

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES  
EM MAMOEIRO**

**ALDO VILAR TRINDADE**

1998

CIRCULAÇÃO E EMPRESTIMO

**ALDO VILAR TRINDADE**

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM MAMOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de "Doutor".

**ORIENTADOR**

Prof. Dr. José Oswaldo Siqueira

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1998

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA

Trindade, Aldo Vilar

Fungos micorrízicos arbusculares em mamoeiro / Aldo Vilar  
Trindade. – Lavras : UFLA, 1998.

177 p. : il.

Orientador: José Oswaldo Siqueira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Mamão – Doença fúngica.
  2. Fungo micorrízico.
  3. Carica papaya.
  4. Ocorrência.
  5. Fungo nativo.
  6. Dependência.
  7. Competição.
  8. Variedade.
  9. Fósforo.
- I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.65194

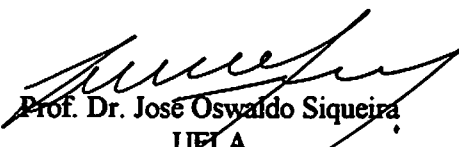
**ALDO VILAR TRINDADE**

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM MAMOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 24 de setembro de 1998

Dr. Antônio Alberto Rocha Oliveira	Embrapa/CNPMPF
Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto	UFLA
Dr. Jorge Luiz Loyola Dantas	Embrapa/CNPMPF
Dra. Fátima Maria de Souza Moreira	UFLA

  
Prof. Dr. José Oswaldo Siqueira  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus tios

Diônio e Abelardo e suas famílias,  
OFEREÇO

“... quando ando de meu consultório até a estação de trem, com a idéia de chegar lá tão rápido quanto possível, não sinto nada mais que uma urgência para pegar o trem. Em nome da eficiência, transformo-me numa máquina até que o objetivo seja alcançado. As máquinas não têm sentimentos ou sensações, nem sensação de serem, mas podem fazer coisas. Por outro lado, é possível fazer ou produzir algo com sensação, com sentimento. Para ter sentimento, o processo ou ação deve ser, pelo menos, tão importante quanto o objetivo. No caso de andar até a estação devagar e despreocupadamente, por ter tempo de sobra para isso, sinto o prazer da caminhada e aprecio observar as pessoas e olhar vitrines. Quando nos motivamos para produzir ou realizar coisas, tomamo-nos como máquinas e nosso ser fica reduzido. Contudo, se prestarmos pelo menos tanta atenção ao processo quanto ao objetivo, o fazer torna-se uma ação criativa ou auto-expressiva, aumentando a sensação do ser. No que diz respeito a ser, o que vale não é *o que* a pessoa faz, mas *como* o faz. O inverso vale para o fazer” (Lowen, A. Medo da vida: caminhos da realização pessoal pela vitória sobre o medo. Summus editorial, São Paulo, 1986, 254 p.)

À minha esposa, Paula,  
meus pais e irmãos,  
DEDICO

## AGRADECIMENTOS

- a Deus, pela possibilidade de ser gerado, educado, viver e aprender;
- aos meus pais pelo esforço em dar condições para que eu pudesse caminhar com as próprias pernas;
- À UFLA, especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso;
- À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo;
- À *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, onde desenvolvi grande parte das atividades práticas, pelo apoio técnico e estrutural para realização do trabalho;
- À cidade de Lavras, com seu povo acolhedor;
- Ao prof. José Oswaldo Siqueira, pela orientação e ensinamentos atualizados;
- Ao pesquisador Jorge Loyola pelo apoio e espírito de equipe;
- Ao pesquisador Sidney Sturmer pelo auxílio na identificação das espécies de *Glomales*.
- Ao pesquisador Antônio Alberto e aos professores Antônio E. Furtini Neto e Fátima M. Moreira, membros da banca, pela boa vontade e colaboração;
- Aos pesquisadores da Emcapa-ES, Luciano Furtado, Aureliano Nogueira e Adelaide Costa, pela valiosa colaboração e amizade;
- Ao bolsista de iniciação científica Flórcio Pinto de Almeida pelo profissionalismo e grande ajuda na realização do trabalho;
- Aos estagiários Djael Dias Júnior, Luciano, Isabel, Sebastião, Osenito e Maurício, pela contribuição com boa vontade e dedicação;

- Aos técnicos em laboratório João Vieira Costa (Embrapa) e Manoel (UFLA) pela inestimável ajuda; agradeço também ao Jairinho (*in memoriam*) pela disposição em colaborar;
- Aos pós-graduandos da EAUFBA, Cláudia, Jucy, Ivana, Robélia e Yasmin, pela colaboração na montagem dos experimentos e pelo emprego da alegria no laboratório;
- Aos amigos, Henrique (henriqueta), Vander (cabrito) e Paulo Henrique (ph) pelo incentivo e momentos de descontração durante o curso;
- Ao amigo Ricardo Elesbão que me acolheu logo que cheguei a Lavras, ainda meio perdido;
- Ao prof. Nilton Curi, pelos ensinamentos e amizade. Agradeço também aos professores Mozart, Fabiano Vale, Faquin, Guedes (DCS), Moacir (DAG), Ary e Rosado (DEF) e Romildo (DBV), pela contribuição na minha formação acadêmica;
- À profa. Janice Guedes pela receptividade e amizade;
- A todos os companheiros de curso, com quem em algum momento partilhei preocupações, tensões, dúvidas e alegrias. Agradeço especialmente aos companheiros Adriana, Eliane, Osmar, João Batista, Orivaldo, Marx, Luis Arnaldo, Tereza, Luzia e Renato Lara;
- À colega de curso Ana Rosa, pela boa vontade e paciência, ajudando na correção e impressão final da tese;
- Aos amigos Alberto (e família), Arlene e Paulo Meissner (e família) pelo apoio, consideração e papo-furado dos finais de semana;
- Aos companheiros de república, Roberto e Fernando, pela possibilidade de crescimento;
- Ao amigo Luis Carlos pela sabedoria divina e horas de aprendizado;
- À minha esposa, Paula, pelo incentivo, paciência e amor incontestes.



## BIOGRAFIA

ALDO VILAR TRINDADE, filho de Aluísio Trindade e Terezinha Villar Trindade, nasceu em Campina Grande, na Paraíba, e, 06 de junho de 1965. cursou o 1º grau nos Institutos Rita Suassuna e Presidente Epitácio Pessoa, concluindo em 1979. Realizou o curso técnico em edificações, pela Escola Técnica Federal da Paraíba, concluindo em 1982. Ingressou no curso de Agronomia em 1983, pela Universidade Federal da Paraíba, concluindo-o em 1988. No mesmo ano iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando-se na área de Microbiologia do Solo. Nos anos de 1992 e 1993 foi bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial na mesma instituição, com apoio do CNPq. Em março de 1994 iniciou o curso de Doutorado pela Universidade Federal de Lavras, no Departamento de Ciência do Solo. No final do mesmo ano foi contratado como pesquisador pela *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, em Cruz das Almas, BA.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL .....	i
GENERAL ABSTRACT .....	iii
CAPÍTULO 1. ....	01
1. Introdução Geral .....	01
2. Referencial Teórico .....	04
2.1. Micorrizas Arbusculares: relação com a sustentabilidade .....	04
2.2. Micorrizas em fruteiras .....	06
2.2.1. Ocorrência e ecologia .....	07
2.2.2. Eficiência simbiótica .....	10
2.2.3. Dependência micorrízica .....	16
3. Metodologia Geral .....	22
4. Referências bibliográficas .....	25
CAPÍTULO 2.: Ocorrência de micorrizas arbusculares em agrossistemas de mamoeiro ( <i>Carica papaya</i> L.) .....	38
Resumo .....	38
Abstract .....	39
1. Introdução .....	40
2. Metodologia .....	42
3. Resultados .....	47
3.1. Colonização micorrízica e densidade de esporos .....	47
3.2. Ocorrência de espécies .....	49
4. Discussão .....	55
5. Conclusões .....	59
6. Referências bibliográficas .....	59
CAPÍTULO 3.: Avaliação da eficiência de fungos micorrízicos arbusculares, exóticos e nativos para o mamoeiro .....	64
Resumo .....	64
Abstract .....	65
1. Introdução .....	66
2. Metodologia .....	67
2.1. Aspectos Gerais .....	68
2.2. Experimento 1: Eficiência micorrízica de fungos componentes da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da <i>Embrapa Mandioca e Fruticultura</i> .....	69
2.3. Experimento 2 : Eficiência micorrízica de populações	

