

Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado⁽¹⁾

Elizabeth Ying Chu⁽²⁾, Maria de Regina Freire Möller⁽²⁾ e Janice Guedes de Carvalho⁽³⁾

Resumo – Foi realizado um experimento em casa de vegetação para avaliar os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) sobre o crescimento e nutrição de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) em Latossolo Amarelo álico, fumigado e não fumigado. A inoculação foi feita durante o transplante; após cinco meses foram avaliados o crescimento e a absorção de nutrientes das mudas. A inoculação aumentou significativamente o crescimento da gravioleira no solo fumigado; o maior incremento foi observado nos tratamentos com *Scutellospora heterogama* e *Gigaspora margarita*. A eficiência da inoculação no solo fumigado variou de 594% a 1.348%. Embora o efeito da inoculação tenha sido reduzido no solo não fumigado, *G. margarita*, *Entrophospora colombiana* e *Gigaspora* sp. aumentaram significativamente o crescimento das mudas, e a eficiência da inoculação de 61% foi obtida com *G. margarita*; *S. heterogama* não se mostrou eficiente. No solo fumigado, *G. margarita* e *Gigaspora* sp. promoveram maior porcentagem de colonização radicular; no entanto, a colonização radicular não diferiu entre tratamentos com inoculação no solo não fumigado. Os teores e conteúdos de nutrientes variaram entre os tratamentos. A gravioleira é uma planta responsiva a FMAs, e a inoculação da espécie *G. margarita* beneficia o desenvolvimento das mudas de gravioleira nos solos fumigado e não fumigado.

Termos para indexação: *Annona muricata*, frutas tropicais, mudas, fungos micorrízicos arbusculares.

Effects of mycorrhizal inoculation on soursop seedlings in fumigated and not fumigated soil

Abstract – An experimental trial was carried out under greenhouse conditions to evaluate the effects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on *Annona muricata* L. (soursop) seedlings, in a fumigated and not fumigated Yellow Alic Latosol. Mycorrhizal inoculation was done during the transplanting of seedlings. Plant growth and nutrient concentration and content were evaluated five months later. Inoculation increased significantly the growth of soursop in fumigated soil and the increment was greatest in the treatments of *Scutellospora heterogama* and *Gigaspora margarita*. The inoculation efficiency in fumigated soil varied from 594% to 1,348%. Although the effect of inoculation was much lower in not fumigated soil, treatments with *G. margarita*, *Entrophospora colombiana* and *Gigaspora* sp. still increased significantly plant growth. A 61% inoculation efficiency was obtained with *G. margarita* while *S. heterogama* was not efficient for soursop. In fumigated soil *G. margarita* and *Gigaspora* sp. caused the highest percentage of root colonization whereas in not fumigated soil, no significant differences were observed among inoculation treatments. Concentration and content of nutrients varied among treatments. Soursop is a mycorrhizal dependent plant and the inoculation of the specie *G. margarita* increases the growth of soursop seedlings in fumigated and not fumigated soil.

Index terms: *Annona muricata*, tropical fruits, planting stock, arbuscular mycorrhizal fungi.

Introdução

Os benefícios da inoculação de fungos micorrízicos em mudas de plantas arbóreas, como crescimento precoce, tolerância ao estresse hídrico e a doenças, e economia em adubação, têm sido bas-

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 17 de janeiro de 2001.

⁽²⁾ Embrapa-Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (CPATU), Caixa Postal 48, CEP 66095-100 Belém, PA. E-mail: ewing@cpatu.embrapa.br

⁽³⁾ UFLA, Departamento de Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

tante relatados em literatura (Janos, 1988; Vinayak & Bagyara, 1990; Linderman, 1994; Subramanian et al., 1995). Devido aos estresses climáticos e edáficos encontrados nos trópicos, a planta micorrizada tem sido, muitas vezes, condição para maior sobrevivência e melhor desenvolvimento das fruteiras e árvores florestais nos solos de baixa fertilidade encontrados nestas regiões (Janos, 1988).

A fumigação do substrato pode eliminar os propágulos dos fungos micorrízicos nativos. Quando esta prática é empregada no preparo das mudas para evitar problemas fitossanitários que interferem no estabelecimento da cultura, a reposição da microbiota – especialmente dos fungos micorrízicos –, pode tornar-se um processo obrigatório para as plantas dependentes dos FMAs, e os resultados são evidentes (Lopes et al., 1983). Mas quando as mudas são preparadas em substrato sem fumigação, os resultados da inoculação de fungos micorrízicos têm sido inconsistentes, dependendo da afinidade entre a planta e os fungos micorrízicos existentes e da sua eficiência em aumentar o crescimento da planta (Mosse & Hayman, 1980). Para viabilizar a técnica da inoculação, em mudas de plantas, de espécies de fungos micorrízicos selecionadas, é preciso verificar sua eficiência em solo fumigado e não fumigado.

