* (2005) também verificaram aumento do  $qCO_2$  em áreas de revegetação, no Semi-árido da Espanha, o que não constitui uma condição de estresse para o solo. Outras relações, com base nos

parâmetros microbiológicos, devem ser calculadas para obtenção de dados mais completos sobre a atividade microbiana geral do solo, pois o  $q\text{CO}_2$  não possui valores universais. Considerando que o aumento significativo da atividade microbiana é fundamental na manutenção da qualidade do solo (GARCIA *et al.* 2002) o valor do  $q\text{CO}_2$ , numericamente maior no sistema orgânico, pode estar indicando uma condição mais sustentável nos parreirais orgânicos em relação aos convencionais.

A esporulação dos FMA em culturas armadilha foi dependente da época de avaliação e do sistema de manejo ( $P < 0,01$ ). No solo com cultivo orgânico, maior produção dos esporos ocorreu 90 dias após a montagem das culturas armadilha, com redução desse número aos 135 dias (Tabela 4). Por outro lado, o número de esporos formados no solo sob manejo convencional aumentou progressivamente, diferindo apenas entre as avaliações aos 45 e 135 dias (Tabela 4). Em cada período de avaliação houve diferença no número de esporos entre os dois sistemas apenas aos 45 e 90 dias (Tabela 4). A esporulação mais expressiva ocorreu aos 90 dias com a produção de esporos seis vezes maior no solo de sistema orgânico que naquele convencional. Estudando a dinâmica de esporulação e diversidade dos FMA em culturas armadilha, OEHL *et al.* (2004) também referiram maior número de esporos (ca. 14 esporos  $\text{g}^{-1}$  solo) em solo provindo de áreas orgânicas do que em solo com fertilização química. Os autores atribuíram essa menor esporulação no sistema convencional à excessiva quantidade de fertilizantes minerais aplicados.

**Tabela 4.** Número de esporos de FMA ( $50 \text{ g}^{-1}$  solo) produzidos em culturas armadilha (45, 90 e 135 dias) com solo da rizosfera de videiras cultivadas em sistemas convencional e orgânico

cultivo	dias		
	45	90	135
Orgânico	5,7aC	846,1aA	385,2aB
Convencional	2,3bB	132,7bAB	222,2aA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Foram identificados 13 táxons de FMA nos dois sistemas de plantio, sendo 12 no orgânico e nove no convencional (Tabela 5). Trabalhos realizados na região Semi-árida brasileira mostram o registro de número variado de espécies, dependendo das condições locais.

**Tabela 5.** Espécies de FMA em solos com cultivos orgânico (CO) e convencional (CC) de videiras apirênicas enxertadas (IAC 766/Festival Seedless) identificadas em exame direto de material do campo e em culturas armadilha avaliadas 45 (I), 90 (II) e 135 (III) dias após a montagem

Táxons de FMA	Campo		Após cultura-armadilha						
	CO		CC		CO		CC		
			I	II	III	I	II	III	
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	x	x	x	x			x	x	x
<i>A. scrobiculata</i> Trappe	x	x		x	x			x	x
<i>A. excavata</i> Ingleby & Walker	x			x	x				
<i>Entrophospora infrequens</i> (Hall) Ames & Schneider				x					
<i>Gigaspora albida</i> Schenck & Smith		x		x					x
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	x	x		x	x	x	x	x	x
<i>G. etunicatum</i> Becker & Gerd.	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Glomus</i> sp.1	x	x					x	x	x
<i>Glomus</i> sp.2	x	x	x	x					
<i>Glomus</i> sp.3	x								
<i>Glomus</i> sp.4	x	x						x	x
<i>Scutellospora gregaria</i> Nicol. & Schenck		x							
<i>Scutellospora</i> sp.1		x							

I – 45 dias, II – 90 dias e III – 135 dias

Em culturas de algodão, feijão, milho e mandioca, no sertão, MAIA & TRUFEM (1990) registraram a ocorrência de apenas oito espécies. YANO-MELO *et al.* (1997) identificaram 15 espécies de FMA em cultivo de bananeira, no Vale do Submédio São Francisco, e em área de caatinga nativa, SOUZA *et al.* (2003) referiram a presença de 24 táxons de FMA. O cultivo da videira possivelmente influenciou a diversidade, uma vez que

a monocultura sucessiva é conhecida por reduzir o número de espécies de FMA (DOUDS & MILLNER 1999).

*Acaulospora excavata*, *Entrophospora infrequens*, *Glomus* sp.3 e *Scutellospora* sp. foram encontradas apenas na área manejada organicamente, enquanto *Scutellospora gregaria* foi registrada apenas em solo do cultivo convencional. Os sistemas orgânicos são conhecidos por favorecer a diversidade de espécies em relação aos sistemas agrícolas menos sustentáveis (DOUDS JR. *et al.* 1993; OEHL *et al.* 2004).

Algumas espécies, como *A. mellea*, *G. sinuosum*, e *G. etunicatum*, foram detectadas desde a coleta inicial e também nos períodos de avaliação. Outras como *A. scrobiculata*, foram registradas apenas após 95 dias (2º avaliação) (Tabela 5). Diferindo das demais espécies, *E. infrequens* foi identificada apenas na cultura armadilha, em solo do cultivo orgânico.

A diferença no aparecimento das espécies em relação ao período de avaliação e ao sistema de manejo empregado pode estar relacionada com a habilidade diferencial dos FMA em colonizar as raízes vegetais (HART & REDECKER 2002).

## Conclusões

O manejo orgânico empregado para o cultivo de videiras apirênicas enxertadas (IAC 766/Festival Seedless) favorece a fase intraradicular e a reprodução dos FMA e a atividade microbiana do solo em relação ao sistema de cultivo convencional, sendo alternativa para produção sustentável desta fruteira no Semi-árido brasileiro.

O solo provindo do cultivo orgânico propicia maior esporulação e também permite o estabelecimento de maior número de espécies de FMA.

## Referências Bibliográficas

- AGUÍN, O.; MANSILLA, J. P.; VILARIÑO, A.; SAINZ, M. J.; 2004: Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. *American Journal of Enology and Viticulture* **55**, 108-111.
- ALARCÓN, A.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. C.; FERRERA-CERRATO, R.; VILLAGAS-MONTER, A.; 2001: *Glomus fasciculatum* and *Glomus etunicatum* effectiveness on growth of *Vitis vinifera* L. micropropagated plantlets. *Terra* **19**, 29-35.