originárias do agrossistema mamoeiro .....	71
2.4. Experimento 3: Eficiência micorrizica de isolados de populações nativas do agrossistema mamoeiro .....	74
3. Resultados .....	76
3.1. Experimento 1: Eficiência micorrizica de fungos componentes da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da <i>Embrapa Mandioca e Fruticultura</i> .....	76
3.2. Experimento 2: Eficiência micorrizica de populações originárias do agrossistema mamoeiro .....	79
3.3. Experimento 3: Eficiência micorrizica de isolados de populações nativas do agrossistema mamoeiro .....	83
4. Discussão .....	85
5. Conclusões .....	90
6. Referências bibliográficas .....	91
<b>CAPÍTULO 4. : Potencial de inoculação e competitividade de fungos micorrizicos arbusculares para o mamoeiro</b> .....	95
Resumo .....	95
Abstract .....	97
1. Introdução .....	98
2. Metodologia .....	100
2.1. Aspectos gerais .....	100
2.2. Experimento 1.: Eficiência simbiótica de fungos MA em solo não-fumigado e suprimento de doses de P .....	101
2.3. Experimentos 2 e 3.: Interação de fungos eficientes com populações nativas do agrossistema mamoeiro .....	104
2.4. Experimento 4.: Infectividade de fungos e populações.....	108
3. Resultados .....	109
3.1. Experimento 1.: Eficiência simbiótica de fungos MA em solo não-fumigado e suprimento de doses de P .....	109
3.2. Experimentos 2 e 3.: Interação de fungos eficientes com populações nativas do agrossistema mamoeiro .....	116
3.3. Experimento 4.: Infectividade de fungos e populações .....	120
4. Discussão .....	122
5. Conclusões .....	130
6. Referências bibliográficas .....	130
<b>CAPÍTULO 5.: Dependência micorrizica de variedades comerciais de mamoeiro</b> .....	135
Resumo .....	135
Abstract .....	137
1. Introdução .....	138
2. Metodologia .....	139

<b>3. Resultados .....</b>	<b>145</b>
<b>4. Discussão .....</b>	<b>163</b>
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>169</b>
<b>6. Referências bibliográficas .....</b>	<b>170</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>174</b>

## RESUMO GERAL

TRINDADE, Aldo Vilar. **Fungos micorrízicos arbusculares em mamoeiro**. UFLA, 1998, 177 p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)\*

O mamoeiro é uma cultura cujo sistema de produção se baseia no uso intensivo do solo, adubações elevadas e freqüentes, irrigação e tratamento fitossanitário. Este trabalho foi realizado com o objetivo geral de obter subsídios para estabelecimento de um programa de inoculação controlada de fungos micorrízicos para o mamoeiro, que possa resultar na redução da ação de agentes degradadores do sistema de cultivo. O trabalho foi iniciado pela avaliação da associação em plantios comerciais e da colonização em mudas, relacionando-se a ocorrência de espécies com características edáficas e da própria cultura. Experimentos foram realizados em condições de casa-de-vegetação da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas, Bahia. Na primeira etapa foi feita avaliação de fungos exóticos, pertencentes ao banco do Laboratório de Microbiologia do Solo - *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, seguindo-se a avaliação de populações nativas, em duas doses de P aplicadas ao solo, seguido de testes de isolados nativos em várias condições diferentes. Avaliou-se também a capacidade competitiva de fungos pré-selecionados, empregando-se solo não-fumigado ou infestado com populações nativas, e a avaliação da dependência micorrízica de quatro variedades de mamoeiro em solo adubado com doses crescentes de P. Os principais resultados revelaram que o mamoeiro pode apresentar taxas elevadas de colonização em condições de campo, as quais são influenciadas pelos teores de fósforo, pH e textura; enquanto as mudas dos viveiros são praticamente isentas de colonização. Os agrossistemas apresentaram a seguinte dominância de espécies: Norte do Espírito Santo: *Glomus occultum* e *G. etunicatum*; Oeste da Bahia: *Gigaspora* sp., *Acaulospora scrobiculata* e *G. etunicatum*; Extremo Sul da Bahia: *G. etunicatum*, *Acaulospora scrobiculata*, *G. occultum*, *Gigaspora* sp., *Scutellospora pellucida* e *A. mellea*; baixo pH, alto P e lavouras mais antigas tenderam a reduzir a riqueza de espécies de fungos MA no solo. Dos fungos introduzidos *Glomus clarum*, *Acaulospora scrobiculata* e *G. margarita* foram os mais eficientes. Nos agrossistemas amostrados ocorreram populações eficientes para o mamoeiro sendo esta eficiência, reduzida ou anulada na dose de 140 mg.dm<sup>-3</sup> de P. A avaliação de isolados com base nas populações mais eficientes permitiu a seleção de três isolados nativos também eficientes

---

\* Comitê Orientador: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Orientador) e Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA

pertencentes a *G. etunicatum* e *Gigaspora* spp. A acidez do solo influenciou a eficiência micorrízica, a qual foi maior em pH 6,2. Verificou-se que os fungos selecionados em solo fumigado também foram eficientes em solo não-fumigado, destacando-se *G. clarum*, *Gi. margarita* e isolado 29 (*Gigaspora* sp). Em geral, os isolados nativos foram mais eficientes em doses mais elevadas de fósforo no solo. *G. margarita* mostrou-se mais competitiva que a população 35; não ocorrendo o mesmo com populações que apresentavam *G. etunicatum* como dominante. Os fungos *G. margarita* e isolado 29 mostraram-se pouco competitivos; o isolado 29 de *G. margarita* foi mais competitivo que o isolado introduzido relacionando-se esta característica com a rapidez de colonização. Avaliação quantitativa da colonização foi importante para estimar a capacidade competitiva de um fungo ou população. A máxima eficiência micorrízica atingiu valores de 90% tendo sido obtida com doses de P de 23 a 30 mg.dm<sup>-3</sup>. Plantas colonizadas tiveram seu requerimento externo e déficit de fósforo reduzidos. As variedades de mamoeiro diferiram quanto ao grau de dependência micorrízica, sendo que a Baixinho de Sta. Amália e Tainung n°1 apresentaram alta dependência e Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12 baixa dependência. Esta característica relacionou-se inversamente com a capacidade da variedade em produzir raízes.

Palavras-chave: *Carica papaya*, ocorrência, seleção, fungos nativos, dependência, competição, variedades, fósforo.