A gravioleira (*Annona muricata* L.), fruteira tropical, é considerada uma das três espécies da família Annonaceae que tem grande potencial econômico no mundo. Sua fruta é utilizada em consumo natural, como suco, na fabricação de sorvete, em conservas

e produtos industrializados. Embora a importância comercial da gravioleira no Brasil ainda seja pequena, o crescente interesse por parte da indústria de suco faz com que ela se torne uma fruteira promissora para a exportação deste produto (Pinto & Silva, 1995), aumentando a demanda por seu cultivo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de gravioleira formadas em solos com e sem fumigação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa-Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, Belém, PA, durante o período de outubro/1994 a março/1995, usando delineamento de bloco ao acaso, num esquema fatorial 5 x 2, com cinco repetições por tratamento e uma planta cada. Foram utilizadas quatro espécies de FMA: *Scutellospora heterogama* (Walker & Sanders) – proveniente do Instituto Agronômico (IAC) –, *Gigaspora margarita* (Backer & Hall) – proveniente do IAC –, *Entrophospora colombiana* (Spain & Schenck) – proveniente de Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) –, e *Gigaspora* sp. – isolado da rizosfera de dendezeiro.

As sementes, obtidas de frutos de uma só planta, foram pré-germinadas em casca de arroz carbonizada. A repicagem para vasos de plástico contendo 1.750 g de um Latossolo Amarelo álico, fumigado ou não com brometo de metila (264 mL/m³), ocorreu quando as plântulas atingiram 10 cm de altura. A análise química do solo antes e após o experimento está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas do solo antes e após o experimento.

| Solo | Inoculação ⁽¹⁾ | pH | P | | | Ca | | Al |
|----------------------|---------------------------|-----|-----------------------------------|----|---|---|----|----|
| | | | ----- (mg/dm ³) ----- | | | ----- (mmol _c /dm ³) ----- | | |
| Antes do experimento | - | 4,9 | 8 | 22 | 6 | 8 | 13 | |
| Fumigado | Testemunha | 4,3 | 10 | 35 | 5 | 7 | 12 | |
| | Sh | 5,0 | 7 | 6 | 3 | 4 | 12 | |
| | Gm | 4,8 | 6 | 6 | 4 | 5 | 12 | |
| | Ec | 4,4 | 9 | 9 | 4 | 5 | 11 | |
| | Gsp. | 4,8 | 8 | 12 | 5 | 6 | 10 | |
| Não fumigado | Testemunha | 5,0 | 7 | 12 | 4 | 5 | 9 | |
| | Sh | 5,1 | 6 | 8 | 4 | 5 | 9 | |
| | Gm | 5,1 | 6 | 8 | 4 | 5 | 11 | |
| | Ec | 5,1 | 6 | 8 | 4 | 5 | 10 | |
| | Gsp. | 5,2 | 7 | 6 | 3 | 4 | 11 | |

⁽¹⁾Sh: *Scutellospora heterogama*; Gm: *Gigaspora margarita*; Ec: *Entrophospora colombiana*; Gsp.: *Gigaspora* sp.

A inoculação foi feita pela deposição de solo-inóculo, obtido dos vasos de cultivo com *Brachiaria decumbens* Staf em contato direto com as radículas das plântulas durante a repicagem. A quantidade de solo-inóculo foi ajustada para fornecer de 300 a 400 esporos de FMA/vaso. Dez mL de uma suspensão obtida pela filtragem de mistura de solos-inóculo, isenta de propágulos de FMA, foram adicionados em todos os vasos, para tentar equilibrar a população microbiana do solo.

Durante o período do experimento, as plantas receberam quatro aplicações de 10 mL de uma solução nutritiva completa por vaso (Bolly-Jones, 1956) e duas aplicações foliares de uma mistura de Diazinon + Sevin, na concentração de 0,1%, para combater mosca-branca e lagarta.

Cinco meses após a inoculação, foram avaliados a altura da planta, o diâmetro do caule, a produção de matéria seca da parte aérea, a porcentagem de colonização radicular e o teor e conteúdo de nutrientes da parte aérea. Calculou-se a taxa de crescimento relativa/mês (TCR/mês) pela equação $(\pi^2 \times \text{altura})/\text{idade da planta}$ (Sieverding, 1991) onde $r = 1/2$ diâmetro do caule. A planta foi separada ao nível do solo, e a parte aérea foi lavada com água destilada, secada em estufa, pesada, e utilizada para análises de nutrientes. As raízes foram lavadas sobre peneira em água corrente, e cerca de 0,5 g delas foram conservadas em FAA [formaldeído (40%): álcool (50%): ácido acético = 13 mL: 200 mL: 5 mL], e, posteriormente, clareadas e coloridas pelo método de Phillips & Hayman adaptado por Abbott & Robson (1981). A porcentagem de colonização radicular foi determinada pela observação microscópica de 25 segmentos de raízes por repetição, com aproximadamente 1 cm cada (Giovannetti & Mosse, 1980). A eficiência da inoculação foi calculada com base no incremento da produção de matéria seca da parte aérea da planta, conforme a equação: $EI = [(\text{peso de matéria seca da planta infectada} - \text{peso de matéria seca da planta não infectada})/\text{peso de matéria seca da planta não infectada}] \times 100$. O número de esporos recuperado do solo após o experimento foi feito com a média de três contagens de 50 g de solo, tiradas de uma amostra composta, por tratamento. Os esporos foram extraídos pelo método de peneiragem úmida (Gerdemann & Nicolson, 1963), e depois, por centrifugação em água, a 2.000 rpm durante três minutos, e em sacarose (45%), a 1.500 rpm por dois minutos. A contagem foi feita com o auxílio de microscópio estereoscópico (40 x). Foi feita a análise de variância de todos os dados experimentais, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As porcentagens de colonização radicular foram valores observados sem transformação matemática.