- BAYUER, C.; MIELNICZUK, J.; 1999: Dinâmica e função da matéria orgânica. In: G. A. SANTOS; F. A. O. CAMARGO (Eds.): Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecosistemas Tropicais & Subtropicais, p. 9-26. Gênese Porto Alegre.
- BHATTCHARYYA, P.; PAL, R.; CHAKRABORTY, A.; CHAKRABARTI, K.; 2001: Microbial and biomass and activity in laterity soil amended with municipal solid waste compost. *Journal Agronomy & Crop Science* **187**, 207-211.
- BRADFORD, M. M.; 1976: A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* **72**, 248-254.
- BRESSAN, W.; 2002: Factors affecting “in vitro” plant development and root colonization of sweet potato by *Glomus etunicatum* Becker & Gerd. *Brazilian Journal of Microbiology* **33**, 31-34.
- BRUNDRETT, M. C.; PICHÉ, Y.; PETERSON, R. L.; 1984: A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Canadian Journal of Botany* **62**, 2128 – 2134.
- CHENG, X.; BAUMGARTNER, K.; 2004: Survey of arbuscular mycorrhizal fungal communities in northern California vineyards and mycorrhizal colonization potencial of grapevine nursery stock. *Hortscience* **39**, 1702-1706.
- DEBOSZ, K.; PETERSEN, S. O.; KURE, L. K.; AMBUS, P.; 2002: Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Applied Soil Ecology* **19**, 237-248.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; 1997: Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: Método da fumigação-extração. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 10p. (Série Documentos, 37).
- DILLY, O.; MUNCH, J. C.; 1998: Ratios between estimates of microbial biomass content and microbial activity in soils. *Biology and Fertility Soils* **27**, 374-379.
- DOUDS JR., D. D.; GALVEZ, L.; FRANKE-SNYDER, M.; REIDER, C.; DRINKWATER, L. E.; 1997: Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **65**, 257-266.
- DOUDS JR., D. D.; MILLNER, P. D.; 1999: Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **74**, 77-93.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1999: Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- FELDMANN, F; IDCZAK, E.; 1994: Inoculum production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for use in tropical nurseries. In: J. R. NORRIS; D. READ; A. K. VARMA (Eds.): Techniques for Mycorrhizal Research. Methods in Microbiology, 799-817. Great Britain, Academic Press.
- FERNANDES, S. A. P.; BETTIOL, W.; CERRI, C. C.; 2005: Effects of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. Applied Soil Ecology **30**, 65-77.
- GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; ROLDAN, A.; MARTIN, A; 2002: Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under mediterranean climate. Soil Biology & Biochemistry **34**, 635-642.
- GARCIA, C.; ROLDAN, A.; HERNANDEZ, T.; 2005: Ability of different plant species to promote microbiological process in semiarid soil. Geoderma **124**, 193-202.
- GRISI, B.M.; 1978: Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. Ciência e Cultura **30**, 82-88.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H.; 1963: Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society **46**, 235-244.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B.; 1980: An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist **84**, 489-500.
- GRANHALL, U.; 1994. Biological fertilization. Biomass and Bioenergy **6**, 81-91.
- HART, M. M.; READER, R. J.; 2002: Does percent root length colonization and soil hyphal length reflect the extent of colonization for all AMF? Mycorrhiza **12**: 297-301.
- HAYNES, R. J.; 1999: Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. Biology and Fertility of Soils **30**, 210-216.
- JEFFRIES, P.; GIANINAZZI, S.; PEROTTO, S.; TURNAU, K.; BAREA, J. M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils **37**: 1-16.

- JENKINS, W. R.; 1964: A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report* **48**, 692.
- JOHNSON, D.; LEAKE, J. R.; READ, D. J.; 2005: Liming and fertilization affects phosphatase activities, microbial biomass and mycorrhizal colonization in upland grassland. *Plant and Soil* **271**, 157-164.
- JONER, E. J.; 2000: The effect of long-term fertilization with organic or inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. *Biology and Fertility of Soils* **32**, 435-440.
- KENNEDY, A. C.; 1998: The rhizosphere and spermosphere. In: D. M. Sylvia, J. J. FUHRMANN, D. A. ZUBERER (Eds.): *Principles and application of soil microbiology*, 389-407. Prince Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- LEÃO, P. C. S.; 2000. Principais variedades. In: LEÃO, P. C. S. & SOARES, J. M. (eds.): *A viticultura no Semi-Árido Brasileiro*, 45-64. Petrolina, Brasil (Embrapa Semi-Árido: Petrolina).
- LEE, J. J.; PARK, R. D.; KIM, Y. W.; SHIM, J. H.; CHAED, D. H.; RIM, Y. S.; SOHN, B. K.; KIM, T. H. & KIM, K. Y.; 2004: Effects of food waste compost microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. *Bioresource Technology* **93**, 21-28.
- LOVELOCK, C. E.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; 2004a: Using glomalin as an indicator for arbuscular mycorrhizal hyphae growth: an example from a tropical rain forest soil. *Soil Biology and Biochemistry* **36**, 1009-1012.
- LOVELOCK, C. E.; WRIGHT, S. F.; CLARCK, D. A.; RUESS, R. W.; 2004b: Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. *Journal of Ecology* **92**, 278-287.
- MÄDER, P.; EDENHOFER, S.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; NIGGLI, U.; 2000: Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high – input (conventional) farming systems in a crop rotation. *Biology and Fertility of Soils* **31**, 150-156.
- MAIA, L. C.; TRUFEM, S. F. B.; 1990: Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solo cultivados no Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **13**, 89-95.

- MARINARI, S.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B.; GREGO, S.; 2000: Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology* **72**, 9-17.
- MATSUOKA, M.; SAGGIN JR., O. J.; LOUREIRO, M. F.; 2002: Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas de videira na região de Primavera do Leste-MT. *Revista Agrícola Tropical* **6**, 113-134.
- MOHAMMAD, M. J.; HAMAD, S. R.; MALKAWIT, H. I.; 2003: Populations of arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. *Journal of Arid Environments* **53**, 409-417.
- NANPIERI, P.; ASCHER, J.; CECCHERINI, M. T.; LANDI, L.; PIETRAMELLARA, G.; RENELLA, G.; 2003: Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science* **54**, 655-670.
- NIKOLAOU, N.; ANGELOPOULOS, K.; KARAGIANNIDIS, N.; 2003: Effects of drought stress on mycorrhizal and non-mycorrhizal cabernet sauvignon grapevine, grafted onto various rootstocks. *Experimental Agriculture* **39**, 241-252.
- NOYD, R. K.; PFLEGER, F. L.; NORLAND, M. R.; 1996: Field responses to added organic matter, arbuscular mycorrhizal fungi, and fertilizer in reclamation of taconite iron ore tailing. *Plant and Soil* **179**, 89-97.
- OEHL, F.; SIEVERDING, E.; MÄDER, P.; DUBOIS, D.; INEICHEN, K.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; 2004: Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* **138**, 574-583.
- PASCUAL, J. A.; GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T.; 1999: Comparison of fresh and composted organic waste in their efficacy for the improvement of arid soil quality. *Bioresource Technology* **68**, 255-264.
- PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; SOARES, J. M.; 2000: Nutrição e adubação da videira. In: LEÃO, P. C. S. & SOARES, J. M. (eds.): *A viticultura no Semi-Árido Brasileiro*, 45-64. Petrolina, Brasil (Embrapa Semi-Árido: Petrolina).
- PEREIRA, S. V.; MARTINEZ, C. R.; PORTO, E. R.; OLIVEIRA, B. R. B.; MAIA, L. C.; 2004: Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **39**, 757-762.

- PÉREZ-SARMENTERO, J.; MOLINA, A.; COLMENARES, R.; 1994 Influencia del abadono com compost y fertilizantes solubles sobre la actividad enzimática Del suelo y la calidad Del cultivo avena-veza em uma finca de la alta montaña madrileña. Prácticas ecológicas para uma agricultura de calidad. In: Congreso de la sociedad española de la agricultura ecologica, p. 147-153, Toledo.
- Rillig, M. C.; Wright, S. F.; Nichols, K. A.; Schmidt, W. F.; Torn, M. S. 2001: Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil Carbon pools in tropical forest soils. *Plant and Soil* **233**, 167-177.
- RYAN, M. H.; SMALL, D. R. & ASH, J. E.; 2000: Phosphorus controls the level of colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in conventional and biodynamic irrigated dairy pastures. 2000. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **40**, 663-670.
- SATTELMACHER, B.; REINHARD, S.; POMIKAKO, A.; 1991: Differences in mycorrhizal colonization of rye (*Secale cereale* L.) grown in conventional or organic (biological-dynamic) farming systems. *Journal Agronomy & Crop Science* **167**, 350-355.
- SARANGI, P. K.; MAHAKUR, D.; MISHRA, P.; 2001: Soil biochemical activity and growth response of rice *Oryza sativa* in flyash amended soil. *Bioresource Technology* **76**, 199-205.
- SCHELLENBAUM, L.; BERTA, G.; RAVOLANIRINA, F.; TISSERANT, B.; GIANINAZZI, S.; FITTER, A. H.; 1991: Influence endomycorrhizal infection on root morphology in a micropropagated woody plant species (*Vitis vinifera* L.). *Annals of Botany* **68**, 135-141.
- SCHREINER, R. P.; 2003: Mycorrhizal colonization of grapevine rootstocks under field conditions. *American Journal of Soil and Viticulture* **54**, 143-148.
- SILVA, P. C. G. & CORREIA, R. C.; 2000: Caracterização social e econômica da videira. In: P. C. S. LEÃO; J. M. SOARES (Eds.): *A viticultura no Semi-Árido Brasileiro*. 366p. Petrolina, Pernambuco (Embrapa Semi-Árido).
- SILVA, P. C. G.; 2004: *Anais do Seminário Novas Perspectivas para o Cultivo da Uva sem Semente no Vale do São Francisco*. Petrolina, Pernambuco (Embrapa Semi-Árido), CD ROM.