## GENERAL ABSTRACT

### ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN PAPAYA (*Carica papaya*)<sup>\*</sup>

Papaya cropping is based on intensive soil cultivation, high and frequent application of nutrients, irrigation and use of pesticides. This work was conducted to obtain subsidies for the establishment of a controlled inoculation program with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for papaya plants, aiming the reduction of agents causing degradation of the cropping system. Firstly, AMF association was evaluated in commercial crops, relating AMF species occurrence to edaphic and cultures parameters. Also, nursery plants were assessed for AMF colonization. Experiments were performed in greenhouse conditions at The National Research Center for Cassava and Tropical Fruits, Cruz das Almas, Brazil. In the first part, exotic fungi from the culture collection of the Soil Microbiology Laboratory were selected, followed by evaluation of native populations of fungi at two rates of soil P and evaluation of native isolates at two values of soil pH. Further experiments were designed to evaluate the competitiveness of selected fungi, in non-fumigated soil or simultaneous inoculation with native population. In the last part, mycorrhizal dependency of four papaya varieties was assessed, using soil with increasing rates of P. It was found that papaya crops have high incidence of AMF. Root colonization was influenced by available P, pH and soil texture. In nursery plants, colonization was almost absent. Species dominance varied among locations. *G. occultum* and *G. etunicatum*, were the dominant species at North of Espírito Santo, *Gigaspora* sp., *A. scrobiculata* and *G. etunicatum* dominated in at West of Bahia, whereas *G. etunicatum*, *A. scrobiculata*, *G. occultum*, *Gigaspora* sp., *S. pellucida* and *A. mellea* were the dominant species in South of Bahia. Low pH, high P and plant age of papaya tended to reduce richness of AM fungi. Among the introduced fungi, *G. clarum* was the most efficient one along with *G. margarita* and *A. scrobiculata*. Some native populations promoted plant growth, but this effect was reduced or eliminated with application of  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$  P. Soil acidity limited root colonization and growth benefit of native isolates. Isolates number 22 (*G. etunicatum*), 27 (*Gigaspora* sp.) and 29 (*Gigaspora* sp.) promoted plant growth even better than introduced fungi. Fungi previously selected as efficient *G. clarum*, *Gi. margarita* and isolate 29-*Gigaspora* sp., *G. margarita*, was more competitive than native population 35 in fumigated soil,

---

<sup>\*</sup> Guidance Committee: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Major Professor). Antônio Alberto RochaOliveira - EMBRAPA

were also efficient in non-fumigated soil, but a reversal situation occurred with population 07B and 09B, which are dominated by *G. etunicatum*. Isolate 29 (*Gigaspora* sp.) was more competitive than *Gi. margarita*, which colonize root more slowly. AMF increased P and K content of plants. Plants colonized by AMF had a reduced P requirement. Qualitative colonization assessment was important to estimate competitive ability of AMF populations. Maximum mycorrhizal efficiency attained values of 90% and occurred with P-rates 23 to 30 mg.dm<sup>-3</sup> of P. Papaya varieties exhibited varied degree of AMF dependency. Baixinho de Santa Amália and Tainung showed high while Sunrise Solo and Improved Sunrise Solo, Line 72/12 showed low AMF dependency. Mycorrhizal dependency was inversely related to plant ability to produce roots.

Keywords: *Carica papaya*, occurrence, selection, native fungi, dependency, competition, varieties, phosphorus.



## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura é um dos ramos da agricultura que mais tem crescido nos últimos anos, em que aspectos como busca de melhores hábitos alimentares, aproveitamento de recursos nativos, facilidades de exportação, associados a estratégias de marketing, têm aumentado o consumo de frutas frescas e seus produtos industrializados. Em grande parte cultivadas como monoculturas, há um grande emprego de preparo de solo e tratos culturais, envolvendo adubação, irrigação e uso intenso de pesticidas.

O mamoeiro (*Carica papaya*) se encaixa neste cenário. Sendo originário da América Central, é uma planta cultivada em regiões tropicais e subtropicais, podendo ser plantada em praticamente todo o território nacional. É uma planta de crescimento rápido e frutificação constante, tendo preferência por solos de baixa acidez, com boa aeração e profundos. Devido a problemas fitossanitários, degradação do solo, aliado a exigências do mercado consumidor, o tempo de cultivo da planta vem reduzindo, chegando a alguns casos em que os pomares são renovados anualmente. É, portanto, um sistema que demanda trabalhos que visem ao aumento de sua sustentabilidade. O Brasil participa com 9,0 % da produção mundial de frutas e 35% da produção de mamão, ocupando o primeiro lugar entre os principais países produtores, sendo que as maiores áreas produtoras se encontram nos Estados do Espírito Santo e Bahia.

A microbiota do solo é um importante componente dos ecossistemas, participando efetivamente da ciclagem de nutrientes, estruturação do solo, formação do húmus e consequentemente das reações de troca iônica, além de contribuir para a nutrição direta das plantas. Em sistemas intensivos a

funcionalidade da comunidade microbiana pode ser significativamente alterada, gerando distúrbios que conduzem ao surgimento de maior incidência de doenças, degradação de propriedades químicas e físicas do solo e maior dependência das plantas aos adubos químicos solúveis. Assim, a microbiota é um importante componente para que os sistemas de cultivos adotados possam apresentar maior sustentabilidade. Dentre os representantes da comunidade microbiana podem-se destacar os fungos micorrízicos, os quais exercem papel importante na sustentabilidade por meio, principalmente, da absorção de nutrientes pelas plantas, melhor estado fitossanitário destas e agregação do solo. O manejo do potencial indígena ou introdução de fungos micorrízicos, portanto, pode fazer parte de uma abordagem no sentido de proporcionar um sistema de cultivo com ênfase na redução de custos, no manejo integrado de doenças e em variedades adaptadas aos diferentes ecossistemas. Com o crescimento da fruticultura a nível mundial nos últimos anos tem aumentado o interesse pelas micorrizas nesse setor, inicialmente concentrando-se nas lavouras cítricas, mas que hoje é direcionado também para outras espécies como o morangueiro, abacaxizeiro e bananeira. A cultura do mamoeiro tem-se mostrado bastante responsiva à micorrização (Silva e Siqueira, 1991; Mohandas, 1992; Weber e Amorim, 1994; Auler, 1995).

Uma das principais estratégias de utilização dos benefícios dos fungos micorrízicos para o crescimento das plantas é a inoculação destas na fase de muda. Isto porque é possível a produção de inóculo em quantidade suficiente, além de que as mudas são normalmente produzidas em substrato isento de fungos MA. As fruteiras de maneira geral apresentam esse potencial, principalmente aquelas que possuem sistema radicular pouco ramificado e elevada taxa de crescimento, como o mamoeiro. Para viabilizar o uso da inoculação, uma série de passos precisa ser dado, como o levantamento da ocorrência da associação no

agrossistema, isolamento de espécies, seleção de isolados competitivos e eficientes e a definição do manejo que maximize a simbiose.

A utilização dos FMA no sistema de produção do mamoeiro depende inicialmente do conhecimento do nível da associação em campo e viveiro, e das espécies presentes. Um baixo nível ou mesmo ausência de colonização natural podem comprometer a performance das mudas quando transplantadas para solos isentos ou com número reduzido de propágulos viáveis de fungos MA, tornando a cultura totalmente dependente dos adubos químicos, justificando a inoculação. Esta vai depender da obtenção de fungos capazes de promover o crescimento da planta e competir com fungos nativos, o que permitirá estudos que definam um manejo adequado para a cultura, no sentido de se manter o nível de produtividade com a introdução de fungos micorrízicos. Assim se faz necessária a avaliação da eficiência micorrízica das populações, visando a saber qual a melhor estratégia a ser adotada, ou seja, inoculação de espécies/isolados exógenos, multiplicação e inoculação de espécies nativas ou apenas o manejo destas. É necessário aprofundar os conhecimentos sobre a dependência micorrízica do mamoeiro, conhecendo-se o teor de fósforo no solo para o benefício máximo da micorrização, bem como diferenças varietais quanto à responsividade à inoculação. O estabelecimento de um programa de inoculação ou manejo de populações de fungos micorrízicos, para o mamoeiro, poderá resultar em produção de mudas mais saudáveis e um sistema de produção com menor uso de agroquímicos, contribuindo para um sistema sustentável.