Resultados e Discussão

Observou-se que a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares aumentou significativamente o crescimento (altura, diâmetro do caule e matéria seca da parte aérea e das raízes) das mudas de gravioleira no solo fumigado. Os fungos *S. heterogama* e *G. margarita* foram mais eficientes que *E. colombiana* e *Gigaspora* sp. (Tabela 2). A eficiência da inoculação foi de 594%, 847%, 1.273% e 1.348% em relação a *E. colombiana*, *Gigaspora* sp., *G. margarita* e *S. heterogama*, respectivamente. A eficiência da inoculação das mesmas espécies testadas neste trabalho já foi relatada em mudas de outras fruteiras tropicais (Silva & Siqueira, 1991; Weber & Amorim, 1994), e as respostas foram variáveis, dependendo das condições edáficas, de regime de adubação fosfatada e do grau de dependência micorrízica por parte da planta. A TCR/mês das mudas submetidas à inoculação foi significativamente maior (Tabela 2). Dependendo da espécie de FMA testada, as mudas com inoculação cresceram de 5,2 a 10,7 vezes mais rápido do que as mudas sem inoculação, no solo fumigado. O fato de as mudas de gravioleira sem inoculação terem se desenvolvido muito pouco, mesmo com a aplicação de solução nutritiva completa, no solo fumigado, onde a maioria dos microrganismos foram eliminados, inclusive os FMAs indígenas, sugere a elevada dependência micorrízica desta planta.

No solo não fumigado, a inoculação dos fungos *G. margarita*, *E. colombiana* ou *Gigaspora* sp. aumentou significativamente o crescimento da planta e a TCR/mês, em relação à testemunha. Embora o diâmetro do caule e a produção de matéria seca das mudas submetidas à inoculação de *S. heterogama* não se diferenciassem do diâmetro do caule e da produção de matéria seca das mudas sem inoculação, a altura da planta e, conseqüentemente, a taxa relativa de crescimento das mudas com *S. heterogama* foram maiores (Tabela 2). As mudas de gravioleira com inoculação cresceram de 1,5 a 1,9 vezes mais rápido que as mudas sem inoculação. O benefício da inoculação em aumentar a TCR da planta foi observado também em mudas de jenipapeiro (Hurtado & Sieverding, 1986). Embora o efeito benéfico tenha sido reduzido no solo não fumigado, a eficiência da inoculação ainda foi de 33%, 45%, 51% e 61% nos

Tabela 2. Crescimento e colonização das mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) submetidas à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, em solo fumigado e não fumigado, aos 150 dias após a inoculação (média de cinco repetições)⁽¹⁾.

| Variável | Solo | Fungo inoculado ⁽²⁾ | | | | |
|--|--------------|--------------------------------|----------|---------|---------|---------|
| | | Testemunha | Sh | Gm | Ec | Gsp. |
| Altura da planta (cm) | Fumigado | 27,40dB | 70,80aA | 68,40aA | 51,30cB | 59,80bB |
| | Não fumigado | 56,70bA | 65,50aB | 69,00aA | 67,40aA | 67,20aA |
| Diâmetro do caule (cm) | Fumigado | 0,42cB | 0,85aA | 0,83aA | 0,69bB | 0,68bB |
| | Não fumigado | 0,69bA | 0,79abA | 0,86aA | 0,81aA | 0,83aA |
| Matéria seca da parte aérea (g/planta) | Fumigado | 0,79cB | 11,44aA | 10,85aA | 5,48bB | 7,48bB |
| | Não fumigado | 6,97bA | 9,25abB | 11,23aA | 10,49aA | 10,13aA |
| Matéria seca da raiz (g/planta) | Fumigado | 0,33cB | 5,78aA | 5,40aA | 2,43bB | 3,54bB |
| | Não fumigado | 3,16bA | 4,52abB | 5,90aA | 5,17aA | 5,14aA |
| TCR/mês ⁽³⁾ | Fumigado | 0,75cB | 8,02aA | 7,36aA | 3,89bB | 4,50bB |
| | Não fumigado | 4,33bA | 6,50aB | 8,14aA | 7,05aA | 7,35aA |
| Colonização (%) | Fumigado | - | 17,30abB | 22,40aA | 3,50bB | 27,44aA |
| | Não fumigado | 26,60a | 30,60aA | 28,60aA | 30,20aA | 36,50aA |