SOUZA, R. G.; MAIA, L. C.; SALES, M. F. & TRUFEM, S. F. B.; 2003: Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **26**, 49-69.

STATSOFT. Statistica for Windows. 1997. Tulsa, USA.

STUTZ, J. C.; MORTON, J. B. 1996: Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. *Canadian Journal of Botany* **74**, 1883-1889.

SWISHER, R.; CARROLL, G. C.; 1980: Fluorescein diacetate hydrolysis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. *Microbial Ecology* **6**, 217-226.

VALEXPORT, 2005: [www.valexport.com.br](http://www.valexport.com.br) (acessado em 20/10/2005).

ZAMBOLIN, L.; REIS, M. A.; COSTA, L. M.; 1992: Substratos para multiplicação de inoculo do fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus etunicatum*. *Fitopatologia Brasileira* **17**, 28-31.

WRIGHT, S. F.; UPADHAYA, A.; 1998: A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* **198**, 97-107.

YANO-MELO, A. M.; MAIA, L. C.; MORGADO, L. B.; 1997: Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no Vale do Submédio São Francisco. *Acta Botanica Brasilica* **11**, 115-121.

## ***Capítulo 3***

***Ácido húmico na produção de mudas enxertadas e micorrizadas de videira  
(IAC 766/Crimson seedless) e efeitos na atividade microbiana***

***Artigo a ser submetido para publicação no periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira***

**Ácido húmico na produção de mudas enxertadas e micorrizadas de videira (IAC 766/Crimson seedless) e efeitos na atividade microbiana**

Nicácio de Oliveira Freitas<sup>1,5</sup> Adriana Mayumi Yano-Melo<sup>1</sup> Fábio Sérgio Barbosa da Silva<sup>1,4</sup> Nataniel Franklin de Melo<sup>2</sup> Ademar Virgulino da Silva<sup>3</sup> Leonor Costa Maia<sup>1,5\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Micologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-420, Recife, PE, Brasil

<sup>2</sup>Embrapa Semi-Árido. caixa postal 23. 56302-970, Petrolina, PE, Brasil

<sup>3</sup>CODA-Brasil Companhia de Agroquímicos S/A

<sup>4</sup>Bolsista CAPES (Pós-Graduação em Biologia de Fungos/UFPE)

<sup>5</sup>Bolsista CNPq (Pós-Graduação em Biologia de Fungos/UFPE)

\*Autor para correspondência ([leonorcmaia@yahoo.com.br](mailto:leonorcmaia@yahoo.com.br))

### Resumo

Os efeitos da aplicação de ácido húmico sobre fungos micorrízicos arbusculares (FMA), componentes benéficos no estabelecimento e desenvolvimento da maioria das plantas não estão devidamente esclarecidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de ácido húmico sobre o crescimento de mudas de videira micorrizadas e a atividade microbiana em dois tipos de solo. Foram conduzidos dois experimentos: um com Argissolo Vermelho-Amarelo (AVA) e outro com Argissolo Amarelo (A) utilizando mudas de videiras sem sementes enxertadas (IAC 766/Crimson Seedless). O delineamento de cada experimento foi em fatorial de 2 tratamentos de ácido húmico (com e sem aplicação) x 3 tratamentos de inoculação (controle, *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*), com 4 repetições. Após 120 dias foram avaliadas: área foliar, biomassa seca aérea e radicular, colonização micorrízica, número de esporos, produção de glomalina, carbono da biomassa microbiana (C-BM), evolução de CO<sub>2</sub> do solo e atividade de hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA). No Argissolo VA, a inoculação com FMA e/ou aplicação do ácido húmico afetou o C-BM, a biomassa aérea e radicular, a área foliar e a colonização micorrízica. No solo cultivado com videiras associadas com *G. margarita* o C-BM atingiu 202,7 µg g solo seco<sup>-1</sup> resultando um aumento > 200% em relação ao controle (76,6) e às plantas associadas com *G. clarum* (89,0). A aplicação conjunta de ácido húmico e *G. clarum* proporcionou maior incremento na biomassa seca aérea (3,95 g) e área foliar (744,2 cm<sup>2</sup>) do que *G. margarita* (2,85 g e 886,6 cm<sup>2</sup>). No Argissolo A, a micorrização com *G. clarum* e a aplicação do ácido húmico resultaram em aumento da biomassa seca aérea (3,16 g), em relação ao controle (1,63 g) e maior C-BM (166,7 µg g solo seco<sup>-1</sup>) em comparação com o outro FMA (43,74 µg.g solo seco<sup>-1</sup>). Maior área foliar foi obtida em mudas com *G. clarum* (773,1 cm<sup>2</sup>) do que com *G. margarita* (555,6 cm<sup>2</sup>), e maior taxa de colonização foi registrada nos tratamentos com *G. margarita* (66,4%) em relação aos com *G. clarum* (60,0%). Benefícios da micorrização e da aplicação de ácido húmico sobre o crescimento vegetal e melhoria na qualidade edáfica foram dependentes do isolado fúngico e do tipo de solo.

**Termos para indexação:** *Vitis* sp., fungos micorrízicos arbusculares, argissolo

## Introdução

O Vale do Submédio São Francisco tem se destacado no cenário brasileiro pela exportação de frutas, cuja produção é favorecida pelas condições climáticas da região. Uma das principais culturas de interesse é a uva, que possui aproximadamente 5.000 hectares cultivados para vinificação e para mesa (Silva & Correia, 2000). No mercado destinado ao consumo “in natura”, essa região é responsável por 97% das exportações nacionais de uvas de mesa do país (Silva, 2004).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são conhecidos por formarem associação mutualista e beneficiar a maioria das espécies vegetais fanerogâmicas terrestres, principalmente aquelas de interesse agrônomo (Siqueira et al., 2002). Esses fungos aumentam a área de absorção de nutrientes, melhorando o estado nutricional e proporcionando maior tolerância a estresses de natureza abiótica e biótica (Smith & Read, 1997).

A aplicação de FMA na produção de mudas constitui alternativa para maximizar o crescimento de diversas culturas, como mamoeiro (*Carica papaya* L.), abacateiro (*Persea americana* Mill), mangueira (*Mangifera indica* L.), aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.), mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes), maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis), entre outras (Silva & Siqueira, 1991; Costa et al., 2001, 2005; Anjos et al., 2005). Os benefícios da micorrização incluem redução no tempo de produção, aumento no crescimento, maior vigor das mudas e tolerância no transplântio para o campo.

Karagiannidis et al. (1995) e Jaizme-Vega et al. (2003) observaram que videiras associadas com FMA apresentaram maior biomassa vegetal do que as não micorrizadas e melhores condições para o transplântio no momento da instalação dos parreirais, o que indica que esses fungos podem ser aplicados na formação de mudas de espécies de *Vitis*.

Além dos benefícios na fase de produção de mudas, Karagiannidis & Nikolaou (2000) observaram que plantas de videira (*Vitis vinifera* L. cv. Razaki) inoculadas com FMA e cultivadas em solos contaminados por Pb e Cd apresentaram melhor crescimento vegetativo do que as plantas não micorrizadas. Nikolaou et al. (2003) relataram também maior tolerância de *V. vinifera* cv. carbenet sauvignon ao estresse hídrico quando inoculada com *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe e enxertadas sobre os porta-enxertos 775P, 101 14Mgt ou 5BB.

