

Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico

Sandro Souza Focchi⁽¹⁾, Fábio Kessler Dal Soglio⁽¹⁾, Rosilaine Carrenho⁽²⁾,
Paulo Vitor Dutra de Souza⁽³⁾ e Paulo Emílio Lovato⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Fac. de Agronomia, Dep. de Fitossanidade, Caixa Postal 776, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS. E-mail: sandrosf@ig.com.br, fabiods@ufrgs.br ⁽²⁾Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, Av. Colombo 5790, Campus Universitário, CEP 87020-900 Maringá, PR. E-mail: rcarrenho@uem.br ⁽³⁾UFRGS, Fac. de Agronomia, Dep. de Horticultura e Silvicultura. E-mail: pvdsouza@ufrgs.br ⁽⁴⁾Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Dep. de Engenharia Rural, Caixa Postal 476, CEP 88034-001 Florianópolis, SC. E-mail: plovato@mbox1.ufsc.br

Resumo – Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) apresentam um grande potencial biotecnológico, mas, para que seu emprego seja bem-sucedido, é necessário conhecer como esses organismos respondem às práticas agrícolas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de duas formas de manejo, convencional e orgânica, em pomares e viveiros de citros, nas comunidades de FMA, comparadas com solo de mata nativa. Um total de 36 amostras de solo foram coletadas, e suas características químicas e a ocorrência de espécies de FMA foram avaliadas. Os sistemas de manejo não alteraram as comunidades de FMA, apesar das modificações químicas no solo causadas pelas aplicações de fertilizantes orgânicos, que elevaram os valores de pH, matéria orgânica, Ca e magnésio. No entanto, as comunidades foram afetadas pelo tempo de implantação e pelas regiões onde se localizam os pomares e viveiros. Estas diferenças se devem provavelmente à estabilidade dos pomares mais antigos e às características evolutivas de cada local.

Termos para indexação: citricultura, comunidades, mata, pomar, viveiro.

Arbuscular mycorrhizal fungi in citrus cultivation under conventional and organic management

Abstract – Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) present a great biotechnological potential, but to be successfully applied, it is necessary to know how these organisms react to agricultural practices. This research aimed to verify the effects of two management systems, conventional and organic, applied to citrus orchards and nurseries, on AMF communities, compared to soil from a native forest. A total of 36 soil samples were collected, and their chemical characteristics and AMF species occurrence were evaluated. Management systems did not change AMF communities, even with the soil chemical alterations due to organic fertilizers amendment, which increased pH, organic matter, calcium and magnesium values. However, communities were affected by the time of implementation and regions where orchards and the nurseries were located. These differences are probably due to the stability of older orchards and the evolutionary characteristics of each local.

Index terms: citriculture, communities, forest, nursery, orchard.

Introdução

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam associações mutualísticas com a maioria das plantas e, sendo simbioses obrigatórias, ocorrem de maneira generalizada nos ecossistemas. Eles aumentam a absorção de nutrientes poucos móveis no solo (Marschner & Dell, 1994), a tolerância das plantas a doenças radiculares (Munyanziza et al., 1997), melhoram a estrutura do solo e aumentam a diversidade e a produtividade vegetal (Heijden et al., 1998). Por causa desses benefícios, os FMA apresentam um grande potencial biotecnológico. O manejo apropriado desta simbiose pode

reduzir a utilização de fertilizantes e pesticidas químicos.

Neste sentido, trabalhos têm sido realizados sobre a ecologia dos FMA, como aqueles que procuram verificar a influência das práticas agrícolas sobre suas comunidades. Douds Junior et al. (1993) e Johnson (1993) destacam que adubações com fertilizantes químicos ou orgânicos selecionam determinadas espécies de FMA. Sistemas produtivos orgânicos apresentam maior número de esporos, potencial de inóculo, diversidade de espécies e colonização radicular do que os convencionais (Douds Junior et al., 1993, 1995; Rosales & Valdéz, 1996).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de duas formas de manejo, convencional e orgânica, em pomares e viveiros de citros, nas comunidades de FMA, comparados com solo de mata nativa.

Material e Métodos

O levantamento foi realizado em março de 2002 em duas áreas do Município de Montenegro, RS. Em uma das áreas, localizada no km 4,5 da RST 470, estavam localizados quatro pomares adultos de citros e uma área de mata nativa, que também foi amostrada. Em outra área, pertencente ao Centro de Treinamento da Emater, eram cultivados dois pomares jovens e dois viveiros de citros. Os pomares adultos e a mata nativa possuíam uma área de 3.000 m², os pomares jovens, 2.100 m² e os viveiros, 336 m².