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas (tratamento de inoculação) e maiúscula nas colunas (fumigação), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Sh: *Scutellospora heterogama*; Gm: *Gigaspora margarita*; Ec: *Entrophospora colombiana*; Gsp.: *Gigaspora* sp. ⁽³⁾Taxa de crescimento relativa por mês = $\pi r^2 \times \text{altura/idade da planta}$.

tratamentos com *S. heterogama*, *Gigaspora* sp., *E. colombiana* e *G. margarita*, respectivamente. A redução de 700% para 150% em eficiência da inoculação foi observada em mudas de cafeeiro submetidas à inoculação de *G. margarita* na presença de fungos indígenas (Saggin-Júnior et al., 1994). Um pequeno efeito depressivo da inoculação foi relatado na produção de matéria seca das mudas de mandioca infectadas com *Glomus mosseae* em solo não esterilizado (Kang et al., 1980). A micorrização de mudas de seringueira em solos não fumigados de diferentes locais resultou em respostas diferenciadas (Ikram et al., 1992). A eficiência do FMA introduzido no solo natural sem fumigação depende da competitividade sua com o FMA indígena, no qual está relacionado com a infectividade, a densidade de inóculo e a distribuição dos propágulos de fungos interagentes, a capacidade desses fungos em produzir hifa externa, a velocidade da hifa de colonizar as raízes e a habilidade do fungo introduzido de manter o próprio nível de colonização em condição competitiva (Wilson & Tommerup, 1992). A interação entre FMA introduzido e indígenas pode variar de não-interação à interação distinta (Hepper et al., 1988).

A presença de FMA indígena não influenciou a eficiência de *G. margarita* enquanto houve uma interação sinérgica com *E. colombiana* e *Gigaspora* sp. e um efeito antagônico sobre o *S. heterogama*.

No solo fumigado, as mudas submetidas à inoculação de *E. colombiana* tiveram a menor porcentagem de colonização radicular, enquanto no solo não fumigado a colonização não se diferenciou dos demais tratamentos. O *E. colombiana* é considerado altamente eficiente em aumentar o crescimento das culturas de mandioca, feijão, pastagem leguminosa, pastagem gramínea e café (Sieverding, 1991). Verificou-se também que *E. colombiana* produziu esporos em abundância no vaso de cultivo, contendo solo da região fumigado e *Brachiaria decumbens* Staf. como planta hospedeira. Portanto, a falta de afinidade do *E. colombiana* com a gravioleira poderia ter contribuído para a baixa taxa de colonização radicular e baixa eficiência da inoculação observadas em plantas infectadas com este fungo no solo fumigado.

As porcentagens de colonização radicular das mudas com inoculação de *G. margarita* ou

Gigaspora sp. não sofreram alterações significativas pelo tratamento de fumigação do solo, enquanto nas mudas com inoculação de *E. colombiana* ou *S. heterogama* as porcentagens de colonização aumentaram significativamente no solo sem fumigação (Tabela 2). Embora seja difícil distinguir as colonizações causadas por diferentes FMAs, as porcentagens de colonização obtidas em solos fumigado e não fumigado podem ser uma indicação de que as espécies de *G. margarita* e *Gigaspora* sp. são mais competitivas do que *S. heterogama* e *E. colombiana* por terem conseguido manter os mesmos níveis de colonização do solo fumigado, em solo não fumigado, antes que as raízes sejam colonizadas pelo FMAs indígenas. O aumento significativo em porcentagem de colonização dos tratamentos com *S. heterogama* e *E. colombiana* no solo não fumigado poderia ter sido o resultado de rápido estabelecimento dos fungos indígenas em raízes de gravioleira. Embora não tenha sido observada correlação significativa entre a porcentagem de colonização e a produção de matéria seca em mudas de graviola ($r = 0,21$), o aumento da colonização radicular do tratamento com *E. colombiana* na presença de fungos indígenas certamente beneficiou significativamente o crescimento da gravioleira. Embora no solo não fumigado a porcentagem de colonização radicular causada por FMAs existentes em plantas sem inoculação não se diferenciasse daquelas causadas por espécies de FMA introduzidos neste trabalho, o aumento em crescimento das mudas de gravioleira com a inoculação de fungos introduzidos ainda foi maior, evidenciando o benefício da inoculação, mesmo no solo não fumigado (Tabela 2).

Não foi observada influência do tratamento de solo na eficiência de *G. margarita* em promover o crescimento da planta, enquanto a eficiência de *E. colombiana* e *Gigaspora* sp. foi significativamente maior no solo não fumigado e de *S. heterogama* no solo fumigado. Neste trabalho, considerando-se as duas condições do solo, *G. margarita* mostrou-se uma espécie mais competitiva para ser usada em promover o desenvolvimento das mudas de gravioleira.