Apesar dos benefícios comprovados, estudos visando selecionar isolados de FMA e porta-enxertos de videiras favoráveis à formação da simbiose micorrízica arbuscular são fundamentais, pois em algumas situações não foram observados benefícios da micorrização para o vegetal (Aguín et al., 2004).

Aspecto importante na sustentabilidade e funcionalidade dos agrossistemas é a preocupação com a qualidade do solo, desde a fase de produção de mudas. O emprego de adubos orgânicos maturados na agricultura melhora a qualidade do solo e favorece a microbiota edáfica (Caravaca et al., 2002), sendo os benefícios parcialmente atribuídos à presença de elevados teores de substâncias húmicas nesses materiais (Fernandes et al., 2005). Nos últimos anos, soluções contendo substâncias húmicas têm sido utilizadas na agricultura por promover aumento no crescimento e na produção vegetal (Hayes & Clapp, 2001). Bidegain et al. (2000) observaram incremento no desenvolvimento vegetativo de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Barpectra* quando fertilizaram o solo com substâncias húmicas. Os ácidos húmicos também podem melhorar a agregação do solo (Bastos et al., 2005) e adsorver hormônios estimuladores do crescimento vegetal (Aracon et al., 2004). Apesar da aplicação de ácidos húmicos estimular a atividade da microbiota edáfica (Aracon et al., 2005), pouco se conhece sobre o efeito desses materiais sobre a comunidade benéfica do solo, dentre esses os FMA (Gryndler et al., 2005; Vallini et al., 1993).

Objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de ácido húmico sobre o crescimento de mudas de videira enxertadas e micorrizadas ou não e o efeito sobre a atividade microbiana, em dois tipos de solo característicos da Região do Vale do Submédio São Francisco.

## **Material e Métodos**

### **Substratos**

Foram escolhidos dois solos representativos da região do Vale do Submédio São Francisco em Petrolina-PE: a) Argissolo Vermelho-Amarelo (AVA) oriundo da Fazenda Timbaúba; b) Argissolo Amarelo (AA) coletado na Fazenda Ausbrasil, ambas fazendas são produtoras de uva. Os solos foram avaliados quanto as característica físicas e químicas no Laboratório de Análise de Solo (Embrapa Semi-Árido) (Tabela 1) e desinfestados com brometo de metila ( $198 \text{ g/m}^3$ ).

**Tabela 1:** Características físicas e químicas dos solos utilizados nos experimentos com mudas enxertadas de videira (IAC 766/Crimson Seedless)

Solo	MO (g/Kg)	pH*	CE (dS/m <sup>3</sup> )	P (mg/dm <sup>3</sup> )	Granulometria (%)		
					areia	silte	argila
AVA	11,07	6,2	0,98	22	52	26	22
AA	6,11	6,9	0,22	73	59	22	19

\*H<sub>2</sub>O (1:2,5); C.E.: condutividade elétrica; AVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; AA: Argissolo Amarelo

### Condições experimentais

Mudas de videira foram preparadas a partir de estacas da cultivar Crimson Seedless e enxertadas sobre o porta-enxerto IAC 766, em recipientes contendo 2 L de solo. Após 30 dias do início da produção de estacas, as plantas foram inoculadas com aproximadamente 300 esporos/planta (na forma de solo inóculo) de *Glomus clarum* Nicol. & Schenck (UFPE 08) ou de *Gigaspora margarita* Becker & Hall (CPATSA 01). A adição de 0,015 mL/L de ácido húmico (Codahumus®) foi realizada 15 dias após a inoculação.

As plantas foram mantidas em casa de vegetação (25±3 °C), irrigadas em dias alternados, e receberam adubação foliar com solução nutritiva MS (Murashige & Skoog, 1962), sem fósforo, a cada 15 dias.

### Avaliações

Após 120 dias da inoculação avaliou-se: biomassa seca aérea (BSA) e radicular (BSR), área foliar (AF), colonização micorrízica (CM), densidade de esporos, produção de glomalina e atividade microbiana edáfica pela determinação do carbono da biomassa microbiana (C-BM), evolução de CO<sub>2</sub> do solo (C-CO<sub>2</sub>) e atividade hidrolítica do diacetato de fluoresceína (FDA).

A área foliar foi medida utilizando o aparelho Li 3100 (LI-Cor Inc. Lincon, Neb.). O material colhido da parte aérea e radicular das plantas foi mantido em estufa a 70 °C até peso constante para determinação da biomassa seca.

Para avaliação da colonização micorrízica, cerca de 0,5 g de raízes finas foram clarificadas em KOH 10%, seguido da aplicação de KOH 10% + peróxido de hidrogênio

10% (1:1 v/v) e coradas com clorazol black E 0,05% (Brundett *et al.*, 1984). Foi utilizado o método de interseção dos quadrantes para avaliação da colonização (Giovanetti & Mosse, 1980). Os esporos foram extraídos de 50 g de solo (Gerdemann & Nicolson, 1963; Jenkins, 1964), colocados em placas canaletadas e quantificados em estereomicroscópio (40×).

O carbono da biomassa microbiana do solo foi estimado pelo método de De-Polli & Guerra (1997), baseado na fumigação-extração das amostras de solo e oxidação com dicromato de potássio em meio ácido. A respiração dos microrganismos foi medida pela evolução do CO<sub>2</sub> adsorvido em solução de hidróxido de potássio (Grisi, 1978) e a atividade enzimática geral do solo estimada pela hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) (Swisher & Carroll, 1980).

Foram conduzidos dois experimentos independentes, um para cada tipo de solo (Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo) em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial de 2 × 3, correspondendo 2 tratamentos de ácido húmico (com ou sem aplicação) × 3 tratamentos de inoculação (controle, *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*) e 4 repetições, totalizando 24 unidades/experimento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de médias (P<0,05), utilizando o programa Statistica (Statsoft, 1997).

## Resultados

### *Experimento com Argissolo Vermelho-Amarelo*

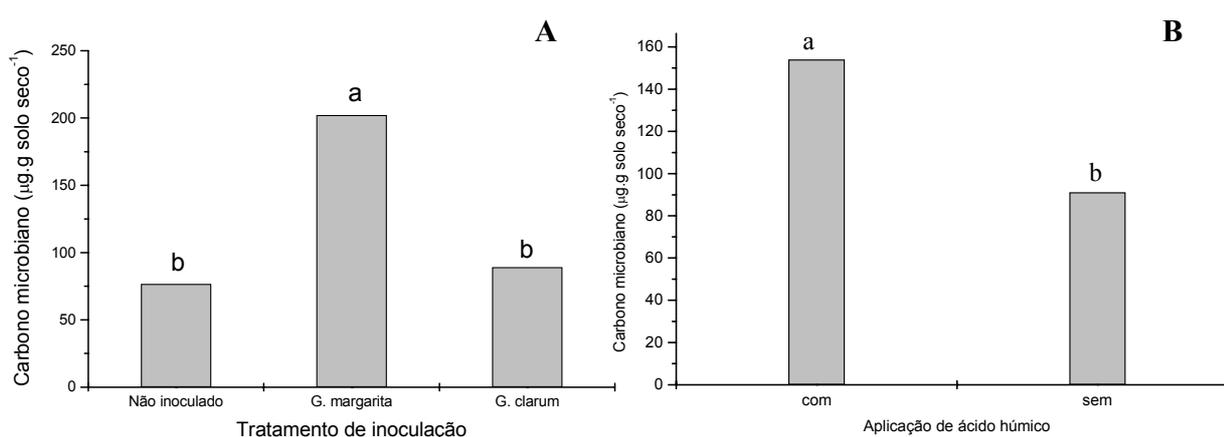
Houve efeito da inoculação e da aplicação de ácido húmico, mas sem interação, para a biomassa microbiana (Tabela 2), no entanto, a biomassa seca da parte aérea, a área foliar e a colonização micorrízica foram afetadas pela interação dos fatores (Tabela 3). Para as demais variáveis estudadas não houve efeito dos fatores e da interação.