Este trabalho teve como objetivo geral a obtenção de informações fundamentais para o estabelecimento de programa de inoculação controlada de mudas de mamoeiro, bem como a eficácia e viabilidade deste procedimento na monocultura.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Micorrizas Arbusculares: relação com a sustentabilidade

Em 1842, Vittadini propôs que as raízes das árvores são nutridas por um tipo de micélio fúngico que as envolve. Esta hipótese foi teorizada como uma simbiose mutualística por Frank, em 1885, que deu o nome de micorriza ao órgão formado pela união do fungo e da raiz (Varma, 1995a). O que Frank observou é o que hoje se conhece como ectomicorriza. Com os estudos que se sucederam décadas depois o termo foi expandido para incluir micorrizas das Orquidáceas, Ericáceas, o que hoje se conhece como micorriza arbuscular (Walker, 1992). A micorriza funciona como uma associação simbiótica, mutualística entre um fungo e uma planta hospedeira superior (Lewis, 1973). Cada organismo deriva de benefícios fisiológicos e ecológicos do outro, obtendo ganhos líquidos (Trappe e Fogel, 1977). É amplamente aceito que a simbiose causa uma melhoria significativa na nutrição da planta (ação biofertilizante), agindo também no balanço hídrico, agregação do solo, controle de patógenos de raiz (ação bioprotetora), manutenção da fertilidade do solo, contribuindo para a sustentabilidade da agricultura (Bagyaraj e Varma, 1995).

O termo “agricultura sustentável” poderia ser visto como uma contradição por definição própria, já que a agricultura envolve a manipulação artificial dos ecossistemas vegetais para a produção de plantas alimentícias. Assim, é difícil desenvolver qualquer forma de agricultura que venha a ser verdadeiramente sustentável. Ao invés disso, em sistemas sustentáveis nós devemos estar procurando uma modificação das estratégias existentes, de forma que o fornecimento de fertilizantes seja reduzido, mas não eliminado, e que seja

feito o máximo uso da microbiota do solo, visando à ciclagem e captura eficiente de nutrientes para o sistema radicular da planta (Varma, 1995b).

Segundo Thomas et al. (1993), a agregação promovida apenas pelas hifas fúngicas externas pode ocorrer em grau semelhante àquela efetuada pelas raízes. Simulando condições de campo, Saggin Júnior et al (1992) verificaram que mudas de café não colonizadas e transplantadas para substrato sem propágulos de fungo MA apresentaram crescimento bastante reduzido, o que sugere que algum fator que venha a reduzir a população de fungos ou promover o desenvolvimento de uma população ineficiente para a cultura, exija adubações mais pesadas para suprir a falta do fungo. Neste mesmo experimento, o transplântio de mudas não colonizadas para substrato contendo população eficiente de fungos houve grande benefício para o crescimento das plantas. A importância dos fungos micorrízicos nativos pode ser demonstrada em situações em que longos períodos de pousio em solo desnudo leva a condições de baixo crescimento de culturas introduzidas, provavelmente devido a desordens nutricionais, o que é conhecido como “long fallow disorder” (Thompson, 1987). Nestas condições, este autor demonstrou que a inoculação de uma população de fungos MA obtida de solo recentemente cultivado pode solucionar o problema, tendo efeito similar à aplicação de zinco.

Em um trabalho de avaliação de colonização micorrízica em laranja ‘lima’ em diferentes sistemas de produção, no México, Michel-Rosales e Valdes (1996) observaram que o emprego de um sistema de baixos insumos e diversificado, caracterizado como “fazenda familiar”, proporcionou os níveis mais elevados e constantes de colonização, comparado com o sistema convencional de uso intensivo de insumos. Esses resultados sugerem uma grande importância da associação para a produtividade e sustentabilidade do sistema familiar.

Ao monocultivo tem sido atribuído a causa de declínio de culturas como milho e soja; mas parte das causas é atribuída também às alterações na população de fungos micorrízicos (Johnson et al., 1992). Levantamento da associação micorrízica em banana, na Índia, revelou que, em comparação com o monocultivo, o sistema de policultura promove profunda alteração na composição qualitativa da população micorrízica, permitindo também a expressão de um maior número de espécies de fungos MA (Iyer et al., 1988). Também na Índia, levantamentos realizados em bananeiras mostraram a presença das espécies *S. heterogama*, *Gigaspora decipiens* e *Glomus macrocarpum* quando as bananeiras eram cultivadas em consórcio com o coqueiro-da-baía e de *G. macrocarpum* e *Glomus fuegianum* quando era cultivada em monocultura (Rohini et al., 1988).

De acordo com Varma (1995a), o uso potencial dos fungos micorrízicos como biofertilizantes, bioprotetores e seu papel na agricultura sustentável e manutenção da fertilidade do solo, é fascinante. Entretanto, para este autor existem vários desafios que necessitam de atenção antes que a aplicação prática das micorrizas possa ser uma realidade; dentre estes está a detecção, identificação e quantificação dos fungos mais benéficos e a competição de fungos indígenas, além da produção de inóculo livre de patógenos.

## **2.2. Micorrizas em fruteiras**

Trabalhos de revisão, como os de Ferrera-Cerrato (1987) e Clignez (1993), destacam a importância da micorrização de mudas de fruteiras sob os aspectos ecológicos, de desenvolvimento das plantas, econômicos e de viabilidade técnica.

### 2.2.1. Ocorrência e ecologia

Estudos relacionados à ecologia dos fungos micorrízicos arbusculares são essenciais para se planejar o uso efetivo desses fungos na agricultura comercial ou para conhecer sua atividade como componente do ecossistema como um todo (Fitter, 1991). Desde que as espécies de FMA diferem na sua efetividade, uma mudança na composição de espécies da comunidade fúngica pode potencialmente afetar o crescimento da cultura (Schenck et al., 1989). Sua distribuição e abundância, medida pela colonização micorrízica, contagem de esporos, número de propágulos infectivos e diversidade de espécies, são altamente influenciados por vários fatores associados ao solo, planta, clima e manejo (Johnson et al., 1991).

Alguns levantamentos detectaram correlação positiva entre taxa de colonização e vigor das plantas em citros (Sing et al., 1992) e colonização e nutrição de videira (Matteou et al., 1994). Singh et al (1992) parece terem encontrado relação causa-efeito em levantamento de viveiros de limão-cravo, cuja colonização variou em função do mês do ano e favoreceu o desenvolvimento radicular, altura de plantas e número de folhas. Isto pode ser particularmente verdade em sistemas de baixo fornecimento de insumos, como os pomares familiares, onde tem sido verificado maior intensidade da associação micorrízica em citros, contrastando com valores baixos e variáveis em sistemas de alto fornecimento de insumos (Michel-Rosales e Valdes, 1996).

A densidade de esporos e, portanto, o número de propágulos, pode ser afetada por elevados teores de P no solo (Weber e Oliveira, 1994). Quando essa correlação não existe (Caldeira et al., 1983) é provável que outros fatores, controláveis, como a forma de coleta, ou não-controláveis, como cultivares diferentes e época do ano, estejam tendo maior influência sobre a colonização. O

teor de fósforo na planta pode não só reduzir a colonização micorrízica como também influenciar negativamente na riqueza de espécies e diversidade (Cuenca e Meneses, 1996).