Com a relação à parte nutricional, os teores e conteúdos dos nutrientes das mudas de gravioleira variaram entre tratamentos de inoculação e tratamento

de solo (Tabela 3). Observou-se que no solo fumigado, as plantas com inoculação dos FMAs introduzidos apresentaram teores de macronutrientes inferiores ou semelhantes aos das plantas testemunhas; as exceções foram o N das plantas com inoculação de *E. colombiana* ou *Gigaspora* sp. e o Ca das plantas com inoculação de *Gigaspora* sp., cujos teores foram maiores que os observados nas plantas do tratamento sem inoculação. Como as plantas micorrizadas eram maiores, o baixo teor de nutrientes observado pode ser explicado pelo efeito de diluição. Entre as espécies de FMAs introduzidas, *E. colombiana* e *Gigaspora* sp. aumentaram significativamente o teor de N, K e N, P, respectivamente, em relação aos de *S. heterogama* e *G. margarita*. Os teores de Ca e Mg foram mais elevados nas plantas com inoculação de *Gigaspora* sp., de que nas plantas com inoculação de *G. margarita* e *E. colombiana*. As plantas submetidas à inoculação de *G. margarita* tiveram o teor de S inferior ao das plantas com inoculação de *Gigaspora* sp. Como as plantas do tratamento testemunha foram infectadas pelos FMAs existentes no solo não fumigado, o que resultou em aumento significativo de crescimento, era de se esperar que ocorresse uma alteração nos teores de nutrientes. Entre os macronutrientes, somente o N das plantas com inoculação de *G. margarita* ou *E. colombiana* e o S das plantas com inoculação de *G. margarita* tiveram teores significativamente inferiores aos das plantas do tratamento testemunha. O teor de K não diferiu entre os tratamentos, enquanto o teor de Ca das plantas do tratamento de *S. heterogama* foi superior aos demais tratamentos. As plantas com inoculação de *G. margarita* tiveram menores teores de P, Mg e S, em relação às plantas com inoculação das outras espécies de FMA. Em abacateiro, a inoculação de *G. margarita*, na ausência de adubação fosfatada, aumentou os teores de P, Ca e S, enquanto a inoculação de *S. heterogama* promoveu o maior aumento do teor de P em mangueira (Silva & Siqueira, 1991), mostrando que uma mesma espécie de fungo micorrízico pode causar resposta diferenciada em teores de nutrientes nas diferentes plantas hospedeiras.

Com relação aos conteúdos de nutrientes das plantas onde não ocorre o efeito de diluição anteri-

Tabela 3. Teor e conteúdo de macronutrientes na parte aérea de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) submetidas à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, em solo fumigado e não fumigado, aos 150 dias após a inoculação (média de cinco repetições)⁽¹⁾.

| Variável | Solo | Fungo inoculado ⁽²⁾ | | | | |
|----------|--------------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | Testemunha | Sh | Gm | Ec | Gsp. |
| N | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 15,7bA | 13,4bA | 14,7bA | 22,3aA | 21,0aA |
| | Não fumigado | 18,1aA | 15,9abA | 12,8bA | 12,8bA | 14,8abB |
| | | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | Fumigado | 10,5bB | 156,7aA | 163,5aA | 121,6aB | 156,9aA |
| | | 136,4aA | 152,4aA | 145,3aA | 150,5aA | 152,7aA |
| P | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 0,9aA | 0,7bB | 0,5bcB | 0,4cB | 0,9aA |
| | Não fumigado | 0,8abA | 0,9aA | 0,7bA | 0,7abA | 0,8abA |
| | | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | Fumigado | 0,7bB | 6,1aA | 4,6aB | 1,4bB | 5,5aA |
| | | 4,8aA | 5,9aA | 6,0aA | 6,0aA | 6,2aA |
| K | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 9,3abA | 4,7cA | 4,7cA | 1,1aA | 7,1bcA |
| | Não fumigado | 7,1aA | 5,4aA | 4,3aA | 4,9aB | 4,2aB |
| | | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | Fumigado | 7,6bB | 43,8aA | 45,1aA | 47,8aA | 38,9aA |
| | | 3,1aA | 39,5aA | 39,3aA | 42,8aA | 32,9aA |
| Ca | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 5,7bcA | 6,3abB | 4,9cA | 6,1bcA | 7,4aA |
| | Não fumigado | 4,9bA | 7,2aA | 5,1bA | 5,8bA | 6,0bB |
| | | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | Fumigado | 4,3dB | 64,4aA | 45,7bA | 29,8cB | 46,0bA |
| | | 31,1bA | 51,8aB | 46,6aA | 49,1aA | 54,9aA |
| Mg | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 1,9abcA | 1,9abA | 1,6cA | 1,6bcB | 2,1aA |
| | Não fumigado | 1,9abA | 2,1aA | 1,7bA | 2,0aA | 2,0aA |
| | | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | Fumigado | 1,3dB | 18,1aA | 14,1abA | 7,4cB | 13,3bB |
| | | 11,3bA | 15,6aA | 14,5abA | 16,3aA | 16,6aA |
| S | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 1,6aA | 1,4abB | 1,3bA | 1,5abA | 1,7aA |
| | Não fumigado | 1,6abA | 1,8aA | 1,3cA | 1,5bA | 1,4bcB |
| | | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | Fumigado | 1,2cB | 11,6aA | 9,5aA | 5,4bB | 9,1aA |
| | | 8,5bA | 11,2aA | 9,2abA | 10,4abA | 10,1abA |