Os pomares adultos (13 anos de implantação), pomares jovens e os viveiros (seis meses de implantação) foram divididos em razão do manejo (convencional e orgânico). Dois pomares adultos, um pomar jovem e um viveiro eram conduzidos sob manejo orgânico e os outros sob manejo convencional. Em todos os pomares e viveiros foi utilizado *Poncirus trifoliata* L. Raf. como porta-enxerto.

No manejo convencional, os pomares e viveiros convencionais foram implantados conforme recomendação técnica, e a fertilidade do solo, corrigida de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (1995), aplicando-se calcário dolomítico, superfosfato simples e cloreto de potássio. As adubações de correção, manutenção e produção também foram feitas com aplicação de formulações NPK. Nos pomares jovens e viveiros aplicaram-se 400 kg ha⁻¹ de fosfato natural, em substituição ao superfosfato simples. Os tratamentos fitossanitários foram realizados para prevenir pinta-preta (*Guignardia citricarpa* Kiely), cancro cítrico (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* Hasse, Vauterin et al.) e larva minadora do citros (*Phyllocnistis citrella* Station). Na prevenção da pinta-preta, utilizou-se benomyl (0,08%) + óleo mineral (0,5%), aplicado logo após a queda das pétalas, em intervalos de 30 dias até o final da colheita. Quanto ao cancro cítrico, aplicou-se oxicloreto de cobre (0,15%), nos fluxos de brotações, e no caso da larva minadora, abamectin (0,3%), nos fluxos de brotações. As plantas nas entrelinhas foram manejadas com glifosato (0,5%) e roçadas, nos meses de outubro e janeiro.

No manejo orgânico, no primeiro ano de conversão, os pomares e viveiros, convertidos há 10 anos, receberam em cobertura, 50 m³ ha⁻¹ de composto produzido na usina de compostagem da Ecocitros (Montenegro, RS). A cada três anos efetuaram-se aplicações de 50 m³ ha⁻¹ de composto. O composto foi produzido a partir de diversos resíduos industriais da região, como casca de acácia, vísceras, conteúdo ruminal e cereais fermentados. Aplicaram-se anualmente 30 m³ ha⁻¹ de chorume, oriundo de açudes de decantação da usina de compostagem (Ecocitros). Os tratamentos fitossanitários foram realizados anualmente no controle da pinta-preta, do cancro cítrico e da larva minadora dos citros, utilizando-se calda bordalesa (0,5%) no controle da pinta-preta e do cancro cítrico, e *Bacillus thuringiensis* (0,05%), no controle da larva minadora. As plantas nas entrelinhas foram manejadas com roçadas, nos meses de outubro e janeiro.

A mata nativa tinha 14 anos de idade e era formada principalmente pelas espécies *Myrceugenia* sp. (cambuim), *Fagara* sp. (mamica-de-cadela), *Schinus thebinthifolius* Radii (aroeira mansa) e *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pavon) Mez., encontrando-se no estágio secundário de desenvolvimento.

As coletas de solo foram realizadas no mês de março/2002, dividindo-se as áreas em quatro quadrantes. De cada quadrante retirou-se uma amostra, composta de 10 subamostras (0–10 cm) escolhidas ao acaso. Coletaram-se 36 amostras compostas (n), ou seja, quatro por pomar ou viveiro e sistema de cultivo e quatro da mata nativa.

As subamostras de solo de cada unidade amostral foram homogeneizadas e secadas ao ar e à sombra para a extração de esporos de FMA e determinação das características químicas. Os esporos de FMA foram extraídos de uma alíquota de 50 g de solo, pela técnica de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) com passagem por peneiras de 1.000, 250 e 53 µm, seguido de centrifugação em sacarose (Jenkins, 1964). O solo retido na peneira de menor malha foi centrifugado, passando-se o sobrenadante novamente na peneira de 53 µm. O material retido foi observado no microscópio estereoscópico, com aumento de 30 vezes, sendo realizada a contagem e separação dos esporos de FMA do restante do material. Os esporos resistentes ao toque da agulha histológica foram separados e armazenados a 4°C, em frascos contendo uma solução de NaN₃ a 0,05%, para posterior separação por tipos de esporos e determinação das espécies. Os esporos foram separados por

tipos morfológicos em razão do tamanho, cor, brilho, forma e transparência. Lâminas contendo os tipos morfológicos foram preparadas com as soluções fixadoras PVLG e PVLG + Melzer (1:1). Os esporos foram identificados pelo tamanho, posição da hifa terminal, presença de apêndices e características da parede segundo Schenck & Pérez (1988) e Morton et al. (1993), e a riqueza de FMA foi estimada pelo número de espécies contidas em cada amostra.