No Brasil, levantamentos em citros têm demonstrado a predominância do gênero *Acaulospora* (Caldeira et al., 1983; Weber e Oliveira, 1994), o que também foi verificado para outras culturas não fruteiras (Siqueira et al., 1989). Na Venezuela, levantamento da associação micorrízica em cacau (Cuenca e Meneses, 1996) revelou maior índice de ocorrência de *Acaulospora scrobiculata*, enquanto espécie de *Scutellospora* não foi detectada. Nos EUA, particularmente na Califórnia e Flórida, Nemeč (1981) encontrou predominância do gênero *Glomus* em pomares de citros, havendo correlação positiva entre esporulação e pH. Espécies de *Glomus* também foram predominantes em levantamentos de viveiros de maçã (Gupta et al., 1993), pomares de uva na Grécia, onde a colonização de oito variedades variou de 66,6 a 89,6% (Nikolaou et al., 1994) e da antiga Checoslováquia (Ferrer et al., 1989). Em levantamentos de espécies de FMAs realizados em videiras irrigadas na região do submédio rio S. Francisco verificou-se a presença de oito espécies (*G. macrocarpum*, *Glomus microcarpum*, *G. occultum*, *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora kentinensis*, *Acaulospora delicata*, *Acaulospora longula* e *Scutellospora heterogama*), das quais *G. macrocarpum* foi a mais freqüente (Paron e Morgado, 1996). Também na região do submédio rio São Francisco, as espécies dominantes na rizosfera das bananeiras foram *A. scrobiculata* e *G. mosseae* (Yano-Melo et al., 1996), sendo que a primeira foi também observada na rizosfera de bananeiras em Minas Gerais (Siqueira et al., 1989).

A distribuição de espécies é influenciada pelas diferentes características edáficas (Siqueira et al., 1989; Weber e Oliveira, 1994) e também pela idade das plantas e época do ano (Nemeč, 1981). Em trabalho conduzido em vinhedos da



Alemanha, a colonização micorrizica diminuiu com o aumento do teor de areia e P no solo, aumentando com o aumento do teor de silte (Mohr, 1996). Em avaliação realizada por Gupta et al (1993) em maçã, constatou-se a presença de ectoendomicorrizas em plantas jovens (1 a 3 anos de idade), enquanto plantas mais velhas apresentaram apenas micorriza arbuscular. Plantios mais antigos de cacau apresentam menor esporulação, provavelmente por menor vigor das plantas e menor número de raízes ativas (Cuenca e Meneses, 1996).

A associação micorrizica pode sofrer alterações mesmo dentro de espécies de plantas. Segundo Girija e Nair (1988), a bananeira pode apresentar colonização variando entre 18 e 98 %, dependendo da cultivar. Em levantamento com diferentes porta-enxertos de citros, Baghel e Bhatti (1990) verificaram que houve colonização diferenciada entre espécies usadas como enxerto num mesmo porta-enxerto, revelando o efeito da parte aérea e sua condição genética na associação micorrizica.

Devido à complexidade dos sistemas micorrizicos, há necessidade de se conhecer melhor a ecologia das micorrizas em ambientes onde se pretende praticar a inoculação ou manipular as populações nativas dos fungos (Siqueira et al., 1989), já que a introdução de fungos MA na agricultura está condicionada a duas estratégias básicas. A primeira utiliza-se da seleção de fungos introduzidos de outras regiões ou países, enquanto a segunda procura selecionar espécies isoladas do próprio agrossistema onde se pretende explorar a micorrização (Abbott e Robson, 1984). Desse modo, o conhecimento sobre a ocorrência e diversidade da população micorrizica e suas relações ecológicas torna-se de fundamental importância para os programas de inoculação em larga escala (Fernandes e Siqueira, 1989). Estes autores, em levantamento dos fungos micorrizicos arbusculares presentes em solos com cultivo de café na região Sul do Estado de Minas Gerais, verificaram que as espécies de fungos MA que têm

apresentado alta efetividade simbiótica para mudas de cafeeiro em condições controladas, como *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus mosseae*, são de ocorrência restrita nas lavouras cafeeiras da Região Sul de Minas Gerais.

### 2.2.2. Eficiência simbiótica

Em uma primeira instância, fungos micorrízicos selecionados para inoculação devem ser capazes de aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas e persistir no solo. Segundo Abbot e Robson (1982), para um fungo ser eficiente é necessário ter micélio extensivo e bem distribuído no solo, formar colonização extensiva de novas raízes, ser eficiente em absorver fósforo da solução do solo e permanecer ativo por maior intervalo de tempo. A eficiência da absorção de P por um fungo MA é fortemente influenciada pela distribuição espacial de suas hifas no solo, e possivelmente por diferenças na capacidade de absorção por unidade de comprimento de hifa (Jakobsen et al (1992). Para que seja competitivo, é necessário manter um elevado potencial de inóculo. Os principais componentes para isto são: número ou volume de propágulos formados pelo fungo e a quantidade de hifas na superfície radicular capaz de penetrar na raiz (Abbott e Robson, 1982).

Um dos grandes problemas com a avaliação da eficiência dos fungos MA está na falta de padronização do número de propágulos. Tem sido verificado, por exemplo, que a taxa inicial de colonização está associada ao potencial de inóculo e, conseqüentemente, a rapidez com que os efeitos são apresentados (Hepper et al., 1988). Em morango, Silva et al (1996) verificaram que o uso crescente de números de esporos de *G. intraradices* promoveu aumento na colonização e resposta da planta. Um número de 750 esporos foi suficiente para promover respostas positivas na produção de estolões e absorção de Cu e Zn, inclusive após

transplântio posterior para o campo. Em trabalho de Vestberg (1992) com morango, *G. macrocarpum* e *G. mosseae* foram os fungos mais eficientes.

Segundo Sieverding, (1991), a avaliação de fungos micorrízicos deve ser feita inicialmente em condições de solo desinfectado, e só então os isolados altamente efetivos devem ser testados sob condições de níveis de competição, usando solos nativos. Abbott e Robson (1984) sugeriram que solos sem propágulos de fungos micorrízicos são úteis para testar fungos a serem inoculados em solos onde a população nativa de fungos MA é pequena, como rejeitos de mineração e substratos fumigados de viveiros para a produção de mudas. Burckhardt e Howeler (1985), trabalhando com mandioca, verificaram que apenas os fungos classificados como altamente efetivos em condições sem competição foram mais aptos a competir sob condições de solo não esterilizado.

De acordo com Manjunath et al (1983), as espécies citrícolas são propícias ao estabelecimento de programa de inoculação controlada pelo fato de serem plantas arbóreas de alto valor comercial e em que se faz uso de práticas caras, tais como: fumigação do solo, adubação intensa, e estruturas do tipo viveiros. Em trabalho recente, Reddy et al (1996) avaliaram treze diferentes espécies quanto à eficiência simbiótica para lima ácida. *Glomus macrocarpum* e *Glomus mosseae* promoveram as maiores respostas no desenvolvimento das plantas. Outros fungos como o *Glomus etunicatum* (Weber et al., 1990), *Glomus epigaeum* (Bi e Kuo, 1990), *Glomus versiforme* e *G. monosporum* (Bouhired et al., 1984) e *Glomus intraradices* (Nemec, 1992), também se mostraram promissores, evidenciando o benefício do gênero.

O uso de *Gigaspora margarita* incrementou o desenvolvimento das plantas de maçã em níveis crescentes de *P. Scutellospora gregaria* e dois isolados de *Glomus* também promoveram crescimento da planta, embora em menor escala (Kon, 1995). Morin et al (1994) também verificaram resposta à inoculação

mesmo em níveis elevados de P, o que foi atribuído a uma melhor nutrição do nutriente. Dos fungos testados, *Glomus versiforme* foi o melhor tendo produzido extensiva rede externa de hifas, fator que apresentou, ao contrário da colonização interna, relação com a eficiência micorrizica.