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas (inoculação) e maiúscula nas colunas (fumigação), não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ⁽²⁾Sh: *Scutellospora heterogama*; Gm: *Gigaspora margarita*; Ec: *Entrophospora colombiana*; Gsp.: *Gigaspora* sp.

ormente citado, FMAs introduzidos aumentaram significativamente a absorção dos macronutrientes no solo fumigado, com exceção do P das plantas com inoculação de *E. colombiana*, que não se diferenciou do P da testemunha sem inoculação (Tabela 3). As quantidades de N e K absorvidas não foram significativamente diferentes entre as espécies de FMA

introduzidas, e os conteúdos de Ca e Mg foram maiores nas plantas com inoculação de *S. heterogama*. As plantas com inoculação de *E. colombiana* tiveram menores conteúdos de P e S do que as com inoculação das outras espécies testadas (Tabela 3). A eficiência de *E. colombiana* em promover a absorção de macronutrientes das mudas de mamoeiro

(Weber & Amorim, 1994) não foi observada neste trabalho. Já no solo não fumigado, os conteúdos de N, P e K não se diferenciaram dos tratamentos com inoculação, enquanto o conteúdo de Ca das plantas com inoculação foi significativamente superior ao das plantas do tratamento testemunha. O conteúdo de Mg foi significativamente maior nos tratamentos com *S. heterogama*, *E. colombiana* e *Gigaspora* sp., e o conteúdo de S, no tratamento com *S. heterogama*, em comparação com a testemunha (Tabela 3).

O tratamento de fumigação do solo influenciou os efeitos de FMAs introduzidos sobre macronutrientes de gráminas. Nas testemunhas, os teores de macronutrientes permaneceram sem alteração significativa, embora os conteúdos de macronutrientes tenham sido significativamente maiores no solo não fumigado. Em mandioca, Zaag et al. (1979) observaram que as concentrações de P, K e S foram maiores no solo sem fumigação, dada a presença de FMAs indígenas, enquanto o Ca não foi influenciado pelo tratamento do solo. Em plantas infectadas com *S. heterogama*, os teores de P, Ca e S foram significativamente maiores no solo não fumigado, e somente o conteúdo de Ca foi influenciado pela fumigação que foi maior no solo fumigado. Na *G. margarita*, a alteração causada pelo tratamento de fumigação ocorreu somente em P, que, tanto no teor quanto no conteúdo, foi maior no solo sem fumigação. No *E. colombiana*, o maior teor de N e K foi encontrado no solo fumigado, e os de P e Mg, no solo não fumigado. Aumento significativo dos conteúdos de todos os macronutrientes do tratamento de *E. colombiana*, menos K, foi obtido no solo não fumigado. O tratamento de solo influenciou somente o conteúdo de Mg do tratamento de *Gigaspora* sp., que foi maior no solo não fumigado, e os teores de N, K, Ca e S no solo fumigado (Tabela 3). Os resultados de conteúdos de P e K dos tratamentos com inoculação e com fumigação obtidos neste trabalho estão de acordo com os resultados da análise do solo após o experimento (Tabela 1): quanto maior a absorção, menor o residual no solo.

Com relação aos micronutrientes, observou-se que no solo fumigado os teores de B e Fe foram significativamente maiores na testemunha, enquanto o teor de Zn não diferiu entre os tratamentos com inoculação (Tabela 4). Os teores de Cu e Mn do tra-

tamento de *Gigaspora* sp. foram superiores aos da testemunha não infectada. Todas as espécies de FMA testadas aumentaram significativamente a absorção de B e Cu, e somente as plantas infectadas com *E. colombiana* tiveram os conteúdos de Mn, Zn e Fe não diferenciados dos da testemunha sem inoculação. No solo não fumigado, não foi observada diferença significativa em teores de B, Mn e Fe entre os tratamentos com inoculação. Já o teor de Cu da testemunha sem inoculação e o de Zn do tratamento de *S. heterogama* foram superiores aos dos demais tratamentos. Com relação aos conteúdos de micronutrientes, somente o do Zn foi significativamente maior no tratamento de *S. heterogama*, que promoveu também o maior teor do elemento. Durante alguns anos, a importância da micorriza em micronutrientes da planta era pouco enfatizada, e agora, a eficiência dos fungos micorrízicos em absorção de Zn e Cu é constatada com frequência. A habilidade de diferentes espécies de FMAs em absorver o Zn foi demonstrada por Jakobsen et al. (1992) e constatada também no presente trabalho. Já a redução de Mn em plantas micorrizadas, relatada pelo Kothari et al. (1991), não foi observada neste trabalho, no qual houve aumento do teor de Mn em plantas infectadas com *Gigaspora* sp. Todos os conteúdos de micronutrientes dos tratamentos com *E. colombiana* e com *Gigaspora* sp. e da testemunha foram significativamente maiores no solo sem fumigação, embora os teores desses nutrientes tenham variado conforme o tratamento do solo. Quanto ao *S. heterogama*, todos os teores de micronutrientes não foram influenciados pelo tratamento do solo e os conteúdos foram favorecidos pela fumigação, com exceção do Zn. Em relação a *Gigaspora margarita*, a fumigação não alterou os teores e conteúdos de micronutrientes, com exceção do conteúdo de Fe, que foi maior no solo fumigado. No solo sem fumigação as plantas sem inoculação e as com inoculação de *E. colombiana* absorveram significativamente mais nutrientes do solo, e as plantas submetidas à inoculação de *S. heterogama* absorveram menos nutrientes, ficando evidenciada mais uma vez a interferência dos FMAs indígenas na eficiência dos FMAs introduzidos.