A caracterização química do solo adjacente às raízes foi realizada conforme Tedesco et al. (1995). A acidez ativa foi avaliada pelo pH em água e os teores de P, K, Ca e Mg pelo método de extração com lâminas de resina de troca iônica.

Os resultados obtidos pela presença e ausência de espécies e as características químicas do solo foram avaliados pelos métodos de análise de ordenação, correlação entre variáveis seguida do teste de aleatorização e análise de variância multivariada com teste de aleatorização (Orlóci et al., 1987), utilizando-se o software Multiv. A ordenação foi obtida por análise de

componentes principais, e as unidades amostrais descritas pelas variáveis (espécies de FMA) que apresentaram correlação superior a 0,5 com os eixos de ordenação. A significância dos eixos de ordenação foi avaliada pelo teste Bootstrap, considerando os níveis de significância de $p \leq 0,1$ (Pillar, 1998).

As unidades amostrais nas análises de variância com teste de aleatorização foram agrupadas de acordo com o manejo, local e características químicas do solo. As espécies *Scutellospora* cf. *nodosa* e *Scutellospora pellucida* não participaram da matriz de ausência e presença de espécies, por causa da raridade de suas frequências.

Resultados e Discussão

Em todas as áreas avaliadas, encontraram-se 26 espécies de FMA autóctones em citros. O gênero *Glomus* apresentou maior número de espécies, 12, seguido dos gêneros *Acaulospora* com sete, *Scutellospora* com quatro, *Entrophospora* com duas e *Gigaspora* com apenas uma (Tabela 1).

Tabela 1. Ocorrência relativa (%) de espécies de FMA em 36 amostras de solo (n), provenientes de pomares, viveiros e mata nativa, coletadas em março/2002.

| Espécies | Pomares adultos | Pomares adultos | Pomares jovens | Pomares jovens | Mata nativa |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------|
| | orgânicos | convencionais | e viveiros | e viveiros | |
| | (n=8) | (n=8) | orgânicos (n=8) | convencionais (n=8) | (n=4) |
| <i>Acaulospora</i> sp. 1 | 25 | 25 | 0 | 12 | 75 |
| <i>Acaulospora bireticulata</i> | 87 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| <i>Acaulospora</i> aff. <i>capsicula</i> | 50 | 37 | 0 | 12 | 100 |
| <i>Acaulospora foveata</i> | 25 | 50 | 0 | 25 | 50 |
| <i>Acaulospora mellea</i> | 100 | 100 | 87 | 50 | 100 |
| <i>Acaulospora rehmi</i> | 100 | 100 | 100 | 87 | 100 |
| <i>Acaulospora scrobiculata</i> | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| <i>Entrophospora colombiana</i> | 100 | 100 | 100 | 75 | 100 |
| <i>Entrophospora infrequens</i> | 50 | 37 | 37 | 37 | 75 |
| <i>Gigaspora</i> sp. 1 | 37 | 25 | 50 | 25 | 75 |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 25 | 37 | 0 | 12 | 100 |
| <i>Glomus</i> aff. <i>australe</i> | 50 | 25 | 0 | 50 | 100 |
| <i>Glomus claroideum</i> | 87 | 62 | 50 | 62 | 100 |
| <i>Glomus etunicatum</i> | 100 | 100 | 50 | 75 | 100 |
| <i>Glomus</i> aff. <i>fasciculatum</i> | 62 | 50 | 37 | 50 | 100 |
| <i>Glomus geosporum</i> | 62 | 12 | 0 | 25 | 100 |
| <i>Glomus glomerulatum</i> | 87 | 100 | 37 | 75 | 75 |
| <i>Glomus macrocarpum</i> | 100 | 100 | 100 | 87 | 100 |
| <i>Glomus microaggregatum</i> | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| <i>Glomus</i> aff. <i>mosseae</i> | 25 | 25 | 50 | 12 | 25 |
| <i>Glomus</i> aff. <i>versiforme</i> | 50 | 37 | 37 | 25 | 100 |
| <i>Scutellospora cerradensis</i> | 62 | 75 | 87 | 62 | 100 |
| <i>Scutellospora heterogama</i> | 75 | 100 | 100 | 87 | 100 |
| <i>Scutellospora</i> cf. <i>nodosa</i> | ⁽¹⁾ | - | - | - | - |
| <i>Scutellospora pellucida</i> | - | - | - | - | - |

⁽¹⁾As espécies *S.* cf. *nodosa* e *S. pellucida* foram consideradas raras, portanto não participaram da elaboração da matriz de presença e ausência de espécies de FMA.