A micorrização das mudas de videira com *G. margarita* contribuiu para produção de cerca de 200 µg g solo seco<sup>-1</sup> de carbono da biomassa microbiana, diferindo daquela estimada nos tratamentos controle e com *G. clarum*, que apresentaram em média de 70 µg g solo seco<sup>-1</sup> (Figura 1a). A adição do ácido húmico no substrato de cultivo também incrementou (ca. 70%) a produção de biomassa microbiana (Figura 1b).

**Tabela 2:** Efeitos da inoculação (1), da aplicação de ácido húmico (2) e interação entre os fatores (1x2) no carbono da biomassa microbiana (C-BM), carbono da respiração microbiana (C-CO<sub>2</sub>), atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), glomalina facilmente extraível (GEF), Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo

	Argissolo Vermelho-Amarelo			Argissolo Amarelo		
	1	2	1x2	1	2	1x2
C-BM	*	*	ns	**	*	**
C-CO <sub>2</sub>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FDA	ns	ns	ns	*	ns	ns
GEF	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\*(P<0,05), \*\*(P<0,01), ns: não significativo.



**Figura 1:** Efeito da micorrização (A) e da aplicação do ácido húmico (B) sobre o carbono da biomassa microbiana em mudas enxertadas de videira em Argissolo Vermelho Amarelo. Média seguida da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste LSD (P<0,05).

Em solo sem aplicação de ácido húmico, o crescimento das mudas não foi afetado pela inoculação com FMA, porém na presença dessa substância, *G. clarum* produziu mais benefícios ao hospedeiro em relação à micorrização com *G. margarita*.

A aplicação conjunta de ácido húmico e *G. clarum* favoreceu a área foliar e a biomassa seca aérea das mudas (Tabela 3). No entanto, o uso dessa substância prejudicou o crescimento das mudas com *Gigaspora margarita* em relação aos tratamentos sem a substância, dependendo da variável avaliada (Tabela 3). Nas plantas não inoculadas, o emprego de ácido húmico não trouxe benefícios adicionais ao crescimento vegetal (Tabela 3).

No solo que recebeu ácido húmico não houve diferença na taxa de colonização produzida pelos FMA, enquanto em solo não fertilizado, *G. margarita* produziu mais estruturas micorrízicas, diferindo estatisticamente de *G. clarum* (Tabela 3). A presença do ácido húmico no solo aumentou a colonização radicular por *G. clarum* quando comparado ao solo não suplementado com ácido; por outro lado, esta relação foi o inverso do observado nas raízes associadas com *G. margarita*.

**Tabela 3:** Biomassa seca aérea (BSA), área foliar (AF) e colonização micorrízica (CM) de plantas enxertadas de videira (IAC 766/Crimson Seedless) inoculadas ou não com *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, em Argissolo Vermelho-Amarelo com (+) ou sem (-) ácido húmico em Argissolo Vermelho-Amarelo

Tratamentos	BSA(g)		ÁF (cm <sup>2</sup> )		CM (%)	
	+	-	+	-	+	-
Controle	3,73aA	3,68aA	836,8aA	779,0aA	0bA	0,0cA
<i>G. margarita</i>	2,85bA	3,57aA	683,9bB	832,9aA	58aB	67,2aA
<i>G. clarum</i>	3,95aA	3,17aB	886,6aA	744,2aB	63aA	50,8bB

Média seguida da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

A evolução de CO<sub>2</sub>, a atividade do FDA e a produção de glomalina e de esporos de FMA não foram influenciadas pelos tratamentos de micorrização e de ácido húmico (Tabela 2).

### Experimento com Argissolo Amarelo

A área foliar, a colonização micorrízica e a atividade de FDA foram afetadas apenas pela micorrização, porém interação entre os fatores estudados foi evidenciada para biomassa seca área e radicular e carbono da biomassa microbiana (Tabelas 4 e 5). As demais variáveis não foram afetadas pelos fatores isolados nem houve interação.

No solo que recebeu ácido húmico maior produção de biomassa seca aérea foi obtida nas plantas micorrizadas do que os tratamentos controle (Tabela 4). Entretanto, no substrato sem o composto, somente plantas com *G. clarum* foram beneficiadas em relação ao controle não inoculado (Tabela 4). A colonização das raízes de mudas de videira foi maior por *G. margarita* do que com *G. clarum* (Tabela 4).

A inoculação com FMA não teve efeito positivo sobre a biomassa seca das raízes em solo com ou sem ácido húmico (Tabela 4). Porém, plantas com *G. margarita* adubadas com ácido húmico apresentaram maior biomassa seca radicular do que as que não receberam suplementação da substância (Tabela 4). A área foliar foi maior nas plantas micorrizadas em relação as não micorrizadas, com *G. margarita* produzindo as maiores médias quando comparado com o outro isolado (Tabela 4).

**Tabela 4:** Biomassa seca aérea (BSA) e radicular (BSR), área foliar (AF) e colonização micorrízica (CM) de plantas enxertadas de videira (IAC 766/Crimson Seedless) inoculadas ou não com *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, em Argissolo Amarelo com (+) ou sem (-) a adição de ácido húmico

Tratamentos	BSA (g)		BSR (g)		AF (cm <sup>2</sup> )	CM (%)
	+	-	+	-		
Controle	1,63bA	1,95bA	2,32aA	2,63aA	333,15c	0,0c
<i>G. margarita</i>	3,13aA	2,31abB	2,60aA	1,26bB	555,58b	66,4a
<i>G. clarum</i>	3,40aA	4,45aA	2,08aA	2,09abA	773,11a	60,0b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

A adição de ácido húmico no solo com as plantas controles e nas micorrizadas com *G. clarum* proporcionou aumento na produção de C-BM, que foi reduzido no tratamento com *G. margarita* (Tabela 5). Na ausência do ácido húmico, os tratamentos de inoculação não diferiram em relação à produção de C-BM, embora as plantas micorrizadas tenham apresentado maiores médias. Maior atividade hidrolítica do FDA foi observada quando as mudas estavam associadas a *G. margarita* (Tabela 5). Por outro lado, a micorrização e a adição de ácido húmico não influenciaram a evolução de CO<sub>2</sub>, a produção de glomalina e de esporos pelos FMA.

**Tabela 5:** Carbono da biomassa microbiana (C-BM) e atividade hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), na rizosfera de mudas de videira enxertadas (IAC 766/Crimson Seedless), em Argissolo Amarelo com (+) ou sem (-) ácido húmico

Tratamentos de inoculação	C-BM ( $\mu\text{g.g solo seco}^{-1}$ )		FDA ( $\mu\text{g.g solo seco}^{-1}.\text{h}^{-1}$ )
	Ácido húmico		
	+	-	
Controle	193,92aA	37,92aB	4,56b
<i>G. margarita</i>	43,74bA	103,79aA	7,56a
<i>Glomus clarum</i>	166,69aA	77,56aA	5,38b

Letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

### Discussão

O uso da tecnologia de micorrização em mudas de videira pode ser eficiente para formação de mudas de videiras enxertadas, mas é dependente do tipo de solo utilizado. No experimento com Argissolo Amarelo a aplicação de FMA favoreceu a formação de mudas mais desenvolvidas e saudáveis, em relação ao tratamento controle, mesmo com  $73\text{mg P dm}^{-3}$  no substrato. Resultados similares foram obtidos em outras variedades de videira (Alarcón et al., 2001; Motosugi et al., 2002; Nikolaou et al., 2003). Por outro lado, no Argissolo Vermelho Amarelo que apresentava menos P ( $22\text{ mg P dm}^{-3}$ ) a micorrização não incrementou o crescimento das plantas. O mesmo foi observado por Aguín et al. (2004)

utilizando o sistema simbiótico *Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend Koske e o porta enxerto de videira 110R.