O efeito da micorrização no crescimento das plantas é predominantemente nutricional, e o aumento

Tabela 4. Teor e conteúdo de micronutrientes na parte aérea de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) submetidas à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, em solo fumigado e não fumigado, aos 150 dias após a inoculação (média de cinco repetições)⁽¹⁾.

| Micronutriente | Solo | Fungo inoculado ⁽²⁾ | | | | |
|----------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | Testemunha | Sh | Gm | Ec | Gsp. |
| B | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 4,0aA | 31,20bA | 32,50bA | 39,10bA | 33,20bA |
| | Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | | 40,4aB | 29,60aA | 29,50aA | 30,70aB | 32,60aA |
| | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 0,038cB | 0,361aA | 0,362aA | 0,219bB | 0,244bB |
| Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | | |
| | 0,287aA | 0,278aB | 0,337aA | 0,330aA | 0,322aA | |
| Cu | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 8,70bcB | 11,00abA | 8,80bcA | 8,20cA | 13,30aA |
| | Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | | 13,20aA | 22,10abA | 8,70cdA | 8,10dA | 10,90bcB |
| | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 0,006dB | 0,125aA | 0,095bA | 0,044cB | 0,094bB |
| Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | | |
| | 0,092aA | 0,101aB | 0,097aA | 0,085aA | 0,109aA | |
| Mg | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 61,40bA | 71,90abA | 58,90bA | 54,90bB | 8,40aA |
| | Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | | 74,50abA | 70,00abA | 59,40bA | 73,00abA | 81,60aA |
| | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 0,202bB | 0,803aA | 0,629aA | 0,230bB | 0,136bcB |
| Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | | |
| | 0,522aA | 0,636aB | 0,657aA | 0,742aA | 0,826aA | |
| Zn | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 27,40aA | 33,00aB | 24,00aA | 23,20aA | 37,20aA |
| | Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | | 31,70bA | 52,00aA | 23,50bA | 25,10bA | 29,10bA |
| | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 0,020cB | 0,391aB | 0,266abA | 0,136bcB | 0,265abB |
| Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | | |
| | 0,231bA | 0,481aA | 0,269bA | 0,269bA | 0,307abA | |
| Fe | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 181,8aA | 103,5bA | 101,2bA | 100,8bA | 123,30bA |
| | Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | |
| | | 104,3aB | 114,5aA | 86,9aA | 82,0aA | 97,70aA |
| | Fumigado | Teor (g/kg) | | | | |
| | | 0,132cB | 1,238aA | 1,185aA | 0,573bcB | 0,962abB |
| Não fumigado | Conteúdo (mg/pl.) | | | | | |
| | 0,769aA | 1,092aB | 1,039aB | 0,925aA | 1,027aA | |

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas (inoculação) e maiúscula nas colunas (fumigação) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Sh: *Scutellospora heterogama*; Gm: *Gigaspora margarita*; Ec: *Entrophospora colombiana*; Gsp.: *Gigaspora* sp.

da absorção dos outros elementos, além do P, pelo fungo micorrízico pode contribuir para o aumento de crescimento da planta (Mosse & Hayman, 1980). Neste trabalho, embora não tenha sido observado aumento significativo em teor de alguns elementos, as plantas com inoculação continham mais nutrientes do que as plantas sem inoculação, mesmo no solo não fumigado. Este aumento foi refletido no crescimento das plantas de gravioleira. A amplitude da eficiência da inoculação micorrízica varia em razão da exigência nutricional das culturas, fertilidade do solo, interação com outros microrganismos do solo,

a eficiência simbiótica e potencial de inóculo de fungos micorrízicos indígenas (Ikram et al., 1992; Siqueira, 1994). A eficiência do fungo indígena é um dos fatores-chaves para o funcionamento de inoculação micorrízica no solo não fumigado (Menge, 1983).