As espécies de FMA *Glomus microaggregatum* e *Acaulospora scrobiculata* foram encontradas com maior frequência nas amostras, aparecendo em todas as amostras, seguidas de *G. macrocarpum*, *A. rehmi*, *A. bireticulata*, *E. colombiana*, *S. heterogama*, *A. mellea*, *G. etunicatum*, *G. glomerulatum*, *S. cerradensis* e *G. claroideum*. Já as espécies *Scutellospora* cf. *nodosa* e *Scutellospora pellucida* foram consideradas raras, razão do baixo número de esporos identificados. Souza et al. (2002), na região citrícola do Rio Grande do Sul, constataram também a predominância de espécies de *Glomus*, seguido de *Acaulospora*, *Scutellospora* e *Entrophospora*. Entretanto, esses autores identificaram dez espécies de FMA, e as mais frequentes foram *G. macrocarpum*, em 95% das amostras, *S. heterogama* (86%), *A. bireticulata* e *A. scrobiculata* (41%) e *E. colombiana* (27%). As diferenças, na frequência e no número de espécies identificadas, neste trabalho e no de Souza et al. (2002), estão relacionadas ao número de amostras e abrangência do trabalho. Abbott & Robson (1991) destacam que o aumento do número de amostras por área, amostragens em diferentes épocas do ano e coletas no menor número de regiões possibilitam observar maior diversidade de espécies de FMA.

As comunidades de FMA, bem como a riqueza de espécies, foram distintas, quando comparadas às diferentes regiões de coleta, ou seja, mata nativa, pomares adultos e pomares jovens e viveiros, com destaque para a mata nativa que apresentou, em média, riqueza igual a 21,5 (Tabela 2). Nos ambientes naturais, a maior estabilidade possibilita a sobrevivência de diversas espécies de FMA, principalmente daquelas com baixa capacidade de esporulação e colonização radicular, por causa da maior diversidade de espécies hospedeiras e da menor variação nas características do solo (Siqueira et al., 1989). Da mesma forma, os cultivos perenes podem, em consequência do tempo de produção, apresentar estabilidade semelhante ao ambiente natural, possibilitando maior diversidade de espécies hospedeiras e ausência de variações bruscas nas características do solo (Siqueira et al., 1989; Rosales & Valdéz, 1996).

Assim, o preparo do solo, realizado na implantação dos pomares jovens e viveiros, pode também ter contribuído na seleção de determinadas espécies de FMA, como já observado por Douds Junior et al. (1995). É provável que o distúrbio causado no solo pela aração tenha reduzido a capacidade infectiva dos FMA, por

causa da compactação do solo e da diminuição do sistema radicular, rompendo a rede de hifas no solo (Abbott & Robson, 1991) e diminuindo a esporulação de algumas espécies. Também a mudança da composição florística faz com que algumas espécies de FMA percam seus hospedeiros preferenciais, apresentando, assim, dificuldades para esporular (Munyanziza et al., 1997). Dependendo do grau de distúrbio, determinadas espécies podem ficar durante muito tempo sem esporular ou até mesmo desaparecer do local. Cuenca et al. (1998) atribuem a ausência de algumas espécies de FMA, em solos altamente perturbados, à suscetibilidade delas à perturbação e a pouca diversidade vegetal nos locais em recuperação.

Quanto aos tipos de manejo, não houve diferenças entre as comunidades de FMA e a riqueza de espécies (Tabela 2), apesar das modificações nas características do solo determinadas pelas aplicações dos adubos orgânicos, que aumentaram os valores de pH, MO, Ca e Mg (Tabela 3). Sistemas produtivos conduzidos com práticas conservacionistas, utilizando rotação de culturas, plantas de cobertura e adubações orgânicas, têm mostrado maiores índices de diversidade e riqueza de espécies de FMA (Douds Junior et al., 1993; Rosales & Valdéz, 1996). No entanto, Franke-Snyder et al. (2001) em um experimento de longa duração com soja e milho sob manejo convencional e orgânico, observaram que a riqueza, a diversidade e as comunidades de FMA não diferiram entre os tratamentos. Esses autores citam trabalhos em que também não se constataram aumentos

Tabela 2. Análises de variância multivariada com teste de aleatorização de 36 amostras de solo descritas pela presença e ausência de espécies de FMA e pela riqueza de FMA, pertencentes a pomares, viveiros e mata nativa avaliados no mês de março/2002.

| Critérios dos contrastes | Comunidades de FMA | Riqueza ⁽¹⁾ |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Regiões | Mata nativa | 21,5a |
| | Pomares adultos | 15,3b |
| | Pomares jovens e viveiros | 12,3c |
| Manejo | Mata nativa | 21,5a |
| | Pomares adultos orgânicos | 15,7b |
| | Pomares adultos convencionais | 15,0bc |
| | Pomar jovem e viveiro convencionais | 12,5bc |
| | Pomar jovem e viveiro orgânicos | 12,2c |

⁽¹⁾Médias entre regiões e manejo seguidas de mesma letra não diferem entre si, quanto à composição das comunidades de FMA e quanto à riqueza de espécies, pela análise de variância multivariada com teste de aleatorização a 7% de probabilidade.