Em algumas situações, o efeito da micorrização sobre o crescimento de mudas de videira foi observado apenas quando o solo foi fertilizado com ácido húmico, indicando que a aplicação dessa substância pode maximizar os efeitos da micorrização. Linderman & Davis (2001) destacam que certos compostos, como o ácido húmico, podem favorecer o crescimento vegetal via estímulo de microrganismos benéficos. Além disso, tem sido sugerido que ácidos húmicos podem atuar como hormônios, promovendo o crescimento vegetal, ou servirem como moléculas adsorventes de reguladores de crescimento (Arancon et al., 2004). Esses mecanismos podem ter maximizado a atuação dos FMA em solo que receberam esses compostos.

Como o solo utilizado para os experimentos foi previamente desinfestado, a produção de biomassa microbiana foi possivelmente oriunda das hifas de FMA, considerando que esses fungos compõem a maior parte da biomassa microbiana edáfica (Kennedy, 1998). É provável que o estímulo da aplicação de ácido húmico no aumento da quantidade de carbono da biomassa microbiana (experimento com Argissolo Vermelho-Amarelo) esteja relacionado ao benefício desse composto na produção de hifas, como recentemente sugerido por Gryndler et al. (2005). Por outro lado, no ensaio com o outro tipo de solo, a biomassa microbiana foi reduzida pela inoculação das mudas com *G. margarita*, fato que contraria o esperado, pois espécies de *Gigaspora* Gerd. & Trappe emend. Walker & Sanders em geral produzem elevada biomassa no solo (Harter & Reader, 2002). Possivelmente, o isolado testado pode ser sensível ao composto utilizado. Vallini et al. (1993) verificaram que a produção de hifas assimbióticas de *Glomus mosseae* foi reduzida com a aplicação de ácidos húmicos.

A presença do fungo micorrízico na raiz altera a exsudação, favorecendo a atividade da microbiota edáfica (Wamberg et al., 2003), fato também constatado no presente estudo. No Argissolo Amarelo, *G. margarita* produziu mais estruturas no córtex radicular da videira, possivelmente contribuindo para a maior atividade hidrolítica do FDA observada neste tratamento.

Por outro lado, a evolução de CO<sub>2</sub> não foi favorecida pela micorrização, nos dois experimentos. É provável que a contribuição neste processo ocorra em estádios mais

avançados do desenvolvimento vegetal, como apontado por Wamberg et al. (2003), os quais registraram que *Glomus intraradices* Schenck & Smith produziu aumento na atividade respiratória apenas durante o estágio reprodutivo de plantas de ervilha (*Pisum sativum* L.).

Como esperado, a aplicação de ácido húmico não afetou a evolução de CO<sub>2</sub> nos solos cultivados com videira, pois essas substâncias são complexas (Hayes & Clapp, 2001) e possivelmente a microbiota (microrganismos que resistiram à desinfestação e os FMA) presente no solo para cultivo das mudas não teve habilidade para utilizá-las nos processos oxidativos.

A presença de *G. clarum* e *G. margarita* não incrementou a deposição de glomalina nos solos, apesar dessa glicoproteína ser constituinte da parede de hifas de FMA (Driver et al., 2005). Talvez a duração do experimento (120 dias), não tenha permitido que diferenças entre os tratamentos com FMA fossem detectadas. Do mesmo modo, a aplicação do ácido húmico não afetou a produção de glomalina, mesmo considerando que esse composto pode inibir (Vallini et al., 1993) ou estimular (Gryndler et al., 2005) a produção de micélio de FMA, responsável pela síntese de glomalina no solo (Wright & Upadhyaya, 1998).

A solução de ácido húmico aplicada não foi eficaz em incrementar a reprodução dos FMA, apesar de vários trabalhos relatarem que o uso de materiais, com elevados teores de substâncias húmicas, favorece a esporulação (Gaur & Adholeya, 2002). Outras propriedades desses materiais, além do teor de humificação, devem atuar no processo.

Contudo, a aplicação de ácido húmico pode favorecer a biomassa microbiana de solo cultivado com mudas de videira micorrizadas, embora, esse benefício dependa do tipo de solo e do FMA.

Conclui-se que a aplicação de ácido húmico no solo pode favorecer o crescimento de mudas videiras de micorrizadas e a atividade microbiana, porém os benefícios são dependentes do tipo de solo e do FMA empregado.

### Referências Bibliográficas

AGUÍN, O.; MANSILLA, J.P.; VILARIÑO, A. & SAINZ, M.J. 2004. Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.55, p.108-111, 2004.

- ALARCÓN, A.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M.C.; FERRERRA-CERRATO, R.; VILLAGAS-MONTER, A. 2001. *Glomus fasciculatum* and *Glomus etunicatum* effectiveness on growth of *Vitis vinifera* L. micropropagated plantlets. **Terra**, v.19, p.29-35, 2001.
- ANJOS, E.C.T.; CAVALCANTE, U.M.T; SANTOS, V.F.; MAIA, L.C. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.345-351, 2005.
- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; BIERMAAN, P.; METZGER, J.D. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. **Bioresource Technology**, v.93, p.145-153, 2004.
- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; BIERMAAN, P.; WELCH, C.; METZGER, J. D. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste on the growth and yield of peppers in the field. **Pedobiologia**, v.49, p.297-306, 2005.
- BASTOS, R. S.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ V, V. H.; CORRÊA, M. M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p.11-20, 2005.
- BIDEGAIN, R.A.; KAEMMERER, M.; GUIRESSE, M.; HAFIDI, M.; REY, F. MORARD, P.; REVEL, J. C. Effects of humic substances from composted or chemically decomposed poplar sawdust on mineral nutrition of ryegrass. **Journal of Agriculture Science**, v.134, p.259-267, 2000.
- BRUNDRETT, M.C.; PICHÉ, Y.; PETERSON, R. L. 1984. A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Canadian Journal of Botany**, v.62, p.2128 – 2134, 1984.
- CARAVACA, F.; BAREA, J.M.; FIGUEREDO, D.; ROLDÁN, A. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reforestation with *Olea europaea* subsp. *Sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. **Applied Soil Ecology**, v.20, p.107-118, 2002.
- COSTA, C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; NOGUEIRA, R.J.M.C. 2001. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de

- aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.893-901, 2001.
- COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; GOTO, B.T.; SANTOS, V.F.; MAIA, L.C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.225-232, 2005.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. **Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo: Método da Fumigação-Extração**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, (Série Documentos, 37).1997.10p.
- DRIVER, J.D.; HOLBEN, W.E.; RILLIG, M. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p.101-106, 2005.
- FERNANDES, S.A. P.; BETTIOL, W.; CERRI, C.C. Effects of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. **Applied Soil Ecology**, v.30, p.65-77, 2005.
- GAUR, A.; ADHOLEYA, A. Arbuscular-mycorrhizal inoculation of five tropical fodder crops and inoculum production in marginal soil amended with organic matter. **Biology and Fertility of Soils**, v.35, p.214-218, 2002.
- 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.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, p.489-500, 1980.
- GRISI, B.M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, p.82-88, 1978.
- GRYNDLER, M.; JANSÁ, J.; HRSELOVÁ, H.; CHVÁTALOVÁ, I.; VOSÁTKA, M. Chitin stimulates development and sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v.22, p.283-287, 2003.
- GRYNDLER, M.; HRSCLOVÁ, H. SUDOVÁ, R.; GRYNDLEROVÁ, H.; REZÁCOVÁ, V.; MERHAUTOVÁ, V. Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum* BEG23 is stimulated by humic substances. **Mycorrhiza**, v.15, p.483-488, 2005.