As espécies de FMAs mais estudadas em bananeiras foram *G. fasciculatum* (Lin e Fox, 1987; Umesh et al., 1989; Jaizme-Vega et al., 1991; Jaizme-Vega e Azcón, 1995) e *G. mosseae* (Jaizme-Vega et al., 1991; Declerck et al., 1995). Ambas são eficientes em promover o crescimento e a nutrição da bananeira, embora *G. fasciculatum* possa apresentar maior taxa de colonização radicular que *G. mosseae* (Jaizme-Vega et al., 1991).

Trabalhos com maracujá têm sido realizados basicamente no Brasil. Oliveira et al (1993) testaram diferentes fungos nativos e introduzidos na produção de mudas. Apenas os fungos introduzidos, *G. clarum*, *G. etunicatum* e *Glomus* sp. e uma das populações nativas testadas promoveram diferenças significativas no desenvolvimento das plantas. Rodriguez et al (1995), na Colômbia, testaram *Acaulospora foveata*, *Glomus occultum* e *Acaulospora longula* em mudas, obtendo maior eficiência com *A. Longula*.

Em caju, Sivaprasad et al (1992) verificaram que, dentre várias espécies de FMA inoculados, *G. fasciculatum* foi a mais eficiente. Em mudas de abacate Dharmaraj e Irulappna (1982) obtiveram resposta à interação entre inoculação de *Glomus fasciculatum* e aplicação de superfosfato.

Para o mamoeiro, isolados das espécies *Glomus etunicatum* (Weber e Amorim, 1994), *Gigaspora calospora* (Ramirez et al., 1975), *G. clarum* (Silva e Siqueira, 1991), *G. macrocarpum*, (Mohandas, 1992 e Auler, 1995) e *G. mosseae* (Mohandas, 1992 e Balakrishna et al., 1996) foram eficientes. Entretanto, apenas o trabalho de Balakrishna et al. (1996) tratou da seleção de fungos em condição de solo não desinfestado.

As espécies indígenas são naturalmente adaptadas às condições edáficas e climáticas da área em que ocorrem. Deste modo, a seleção de espécies indígenas para as culturas de interesse aumenta o potencial de utilização dos fungos micorrízicos na agricultura (Menge, 1982). Por outro lado, a presença de espécies indígenas não eficientes pode impedir, por competição, o estabelecimento de espécies eficientes introduzidas (Powell, 1984) e reduzir as respostas à inoculação.

Powell (1982) avaliou populações de fungos de várias áreas testando-se a eficiência no crescimento de trevo em comparação a um isolado eficiente de *G. fasciculatum*, em solo esterilizado. Os três fungos mais eficientes no crescimento de trevo foram posteriormente testados em solo não esterilizado, partindo-se posteriormente para ensaios a campo, tendo chegado à conclusão de que seriam capazes de competir e serem eficientes na promoção do crescimento das plantas. Como resultado de trabalhos de avaliação de populações, pode-se chegar à conclusão de que existem aquelas pouco eficientes ou mesmo deletérias (Johnson et al., 1992), sendo mais uma razão da necessidade de se avaliar a eficiência dessas populações e seus isolados.

Esporos de *Gigaspora margarita* extraídos de pomar cultivado com limão-cravo e reinoculado em plantas cultivadas em casa-de-vegetação promoveram aumentos de 75% (Caldeira et al., 1983). Na Espanha, na Região da Sicília, Giudice e Giudice (1993) verificaram a eficiência de *Glomus dominikii*, obtidos de viveiros de citros e reinoculados em laranja rugosa (*Citrus aurantium*). Entretanto, sua eficiência dependeu do tipo de solo, arenoso ou derivado de cinzas vulcânicas. Após terem verificado que os fungos MA nativos presentes em sementeira de citros eram eficientes, Michelini e Nemeč (1988) sugeriram a não-utilização de brometo de metila como fumigante. Em pêra Xue e Luo (1992) mostraram que o incremento no desenvolvimento da planta quando inoculada com

*G. versiforme*, *G. mosseae* ou *G. macrocarpum* foi maior do que o promovido por fungos nativos. *G. versiforme* também foi utilizado por Liu (1989) em maçã, obtendo maior crescimento e absorção de Zn e Cu.

Verificou-se que as principais espécies indígenas que ocorreram nas videiras da Grécia (Nikolaou et al., 1994) eram eficientes em promover a nutrição dessas plantas em campo (Mattheau et al., 1994). Isto também foi confirmado em condições controladas verificando-se a eficiência de *G. fasciculatum*, *G. mosseae* e *G. macrocarpum* em promover o crescimento e nutrição das videiras (Karagiannidis et al., 1995). Entre estas três espécies, *G. mosseae* e *G. fasciculatum* são relatadas como eficientes em promover o crescimento e/ou nutrição da videira em diversos outros trabalhos (Schubert et al., 1988; Ravolanirina et al., 1990; Gendiah, 1991; Waschkies et al., 1994; Bavaresco e Forgher, 1996).

Em abacaxi, Guillemin et al (1992) testaram cinco isolados, sendo quatro de *G. clarum* e um de *S. pellucida*. Verificou-se algum nível de especificidade dos fungos em promover o crescimento de certas variedades de abacaxi, existindo o que se pode chamar de colonização preferencial. Isto é passível de entendimento, considerando-se as diferenças de eficiência entre isolados e alteração no sistema radicular e provavelmente sinais moleculares entre cultivares de uma mesma espécie de planta.

Uma das características importantes na escolha de um fungo para inoculação é a sua capacidade competitiva, considerando-se sua habilidade em promover efeitos mais precoces na planta e permanecer colonizando quando em competição com fungos nativos. A inoculação de fungos com diferentes capacidades infectivas pode promover resposta diferenciada. Em estudo desenvolvido por Fortuna et al (1992), *G. coronatum*, cuja colonização em ameixa apresentou uma prolongada fase lag, foi menos eficiente que *G. mosseae*

no período inicial de crescimento da planta. Em maçã, Miller et al (1989) verificaram maior agressividade (maior taxa inicial de colonização) por *G. mosseae* em relação a *G. macrocarpum* em termos de maior taxa inicial de colonização, colonização máxima e persistência de arbúsculos e hifas externas, resultando em maior crescimento das plantas.

A presença de uma população nativa impediu a expressão da inoculação de *Gi. margarita* em maçã (Kon, 1995), embora o fungo tenha sido eficiente em doses crescentes de P em solo fumigado. Antunes e Cardoso (1990) testaram a inoculação de *G. etunicatum* em lima azeda, em solo não-tratado, não obtendo sucesso devido possivelmente à alta competitividade e infectividade dos endófitos nativos. Resultados diferentes foram obtidos por Manjunath et al (1983) para mudas de citros usando solos da Índia. A inoculação de *G. fasciculatum* aumentou o crescimento e nutrição da planta de cleopatra mandarim mesmo com a presença de endófitos nativos. Este efeito foi maior no solo arenoso. Balakrishna et al (1994) efetuaram seleção de fungos para manga em solo não-fumigado. O fungo mais eficiente foi *Gi. margarita* cuja inoculação antecipou entre 1 e 6 meses a época de enxertia. Plenchette et al (1981) obtiveram efeitos positivos da inoculação de mudas de maçã quando transplantadas para o campo. Nas mudas inoculadas houve abundância de vesículas, indicando a capacidade competitiva do fungo exótico.