Tabela 3. Características químicas médias de 36 amostras de solo pertencentes a pomares e viveiros de citros, com manejo convencional e orgânico, e mata nativa, coletadas no mês de março/2002⁽¹⁾.

| Ecossistema ⁽²⁾ | pH | MO (%) | P (mg kg ⁻¹) | K (mg kg ⁻¹) | Ca (cmol _c kg ⁻¹) | Mg (cmol _c kg ⁻¹) | Umidade (% mm ⁻¹) |
|----------------------------|-----|--------|--------------------------|--------------------------|--|--|-------------------------------|
| MN (n=4) | 5,0 | 2,1 | 7,8 | 16,0 | 5,0 | 7,8 | 12,5g |
| PCM (n=4) | 5,5 | 1,8 | 59,3 | 48,0 | 4,9 | 9,6 | 7,0d |
| PCV (n=4) | 5,4 | 2,4 | 124,0 | 67,1 | 10,3 | 13,3 | 9,0ef |
| PJC (n=4) | 5,9 | 1,7 | 125,4 | 72,8 | 10,3 | 19,3 | 13,5f |
| PJO (n=4) | 6,4 | 1,7 | 87,4 | 41,4 | 13,8 | 5,9 | 10,1cd |
| POM (n=4) | 6,8 | 4,0 | 71,8 | 43,0 | 77,4 | 14,9 | 9,4b |
| POV (n=4) | 6,0 | 5,2 | 43,1 | 10,0 | 54,6 | 18,5 | 22,5a |
| VIC (n=4) | 5,2 | 1,6 | 70,5 | 48,0 | 6,1 | 9,0 | 10,0de |
| VIO (n=4) | 6,9 | 2,6 | 107,9 | 68,8 | 27,6 | 8,5 | 16,3c |

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pela análise de variância multivariada com teste de aleatorização a 4% de probabilidade.

⁽²⁾MN: mata nativa; PCM: pomar adulto convencional meia encosta; PCV: pomar adulto convencional várzea; PJC: pomar jovem convencional; PJO: pomar jovem orgânico; POM: pomar adulto orgânico meia encosta; POV: pomar adulto orgânico várzea; VIC: viveiro convencional; VIO: viveiro orgânico.

significativos na diversidade de FMA por causa da utilização de manejos orgânicos.

Desta forma, tem sido apontada a inexistência de especificidade de espécies de FMA quanto ao tipo de ecossistema, ou seja, ambientes naturais ou antrópicos. A estrutura geral das comunidades de FMA não é alterada, apenas a frequência e abundância dessas espécies são modificadas pelo ambiente (Cuenca et al., 1998; Franke-Snyder et al., 2001). As espécies podem estar presentes nos ambientes mas, por causa da reduzida capacidade de colonização e produção de inóculo, sua detecção fica prejudicada. Portanto, as espécies mais agressivas e menos suscetíveis a mudanças adaptam-se rapidamente às novas condições impostas, naturalmente ou não, e tendem a ocorrer de forma generalizada. Sob este aspecto, as espécies *Acaulospora bireticulata*, *A. rehmi*, *A. scrobiculata*, *Entrophospora colombiana*, *Glomus macrocarpum*, *G. microaggregatum* e *Scutellospora heterogama* podem ser consideradas, quanto à esporulação, espécies indiferentes aos fatores ambientais (Tabela 1).