Os resultados mostraram que a gravioleira é uma planta que se beneficia de FMAs para seu desenvolvimento. Na propagação da gravioleira, o método de enxertia é aplicado para obtenção de mudas de alta produtividade e para resistência a insetos e doenças. Como a inoculação de FMA aumentou signifi-

cativamente a taxa de crescimento relativo da planta, há perspectiva de diminuir o tempo necessário para formação de mudas com vigor para plantio ou para porta-enxerto de gravioleira, reduzindo, assim, o custo de produção de mudas. A capacidade da gravioleira de crescer em solo ácido, de baixa fertilidade, pode estar relacionada com a sua capacidade de formar associação micorrízica em seu habitat. Portanto, seria importante fazer um levantamento para encontrar espécies indígenas eficientes para serem usadas na micorrização de gravioleira.

Conclusões

1. A gravioleira é uma planta responsiva à micorriza.
2. A inoculação de espécies de fungos micorrízicos arbusculares eficientes beneficia o crescimento e a absorção de nutrientes das plantas durante a formação de mudas.
3. *Gigaspora margarita* é a espécie mais promissora para ser usada como inóculo das mudas de gravioleira, em solos fumigado e não fumigado.

Referências

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Infectivity and effectiveness of five endomycorrhizal fungi: competition with indigenous fungi in field soils. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 32, p. 621-630, 1981.
- BOLLY-JONES, E. W. Visual symptoms of mineral deficiencies of *Hevea brasiliensis*. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia**, Kuala Lumpur, v. 14, p. 495-579, 1956.
- 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**, Cambridge, Inglaterra, v. 46, p. 235-246, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, Inglaterra, v. 84, p. 489-500, 1980.
- HEPPER, C. M.; AZCON-AQUILAR, C.; ROSENDAHL, S.; SEM, R. Competition between three species of *Glomus* used as spatially separated introduction and indigenous mycorrhizal inocula for leek (*Allium porrum* L.). **New Phytologist**, Cambridge, Inglaterra, v. 110, p. 207-215, 1988.
- HURTADO, V. M. A.; SIEVERDING, E. Estudio del efecto de hongos formadores de micorriza vesicular-arbuscular (MVA) en cinco especies latifoliadas regionales en la zona geográfica del Valle del Cauca, Colombia. **Suelos Ecuatoriales**, Medellín, v. 16, n. 1, p. 109-115, 1986.
- IKRAM, A.; MAHMUD, A. W.; GHANI, M. N.; IBRAHIM, M. T.; ZAINAL, A. B. Field nursery inoculation of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. seedling rootstock with vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 145, p. 231-236, 1992.
- JAKOBSEN, I.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L.: 1. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. **New Phytologist**, Cambridge, Inglaterra, v. 120, p. 371-380, 1992.
- JANOS, D. P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches? In: NG, S. P. (Ed.). **Trees and mycorrhiza**. Kuala Lumpur : Forest Research Institute of Malaysia, 1988. p. 133-188.
- KANG, B. T.; ISLAM, R.; SANDERS, F. E.; AYANABA, A. Effect of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown on an affisol. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 83-94, 1980.
- KOTHARI, S. K.; MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 131, p. 177-185, 1991.
- LINDERMAN, R. G. Role of VAM fungi in biocontrol. In: PFLEGER, F. L.; LINDERMAN, R. G. (Ed.). **Mycorrhiza and plant health**. St. Paul : APS, 1994. p. 1-24.
- LOPES, E. S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A. M. L.; MORAES, F. R. P. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 137-141, 1983.
- MENGE, J. A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 3, p. 1015-1024, 1983.
- MOSSE, B.; HAYMAN, D. S. Mycorrhiza in agricultural plants. In: MIKOLA, P. (Ed.). **Tropical mycorrhiza**

- research.** Oxford : Oxford University Press, 1980. p. 213-230.
- PINTO, A. C. de Q.; SILVA, E. M. da. **A cultura da graviola.** Brasília : Embrapa-SPI, 1995. 105 p. (Embrapa-SPI. Coleção Plantar, 31).
- SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 27-36, 1994.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems.** Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technisch Zusammenarbeit, 1991. 371 p.
- SILVA, L. F. C.; SIQUEIRA, J. O. 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 de Solo**, Campinas, v. 15, p. 283-288, 1991.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola.** Brasília : Embrapa-CNPAP, 1994. p. 151-194. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 44).
- SUBRAMANIAN, K. S.; CHARET, C.; DWYER, L. M.; HAMILTON, R. I. Arbuscular mycorrhizas and water relations in maize under drought stress at tasselling. **New Phytologist**, Cambridge, Inglaterra, v. 129, p. 643-650, 1995.
- VINAYAK, K.; BAGYARA, D. J. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for trifoliolate orange. **Biological Agriculture and Horticulture**, Bicester, v. 6, p. 305-311, 1990.
- WEBER, O. B.; AMORIM, S. M. C. de. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mamoeiro "solo". **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 18, p. 187-191, 1994.
- WILSON, J. M.; TOMMERUP, I. C. Interactions between fungal symbionts: VA mycorrhizae. In: ALLEN, M. F. (Ed.). **Mycorrhizal functioning.** London : Chapman and Hall, 1992. p. 199-248.
- ZAAG R. L. vander; FOX, R. S.; PENA, R. S. de la; YOST, R. S. P nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 2, p. 253-263, 1979.