Em trabalho de seleção de FMA para mamão, Balakrishna et al (1996) testaram treze diferentes fungos em solo não fumigado, na Índia. *G. mosseae* promoveu as maiores respostas no crescimento e taxa de colonização - 76%, comparado com 14% do controle (fungos nativos).

Recentemente, Saggin Júnior e Siqueira (1995) propuseram uma forma de cálculo da eficiência simbiótica de fungos micorrízicos em estudos com níveis diferentes de fósforo no solo, através da integração das curvas de resposta ao P de

plantas micorrizadas e não-micorrizadas. Obtém-se, assim uma categorização final de cada fungo testado, dando ainda a informação de potencial de inoculação de cada fungo, que no caso do estudo, feito com cafeeiro, foi proporcional à tolerância do fungo ao nível de P no solo em que o mesmo manteve relação mutualística com a planta.

### 2.2.3. Dependência micorrízica

Para que se possa efetuar um programa de inoculação para uma determinada cultura é necessário conhecer o seu nível de dependência à micorrização. A dependência micorrízica foi definida por Gerdemann (1975), como o “grau no qual a planta é dependente da condição micorrízica para produzir seu crescimento máximo ou produção a um dado nível de fertilidade do solo”. Existem discordâncias quanto ao que venha a ser a dependência micorrízica de uma planta. Menge et al (1978) propuseram que fosse dada pelo cálculo:  $M/NM \times 100$ , enquanto Plenchette et al (1983) propuseram que fosse  $M-NM/M \times 100$ . Segundo Janos (1988), ambas indicam apenas responsividade a um determinado fungo, em um certo nível de P, propondo que a DM seja quantificada pelo nível de fósforo até o qual as plantas não micorrizadas não aumentem significativamente o seu crescimento (T) ou pelo nível de fósforo acima do qual as plantas não micorrizadas não crescem diferentemente das micorrizadas (T') Essa dependência seria, portanto, uma característica intrínseca da espécie de planta, havendo, entretanto, variação intra-específica.

A dependência micorrízica de um determinado genótipo de planta é o resultado da combinação de alguns fatores da planta, quais sejam: demanda interna de P, taxa de crescimento, quantidade e distribuição de raízes, intensidade de pêlos radiculares e alterações a nível de rizosfera (Koide, 1991).



Características morfológicas, fisiológicas ou fenológicas do hospedeiro controlam a demanda e suprimento de P e assim o grau de micotrofismo (ou dependência) da planta. De acordo com a abordagem de Koide (1991), a micorriza pode incrementar a performance da planta pela diminuição do déficit de P em função do aumento do suprimento deste nutriente, que é determinado primeiramente pelo comprimento de raiz e influxo de P. Quanto maior é a demanda de P de um determinado hospedeiro, maior é o seu déficit, conseqüentemente, maior é o benefício micorrízico ou dependência da planta e maior é o nível de P no solo no qual a associação pode ainda ser benéfica. Baseado nisto, o nível de P mais apropriado para a resposta à micorriza é altamente variável entre as culturas. Assim, dentro de um determinado solo, variação entre genótipos de planta com relação ao déficit de P (devido à variação seja na demanda ou suprimento de P) deve influenciar a colonização micorrízica

Entre diferentes genótipos de uma mesma espécie, resultados mostram que a absorção de P pode estar diretamente relacionada com o comprimento de pêlos radiculares (Caradus, 1982). Para uma determinada demanda de P, variação no seu suprimento, tal como aquela devida à variação no grau de desenvolvimento do sistema radicular, deve afetar a resposta à colonização micorrízica. No trabalho de Azcon e Ocampo (1981) com cultivares de trigo, a resposta à colonização foi inversamente relacionada com o tamanho do sistema radicular.

Graham e Syvertsen (1985) utilizaram a condutividade hidráulica da raiz além de outras características fisiológicas, morfológicas e anatômicas (taxa de crescimento, transpiração, fotossíntese, número de pontas de raiz, comprimento de raiz, ramificação de raiz e diâmetro de raiz) de cinco porta-enxertos de citros para indicar o determinante mais importante da dependência micorrízica para essas plantas. Os porta-enxertos menos dependentes apresentaram maiores teores

de P na folha, raízes mais finas e menor taxa de crescimento, maior transpiração e assimilação de CO<sub>2</sub>. Baon et al (1993a) relacionaram cultivares de cevada com diferentes valores de eficiência de utilização de P (matéria seca por unidade de P absorvida) e observaram que esta característica correlacionou-se negativamente com a resposta à micorriza. Baon et al (1993b) estenderam este trabalho tendo verificado que na ausência de micorriza, os cultivares ineficientes se tornaram deficientes em P sob baixo suprimento deste nutriente e alocaram mais biomassa para o sistema radicular. Isto, entretanto, reflete uma maior plasticidade dessas cultivares ineficientes, o que permite maior resposta a P e colonização micorrizica.

Desde que a micorriza exerce um papel na absorção de P, é razoável esperar que diferenças genotípicas para simbiose micorrizica e respostas possam também existir. O conhecimento da dependência micorrizica das espécies e suas cultivares é importante porque a extensão na qual a planta hospedeira vai responder à colonização micorrizica é uma função de sua dependência micorrizica e isto é necessário para prever o potencial de resposta da planta à inoculação (Habte e Manjunath, 1991). A demanda de P pela planta é bastante dependente da taxa de crescimento. Mengel (1983) demonstrou que cultivares com taxa de crescimento baixa (que crescem lentamente mesmo em condições amplamente favoráveis) tendem a atingir seu crescimento máximo em solos com baixo teor de nutrientes do que cultivares com taxa de crescimento elevada.

Em trabalhos realizados com diferentes porta-enxertos de citros, verificou-se grande diferença de resposta à inoculação (Treeby, 1992; Onkaraya et al, 1993). Em ordem decrescente de dependência ter-se-ia: limão rugoso, *Poncirus trifoliata*, Cleopatra mandarim, *Troyer citrange* e citrumelo.

Declerck et al (1995) demonstraram variação de dependência micorrizica entre cultivares de banana (*Musa acuminata*, grupo AAA), utilizando dados de

crescimento de planta, absorção de P e densidade e comprimento de pêlos radiculares.

Cultivares de morango também respondem diferentemente à inoculação (Khanizadeh et al., 1995). Neste trabalho a inoculação de FMA aumentou o crescimento geral da planta mesmo com doses elevadas de P, indicando, segundo os autores, que é possível aumentar a produção de estolões de morango pela inoculação da planta com fungos MA.

Avaliando dez cultivares de morango de diferentes hábitos de crescimento, com relação à resposta à inoculação de FMA, Vestberg (1992) verificou que os cultivares mais precoces, com maior taxa de crescimento, apresentaram maior percentagem de colonização, resultando também em maior esporulação. Na maioria dos cultivares, a colonização correlacionou-se significativamente com a produção de parte aérea, contrariando outros trabalhos, com diferentes culturas que mostram que o valor de percentual de colonização nem sempre tem relação com o desenvolvimento da planta (Guillemin et al (1992). A mesma relação foi verificada por Rizzardì (1990) para banana. Da mesma forma, a colonização micorrízica de porta-enxertos de citros foi maior naquele mais dependente (Treeby, 1992). Nestes casos, têm-se genótipos diferentes, com diferentes estratégias, tomando mais provável uma resposta da planta em correlação com o seu grau de colonização. Trabalhando com números crescentes de esporos de *Glomus intraradices* por planta, Silva et al (1996) verificaram aumentos também crescentes na colonização, desenvolvimento da planta e absorção de Cu, concluindo que um mínimo de 750 esporos seria suficiente para a resposta da planta de morango. Este número pode ser considerado elevado frente a outros trabalhos, mas pode-se explicar o fato por ter sido desenvolvido em solo natural; portanto, sujeito à competição dos fungos nativos.