As demais espécies teriam alguma preferência ou seriam mais sensíveis a mudanças ambientais. Sendo assim, as espécies *Acaulospora* sp.1, *Acaulospora* aff. *capsicula*, *A. mellea*, *Glomus* sp.2, *G. claroideum*, *G. fasciculatum*, *G. etunicatum*, *G. geosporum* e *G. australe* poderiam ser consideradas mais sensíveis aos fatores ambientais, já que foram encontradas com maior frequência nas amostras pertencentes à mata nativa e nos pomares adultos, atuando, portanto, como as principais fontes de variação entre as regiões de amostragem (Figura 1). Além desta preferência por ambientes mais estáveis e menos perturbados, algumas

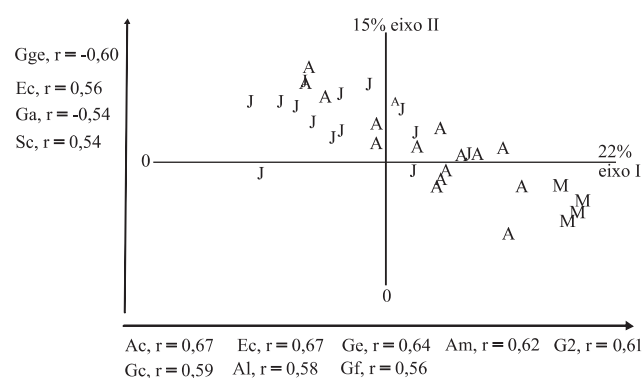


Figura 1. Diagrama de dispersão obtido por ordenação de 36 amostras de solo descritas por 24 espécies de FMA, pertencentes a pomares adultos (A), pomares jovens e viveiros (J) e mata nativa (M) do Município de Montenegro, RS. Correlação de Pearson (r) entre a espécie descritora das amostras de solo e o respectivo eixo de ordenação. Os eixos foram obtidos por análise de componentes principais a partir da correlação entre variáveis. As unidades amostrais estão identificadas de acordo com o ecossistema e a região de origem. A1: *Acaulospora* sp. 1, Ac: *Acaulospora* aff. *capsicula*, Am: *A. mellea*, Ec: *Entrophospora colombiana*, G2: *Glomus* sp. 2, Gc: *G. claroideum*, Gf: *G. fasciculatum*, Ge: *G. etunicatum*, Gge: *G. geosporum*, Ga: *G. australe*, Sc: *Scutellospora cerradensis*.

espécies responderam aos tipos de manejo. Assim, as espécies *Acaulospora mellea*, *Gigaspora* sp.1, *Glomus versiforme*, *G. mosseae* e *G. geosporum* apresentaram maior ocorrência nos sistemas produtivos manejados organicamente enquanto *Acaulospora foveata*, *Glomus etunicatum*, *G. australe* e *G. glomerulatum* apresentaram maior ocorrência no manejo convencional (Figura 2). Franke-Snyder et al. (2001) observaram que al-

gumas espécies respondem aos tipos de manejo e hospedeiros, constatando que *Glomus mosseae* e *Glomus geosporum* foram mais frequentes nos sistemas produtivos orgânicos.

Algumas espécies de FMA demonstraram correlação significativa com as características do solo (Tabela 4). De uma forma geral, verificou-se maior ocorrência das espécies *Acaulospora mellea*, *Entrophospora colombiana*, *E. infrequens*, *Gigaspora* sp.1, *Glomus* sp. 1, *Glomus* sp.2, *Glomus* aff. *australe*, *G. etunicatum* e *G. geosporum* em ambientes com menores teores de fósforo. Já as espécies *Acaulospora* sp.1, *A. bireticulata*, *A. foveata*, *A. rehmsii*, *A. scrobiculata*, *G. fasciculatum*, *G. mosseae*, *G. claroideum*, *G. glomerulatum*, *G. macrocarpum*, *G. microagregatum*, *Scutellospora cerradensis* e *S. heterogama* apresentaram-se indiferentes às características do solo. Espécies de *Gigaspora* ocorrem e esporulam em ambientes de menor fertilidade, com pH inferior a 6 e teores baixos de P e MO (Siqueira et al., 1989; Johnson, 1993). Da mesma forma, *Acaulospora mellea* e *G. etunicatum* preferem