- HART, M.M.; READER, R. J. Does percent root length colonization and soil hyphal length reflect the extent of colonization for all AMF?. **Mycorrhiza**, v.12, p.297-301, 2002.
- HAYES, M.H.B.; CLAPP, C.E. Humic substances: considerations of compositions, aspects of structure, and environmental influences. **Soil Science**, v.166, p.723-737, 2001.
- JAIZME-VEGA, M.C.; RODRÍGUEZ, N.; GONZÁLEZ, E. Aplicación de micorrizas sobre viña durante la fase de vivero. **Actas Horticultura**, v.39, p.463-464, 2003.
- JENKINS, WR. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v.48, p.692, 1964.
- KARAGIANNIDIS, N.; NIKOLAOU, N.; MATTHEOU, A. Wirkung dreier VA-mycorrhizapilze auf ertrag und Nährstoffaufnahme von drei unterlagen un einer tafeltraubensorte. **Vitis**, v.34, p.85-89, 1995.
- KARAGIANNIDIS, N.; NIKOLAOU, N. Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Pb and Cd) uptake, growth, and chemical composition of *Vitis vinifera* L. (cv. Razaki). **American Journal of Enology and Viticulture**, v.51, p.269-275, 2000
- KENNEDY, A. C. 1998. The rhizosphere and spermosphere. In: Sylvia, D.M.; Fuhrmann, J.J.; Hartel, P.G.; Zuberer, D.A. (Ed.). **Principles and Applications of Soil Microbiology**. New Jersey: Prince Hall, Inc. Upper Saddle River, p.389-407.
- LINDERMAN, R. G. & DAVIS, E. A. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth response to soil amendment grape pomace or its water extract. **Hortecchnology**, v.11, p.446-450, 2001.
- MOTOSUGI, H.; YAMAMOTO, Y.; NARUO, T.; KITABAYASHI, H.; ISHII, T. Comparison of the growth and leaf mineral concentrations between three grapevine rootstocks and their corresponding tetraploids inoculated with an arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. **Vitis**, v.41, p.21-25, 2002.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for growth and biossays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v.15, p.473-497, 1962.
- NIKOLAOU, N.; ANGELOPOULOS, K.; KARAGIANNIDIS, N. Effects of drought stress on mycorrhizal and non-mycorrhizal Carbenet Sauvignon grapevine, grafted onto various rootstocks. **Experimental Agriculture**, v.39, p.241-252, 2003.

SILVA, L.F.C.; SIQUEIRA, J.O. 1991. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.15, p.283-288. 1991.

SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C. Caracterização social e econômica da videira. In: LEÃO, P.C.S; SOARES, J.M. (Ed.). **A Viticultura no Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. p.366.

SILVA, P. C. G. 2004. **Anais do Seminário Novas Perspectivas para o Cultivo da Uva sem Semente no Vale do São Francisco Embrapa Semi-Árido**, Petrolina/PE 1 CD ROM. SIQUEIRA, J.O.; LAMBAIS, M.R.; STÜRMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biociência**, v.25, p.12-21, 2002.

SMITH, S. E. & READ, D. J. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, London. **STATSOFT**. Statistica for Windows. 1997. Tulsa, USA.

SWISHER, R.; CARROLL, G.C. 1980. Fluorescein diacetate hydrolysis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. **Microbial Ecology**, v.6, p.217-226, 1980.

VALLINI, G.; PERA, A.; AVIO, L.; VALDRIGHI, M.; GIOVANNETTI, M. Influence of humic acids on laurel growth, associated rhizospheric microorganisms, and mycorrhizal fungi. **Biology and Fertility of Soils**, v.16, p.1-4, 1993.

WAMBERG, C.; CHRISTENSEN, S.; JAKOBSEN, J.; MÜLLER, A.K.; SØRESEN, S.J. The mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) affects microbial activity in the rhizosphere of pea plants (*Pisum sativum*). **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, p.1349-1357, 2003

WRIGHT, S.F.; UPADHAYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v.198, p.97-107, 1998.

## *Conclusões Gerais*

## **CONCLUSÕES GERAIS**

O manejo orgânico empregado para o cultivo de videiras apirênicas enxertadas (IAC 766/Festival Seedless) favorece a fase intra-radicular e a reprodução de fungos micorrízicos arbusculares bem como a atividade microbiana do solo em relação ao sistema de cultivo convencional.

A aplicação de ácido húmico no solo pode favorecer o crescimento de mudas de videiras micorrizadas e a atividade microbiana no solo.

Os benefícios decorrentes da inoculação e da aplicação de ácido húmico são dependentes do tipo de solo e do FMA empregado.

*Anexos*

NORMAS GERAIS PARA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS NA ACTA BOTANICA BRASÍLICA

1. A Acta Botanica Brasílica (Acta bot. bras.) publica artigos originais em Português, Espanhol e Inglês.
2. Os artigos devem ser concisos, em **quatro vias, com até 25 laudas**, seqüencialmente numeradas, incluindo ilustrações e tabelas (usar fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço entre linhas 1,5; imprimir em papel tamanho A4, margens ajustadas em 1,5 cm). A critério da Comissão Editorial, mediante entendimentos prévios, artigos mais extensos poderão ser aceitos, sendo o excedente custeado pelo(s) autor(es).
3. Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.* devem estar em itálico.
4. O título deve ser escrito em caixa alta e baixa, centralizado, e deve ser citado da mesma maneira no Resumo e Abstract da mesma maneira que o título do trabalho. Se no título houver nome específico, este deve vir acompanhado dos nomes dos autores do táxon, assim como do grupo taxonômico do material tratado (ex.: Gesneriaceae, Hepaticae, etc.).
5. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios etc.). Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer e-mail.
6. A estrutura do trabalho deve, sempre que possível, obedecer à seguinte seqüência:
  - **RESUMO e ABSTRACT** (em caixa alta e negrito) - texto corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo e com cerca de 200 palavras. Deve ser precedido pelo título do artigo em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até cinco palavras-chave à escolha do autor, em ordem de importância. A mesma regra se aplica ao Abstract em Inglês ou Resúmen em Espanhol.
  - **Introdução** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter uma visão clara e concisa de: a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado; b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho; c) objetivos.
  - **Material e métodos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome da(s) espécie(s) completo, inclusive com o autor. Mapas - podem ser incluídos se forem de extrema relevância e devem apresentar qualidade adequada para impressão. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em **Resultados** deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e métodos**.
  - **Resultados e discussão** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): podem conter tabelas e figuras (gráficos,

fotografias, desenhos, mapas e pranchas) estritamente necessárias à compreensão do texto. Dependendo da estrutura do trabalho, resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados.

As figuras devem ser todas numeradas seqüencialmente, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da figura. As tabelas devem ser seqüencialmente numeradas, em arábico com numeração independente das figuras.

Tanto as figuras como as tabelas devem ser apresentadas em folhas separadas (uma para cada figura e/ou tabela) ao final do texto (originais e 3 cópias). Para garantir a boa qualidade de impressão, as figuras não devem ultrapassar duas vezes a área útil da revista que é de 17,5x23,5 cm. Tabelas - Nomes das espécies dos táxons devem ser mencionados acompanhados dos respectivos autores. Devem constar na legenda informações da área de estudo ou do grupo taxonômico. Itens da tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda.

As ilustrações devem respeitar a área útil da revista, devendo ser inseridas em coluna simples ou dupla, sem prejuízo da qualidade gráfica. Devem ser apresentadas em tinta nanquim, sobre papel vegetal ou cartolina ou em versão eletrônica, gravadas em .TIF, com resolução de pelo menos 300 dpi (ideal em 600 dpi). Para pranchas ou fotografias - usar números arábicos, do lado direito das figuras ou fotos. Para gráficos - usar letras maiúsculas do lado direito.

As fotografias devem estar em papel brilhante e em branco e preto. **Fotografias coloridas poderão ser aceitas a critério da Comissão Editorial, que deverá ser previamente consultada, e se o(s) autor(es) arcar(em) com os custos de impressão.**

As figuras e as tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa, de forma abreviada e sem plural (Fig. e Tab.). Todas as figuras e tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto.