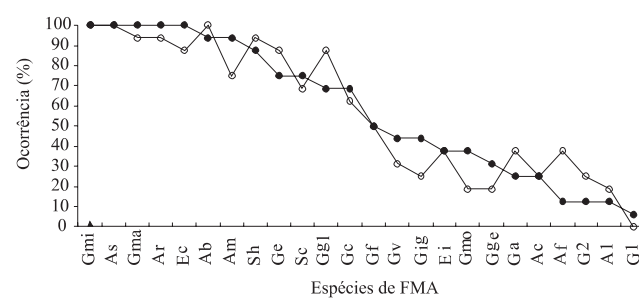


Figura 2. Ocorrência de espécies de FMA em 36 amostras de solo de pomares e viveiros de citros, com manejo orgânico (●) e convencional (○), do Município de Montenegro, RS. As unidades amostrais foram coletadas em março de 2002. A1: *Acaulospora* sp. 1, Ac: *Acaulospora* aff. *capsicula*, Ab: *A. bireticulata*, Af: *A. foveata*, Am: *A. mellea*, Ar: *A. rehmsii*, As: *A. scrobiculata*, Ec: *Entrophospora colombiana*, Ei: *E. infrequens*, Gg: *Gigaspora* sp. 1, G1: *Glomus* sp. 1, G2: *Glomus* sp. 2, Ga: *Glomus* aff. *australe*, Gc: *G. claroideum*, Ge: *G. etunicatum*, Gf: *Glomus* aff. *fasciculatum*, Gge: *G. geosporum*, Ggl: *G. glomerulatum*, Gma: *G. macrocarpum*, Gmi: *G. microagregatum*, Gmo: *Glomus* aff. *mosseae*, Gv: *Glomus* aff. *versiforme*, Sc: *Scutellospora* cf. *cerradensis*, Sh: *S. heterogama*.

Tabela 4. Correlação entre a ocorrência de espécies de FMA e as características químicas do solo de 36 amostras de solo pertencentes a mata nativa e a agroecossistemas cultivados com citros no mês de março de 2002.

| Espécies de FMA | pH | MO | P | K | Ca | Mg | Umidade |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <i>Acaulospora</i> sp. 1 | -0,19 ^{ns} | 0,24 ^{ns} | -0,25 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 0,06 ^{ns} |
| <i>Acaulospora</i> aff. <i>capsicula</i> | -0,11 ^{ns} | 0,21 ^{ns} | -0,26 ^{ns} | -0,30* | 0,16 ^{ns} | 0,08 ^{ns} | -0,19 ^{ns} |
| <i>Acaulospora</i> <i>bireticulata</i> | -0,09 ^{ns} | -0,09 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | -0,13 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,07 ^{ns} |
| <i>Acaulospora</i> <i>foveata</i> | -0,20 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | -0,18 ^{ns} | 0,08 ^{ns} | -0,12 ^{ns} |
| <i>Acaulospora</i> <i>mellea</i> | 0,02 ^{ns} | 0,25 ^{ns} | -0,40** | -0,19 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | -0,09 ^{ns} |
| <i>Acaulospora</i> <i>rehmsii</i> | 0,02 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | -0,34 ^{ns} | -0,13 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | 0,10 ^{ns} |
| <i>Acaulospora</i> <i>scrobiculata</i> | 0,02 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | -0,34 ^{ns} | -0,13 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | 0,10 ^{ns} |
| <i>Entrophospora</i> <i>colombiana</i> | 0,01 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | -0,29* | -0,16 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | -0,15 ^{ns} | -0,03 ^{ns} |
| <i>Entrophospora</i> <i>infrequens</i> | -0,10 ^{ns} | 0,21 ^{ns} | -0,45*** | -0,17 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,13 ^{ns} | 0,42*** |
| <i>Gigaspora</i> sp. 1 | 0,04 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | -0,28* | -0,35** | 0,02 ^{ns} | -0,12 ^{ns} | 0,03 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | -0,16 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | -0,42*** | -0,30* | 0,11 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | -0,09 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | -0,45*** | -0,01 ^{ns} | -0,28* | -0,11 ^{ns} | -0,19 ^{ns} | -0,07 ^{ns} | 0,16 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> aff. <i>australe</i> | -0,42*** | 0,03 ^{ns} | -0,35** | -0,04 ^{ns} | -0,24 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,23 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> <i>claroideum</i> | -0,13 ^{ns} | 0,13 ^{ns} | -0,16 ^{ns} | -0,16 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 0,17 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> <i>etunicatum</i> | -0,30* | 0,20 ^{ns} | -0,31* | -0,09 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | -0,02 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> aff. <i>fasciculatum</i> | 0,18 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | -0,13 ^{ns} | -0,21 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | -0,11 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> <i>geosporum</i> | -0,23 ^{ns} | 0,37*** | -0,47*** | -0,37** | 0,06 ^{ns} | 0,21 ^{ns} | 0,36** |
| <i>Glomus</i> <i>glomerulatum</i> | -0,23 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | -0,09 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,13 ^{ns} | 0,24 ^{ns} | -0,17 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> <i>macrocarpum</i> | 0,02 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | -0,34 ^{ns} | -0,13 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | 0,10 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> <i>microagregatum</i> | 0,02 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | -0,34 ^{ns} | -0,13 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | 0,10 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> aff. <i>mosseae</i> | 0,04 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | -0,15 ^{ns} | -0,12 ^{ns} | 0,23 ^{ns} | -0,10 ^{ns} | -0,06 ^{ns} |
| <i>Glomus</i> aff. <i>versiforme</i> | 0,32** | 0,17 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | -0,21 ^{ns} | 0,31* | 0,25 ^{ns} | -0,13 ^{ns} |
| <i>Scutellospora</i> cf. <i>cerradensis</i> | -0,23 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | -0,26 ^{ns} | -0,07 ^{ns} | -0,06 ^{ns} | -0,28 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| <i>Scutellospora</i> <i>heterogama</i> | 0,04 ^{ns} | -0,18 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,12 ^{ns} | -0,24 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | -0,05 ^{ns} |

^{ns}Não-significativo. *, ** e ***Significativo a 10%, 5% 1% de probabilidade, respectivamente.

ambientes com menores teores de P (Siqueira et al., 1989). Por sua vez, tem sido verificado que *A. scrobiculata*, *G. macrocarpum*, *G. mosseae*, *G. fasciculatum* e *G. claroideum* são indiferentes aos níveis de fertilidade do solo (Siqueira et al., 1989; Johnson, 1993; Weber & Oliveira, 1994). A ocorrência generalizada dos FMA, bem como, a resposta de algumas espécies a diferentes manejos e características do solo, devem ser melhor estudadas.

Conclusões

1. Pomares adultos e mata nativa favorecem a ocorrência de maior número de espécies de FMA, principalmente dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora*.
2. Os sistemas de manejos (orgânico e convencional) não determinam modificações significativas na riqueza e na composição de espécies de FMA.
3. As espécies de FMA apresentam diferentes graus de adaptação às características ambientais dos agroecossistemas, determinadas pelo manejo, área de cultivo e idade das plantas.

Agradecimentos

Ao Prof. Otto Carlos Koller do Dep. de Horticultura e Silvicultura da Fac. de Agronomia, UFRGS; aos pesquisadores Ivar Sartori e Regina Beatriz Loss de Oliveira da UFRGS; aos produtores e técnicos da Ecocitros/RS; à Emater/RS pela condução e cedência dos pomares para a pesquisa; à CAPES, ao CNPq e ao Programa RS-Rural do Estado do Rio Grande do Sul pelo apoio financeiro.

Referências

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.35, p.121-150, 1991.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (Passo Fundo, RS). **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1995. 244p.
- CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. Diversity of Glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.711-719, 1998.
- DOUDS JUNIOR, D.D.; GALVEZ, L.; JANKE, R.R.; WAGONER, P. Effect of tillage and farming system upon populations and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.52, p.111-118, 1995.
- DOUDS JUNIOR, D.D.; JANKE, R.R.; PETERS, S.E. VAM fungus spore populations and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.43, p.325-335, 1993.
- FRANKE-SNYDER, M.; DOUDS JUNIOR, D.D.; GALVEZ, L.; PHILLIPS, J.G.; WAGONER, P.; DRINKWATER, L.; MORTON, J.B. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in eastern Pennsylvania, USA. **Applied Soil Ecology**, v.16, p.35-48, 2001.
- 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.
- HEIJDEN, M.G.A. van der; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, P.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, v.396, p.69-72, 1998.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.692, 1964.
- JOHNSON, N.C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? **Ecological Application**, v.3, p.749-757, 1993.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v.159, p.89-102, 1994.
- MORTON, J.B.; BENTIVENGA, S.P.; WHEELER, W.W. Germ plasm in the international collection of arbuscular and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. **Mycotaxon**, v.48, p.491-528, 1993.
- MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H.K.; BAGYARAJ, D.J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, v.6, p.77-85, 1997.
- ORLÓCI, L.; KENKEL, N.C.; ORLÓCI, M. **Introduction to analysis in population and community ecology**. Honolulu: University of Hawaii, 1987. 211p.
- PILLAR, V.D. Sampling sufficiency in ecological surveys. **Abstracta Botanica**, v.22, p.37-48, 1998.
- ROSALES, A.M.; VALDÉZ, M. Arbuscular mycorrhizal colonization of lime in different agroecosystems on the dry tropics. **Mycorrhiza**, v.6, p.105-109, 1996.
- SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. Gainesville: University of Florida, 1988. 241p.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbuscular em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.1499-1506, 1989.

SOUZA, P.V.D.; SCHMITZ, J.A.K.; FREITAS, R.S.; CARNIEL, E.; CARRENHO, R. Identificação e quantificação de fungos micorrízicos arbusculares autóctones em municípios produtores de

citros no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.553-558, 2002.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

WEBER, O.B.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citros nos estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1905-1914, 1994.

Recebido em 27 de outubro de 2003 e aprovado em 27 de fevereiro de 2004