Legendas de pranchas necessitam conter nomes dos táxons com respectivos autores. Todos os nomes dos gêneros precisam estar por extenso nas figuras e tabelas. Gráficos - enviar os arquivos em Excel. Se não estiverem em Excel, enviar cópia em papel, com boa qualidade, para reprodução.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4  $\mu$ m), o número separado da unidade, com exceção de porcentagem (Ex.: 90%).

Escrever por extenso os números de um a dez (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0-4,0 mm; 125 exsiccatas.

Em trabalhos taxonômicos o material botânico examinado deve ser selecionado de maneira a citarem-se apenas aqueles representativos do táxon em questão e na seguinte ordem: **PAÍS. Estado:** Município, data, fenologia, *coletor(es) número do(s) coletor(es)* (sigla do Herbário).

Ex.: **BRASIL. São Paulo:** Santo André, 3/XI/1997, fl. fr., *Milanez 435* (SP).

## VITIS - Instructions for Authors

Manuscripts written in English should be sent as e-mail ([vitis@bafz.de](mailto:vitis@bafz.de)) or hard copy in duplicate to:

Prof.	Dr.	H.	Düring
BAZ	Institut	für	Rebenzüchtung
76833			Geilweilerhof
Germany			Sieboldingen

Authors are requested to prepare their manuscripts as follows: **double spaced** but not two columns. Tables and figures should be placed at the end of the text, one per page, followed by pages with the legends, marked with author's name, figure number and orientation unless obvious.

**Literature** citation, e.g.:

for journal articles:

LAHOUE, F.; BOULARD, G.; SCHNEIDER, C.; 1995: Comparaison de différentes techniques de greffage vis-à-vis de leur efficacité de transmission virale sur vigne. *Vitis* 34, 177-183.

for articles in conference proceedings and monographs:

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R.; BOTTING, D. G.; 1996: Effects of partial rootzone drying on grapevine vigour, yield composition of fruit and use of water. In: C. S. STOCKLEY; A. N. SAS; R. S. JOHNSTONE; T. H. LEE (Eds.): Proc. 9th. Aust. Wine Ind. Techn. Conf., 128-131. Adelaide, Australia (Winetitles: Adelaide).

(Please write authors' names in normal or small capital letters (see examples above), but not in capital letters.)

Papers are limited to **8 printed pages** except for reviews. The final size of a paper may be calculated as follows: One printed page usually has two columns with 59 lines each with about 55 characters per line.

**Research Notes**, not exceeding two printed pages (e.g. 8000 characters, 10 citations, one table, one figure) will be published as early as possible after acceptance.

**Photos** in black and white or colour are accepted on glossy paper in final journal size or slightly larger, if appropriate group them (with the edges in contact) into one or more plates of suitable size. In case of electronic submission, please refer to the instructions below.

Upon acceptance, text files of the manuscript on **floppy disc** or **CD-ROM** in MS-Windows format or **e-mail attachment** will be welcome. Texts must be sent as MS-Word files. **Tables** must be created with the table-function of MS-Word. **Special characters** (e.g. greek, mathematical) must be created with the symbol-function of MS-Word. Every **figure, diagram** or **photo** (if not sent as print-out) must be sent as separate file. Embedded figures, diagrams or photos cannot be accepted as well as articles in pdf-format. Photos must be sent in TIFF- or JPG-format (no compression). The resolution must be no less than 300 dpi. Colour photos must be sent in CMYK colour-mode, photos in RGB colour mode yield a faded print out.

The corresponding author will receive 50 reprints of the article free of charge.

VITIS is published quarterly as one volume of four numbers. The subscription price is EUR 40.-- per year plus forwarding charges (single issue price: EUR 10.--). The publication and subscription, for a minimum of one volume, can be obtained through booksellers in Germany and abroad or through the Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof. The subscription will be automatically continued unless it is cancelled immediately upon receipt of the last issue of a volume.

VITIS - Journal of Grapevine Research - Published by: Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, 76833 Siebeldingen, Germany.  
Tel.: + 49-6345-410. Fax: + 49-6345-919050. E-mail: [vitis@bafz.de](mailto:vitis@bafz.de)  
Editorial Board: Prof. Dr. H. Düring and Dr. W. Köglmeier  
Print: pva, Druck und Medien-Dienstleistungen GmbH, 76829 Landau/Pfalz. - Printed in Germany.

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

### Objetivos

A revista **Pesquisa Agropecuária Brasileira** é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas, Novas Cultivares e Revisões a convite do Editor.

### Submissão

Os originais submetidos à publicação devem ser enviados por via eletrônica ([pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br)) acompanhados de mensagem com os seguintes dados: nome, formação profissional, grau acadêmico e endereço institucional e eletrônico dos autores; indicação do autor-correspondente; declaração de não-submissão do trabalho à publicação em outro periódico. Cada autor deve enviar mensagem expressando sua concordância com a submissão do artigo. Os manuscritos podem também ser encaminhados pelos correios, para o seguinte endereço:

Embrapa Informação Tecnológica  
Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB  
Caixa Postal 040315  
70770-901 Brasília, DF

### Apresentação

- O artigo deve ser digitado em Word, espaço duplo, Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com páginas e linhas numeradas.
- As figuras, na forma de gráficos, devem ser apresentadas no final do texto, em Excel ou Word.
- As figuras, na forma de fotografias, imagens ou desenhos, com 8,5 cm ou 17,5 cm de largura, devem ser escaneadas com 300 dpi e gravadas, separadas do texto, em arquivos PDF.

As tabelas devem ser apresentadas em Word, no final do texto, somente com linhas horizontais; os dados devem ser digitados em fonte Times New Roman.

### Estrutura e organização

O artigo, com no máximo 20 páginas, deve ser apresentado na seguinte seqüência: título, nome completo dos autores, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, Título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, Tabelas e Figuras.

**Título:** 15 palavras no máximo, em letras minúsculas.

**Autores:** nomes completos, com chamada para nota de endereços; autores de uma

mesma instituição devem ter a mesma nota de endereço.

**Notas de endereços:** endereços institucionais e eletrônicos dos autores.

**Resumo:** máximo de 200 palavras; Abstract deve ser tradução fiel do Resumo.

**Termos para indexação:** mínimo três e máximo seis.

**Conclusões:** frases curtas, com o verbo no presente do indicativo, sem comentários adicionais e elaboradas com base nos objetivos do artigo.

**Citações:** não são aceitas citações de dados não publicados, comunicação pessoal, resumos e publicações no prelo.

**Referências:** de acordo com a NBR 6023 da ABNT; em ordem alfabética dos nomes dos autores; principalmente dos últimos dez anos e de artigos de periódicos. Exemplos:

#### Eventos (considerados em parte)

ALBUQUERQUE, F.C.; DUARTE, M.L.R.; NUNES, A.M.L.; STEIN, R.L.B.; OLIVEIRA, R.P. Comportamento de germoplasma de pimenta-do-reino em áreas de ocorrência de fusariose no Estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. **Anais**. Belém: Embrapa-CPATU; IICA, 1997. p.269-276. (Embrapa-CPATU. Documentos, 89).

#### Artigos de periódicos

BAK, P.; TANG, C.; WIESENFELD, K. Self-organized criticality. **Physical Review A**, 38, p.364-374, 1988.

#### Capítulos de livros

IAS-FILHO, M.B. Pastagens cultivadas na Amazônia oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.135-147.

#### Livros

ERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3.ed. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998. 220p.

#### teses e dissertações

LACHADO, C.A.E. **Padrões isoenzimáticos de superóxido dismutase de alguns genótipos de pessegueiro *Prunus persica* (L.) Batsch**. 1984. 36p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

#### Outras informações

Todos os manuscritos são revisados por no mínimo dois especialistas. O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.

Os trabalhos aceitos são de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.

Os trabalhos aceitos não poderão ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.

Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos pelos fones: (61) 448-4231 e 3-9616, fax: (61) 340-5483 ou mail: [pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br).