Em diferentes porta-enxertos de maçã, Morin et al (1994) verificaram resposta à inoculação, em níveis crescentes de P, indicando elevada dependência micorrízica, confirmada pela maior absorção de nutrientes. Maior desenvolvimento, absorção de P, Ca, Mg, Cu e Zn foram verificados por Ventec e Thomas (1993) em plantas de maçã inoculadas. An et al (1993) concluem que maçã apresenta elevada dependência micorrízica, com base em dados de incremento por inoculação com *Glomus epigaeum* (*G. versiforme*) e *G. macrocarpum*. Sob as condições de produção na China eles recomendam o uso de FMA para acelerar o desenvolvimento de mudas visando à enxertia.

O crescimento da videira é fortemente dependente da associação micorrízica. Isto tem sido verificado em viveiros (Schubert et al., 1990) e em campo (Menge et al., 1983; Mattheau et al., 1994), mas com resposta diferenciada entre porta-enxertos (Karagiannidis et al., 1995).

A bananeira, similarmente, também apresenta acentuada dependência de micorrizas, principalmente quando oriunda de mudas micropropagadas (Rizzardi, 1990; Monteiro et al., 1991; Declerck et al., 1995). Essa dependência também varia entre diferentes cultivares de bananeira (Declerck et al., 1995), assim como varia a extensão da colonização das raízes pelos FMAs (Girija e Nair, 1988; Declerck et al., 1995). As altas taxas de colonização observadas em algumas cultivares de bananeira (Girija e Nair, 1988; Yano-Melo et al., 1996) sugerem alto grau de dependência de micorrizas dessa cultura.

Em mamoeiro, trabalhos como o de Silva e Siqueira (1991) chegaram a um valor de eficiência micorrízica para o mamoeiro ("Sunrise Solo") da ordem de 85% (planta micorrizada x (100) - planta não-micorrizada/planta micorrizada), maior do que os 30% para mangueira e os 20% para abacateiro. Em solo natural Jaizme-Vega & Azcon (1995) encontraram uma eficiência micorrízica de até 70% para o mamoeiro "Sunrise Solo". Aplicando doses de até 60 mg.dm<sup>-3</sup> de P em um

latossolo, Weber e Amorim (1994) verificaram resposta significativa da inoculação de *Glomus etunicatum*, sem ter ocorrido efeito deletério sobre a colonização que permaneceu elevada, na faixa de 90 a 100%. Mohandas et al (1995) verificaram que a associação de *G. mosseae* e *G. fasciculatum* em mamão promoveram a absorção de P de formas não disponíveis às plantas não micorrizadas. A percentagem de P derivado de fertilizantes foi menor em plantas micorrizadas.

### 3. METODOLOGIA GERAL

O trabalho constou de levantamento de campo e viveiro e experimentos em condições de casa-de-vegetação, realizados na *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas, BA e na Universidade Federal de Lavras, MG. A organização e sequência das ações efetuadas estão delineadas na Figura 1.

Inicialmente foram visitadas produtoras de mamão, localizadas no Norte do Espírito Santo, Oeste e Extremo Sul da Bahia, coletando-se amostras de solo e raízes para avaliação de densidade de esporos, colonização micorrízica e identificação das espécies de fungos MA presentes. As amostras de solo foram caracterizadas química e fisicamente. Onde havia viveiro de produção de mudas foram coletadas plantas para avaliação da taxa de colonização radicular.

De cada amostra de solo fez-se a multiplicação da população nativa por meio de cultivo com culturas armadilhas, usando sorgo e leguminosa (*Crotalaria juncea* e *Desmodium tortuosum*). Essas populações foram utilizadas para identificação das espécies e também para testes de eficiência simbiótica.

A avaliação da eficiência simbiótica foi feita inicialmente em solo fumigado, testando-se fungos micorrízicos componentes do banco de inóculo do Laboratório de Microbiologia da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, e as variedades de mamoeiro Sunrise Solo e Tainung nº 1. Os fungos selecionados nessa etapa foram utilizados como referência nos ensaios seguintes de avaliação de populações e isolados nativos, em solo fumigado, sendo empregados também no estudo de dependência micorrízica.

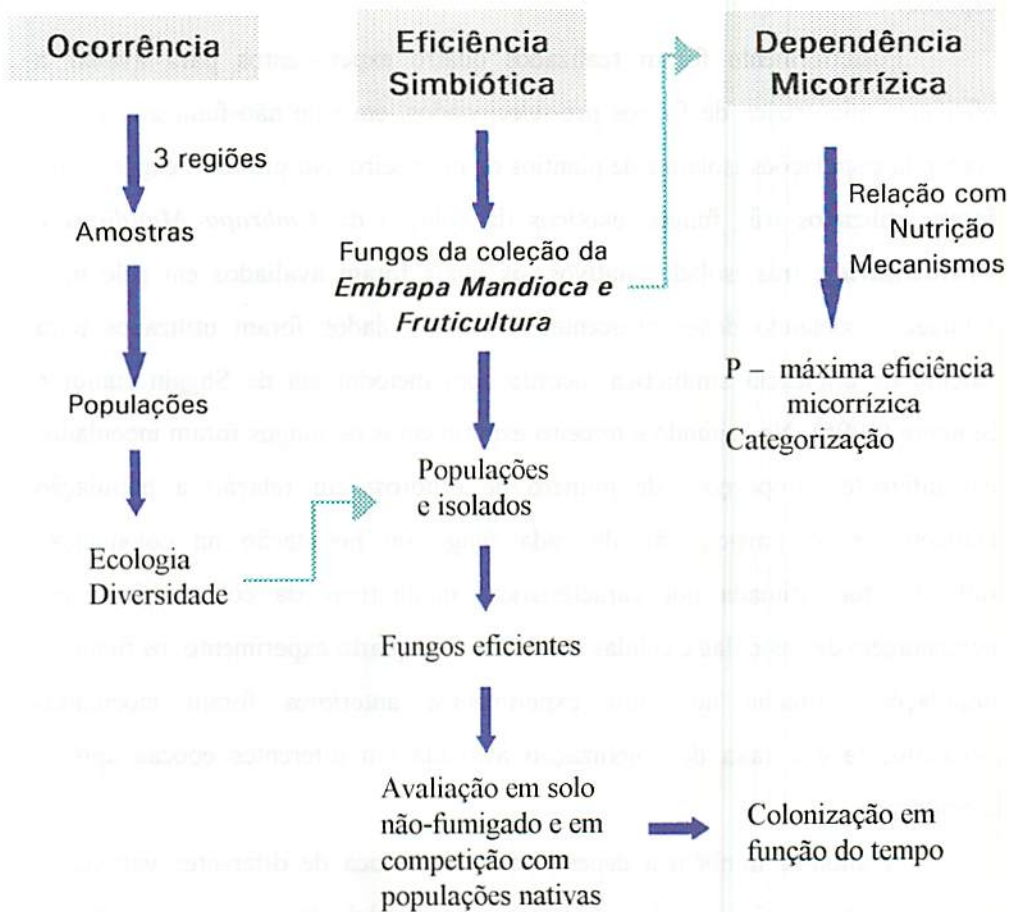


FIGURA 1. Ações realizadas a nível de campo e casa-de-vegetação.

As populações nativas foram avaliadas com as variedades Sunrise Solo e Tainung n° 1., em duas doses de P (20 e 140 mg.dm<sup>-3</sup>), usando-se o critério de procedência de cada população. Em seguida foram testados os isolados nativos dominantes na populações mais eficientes do estudo anterior. Foram empregados

dois valores de pH do solo, 5,3 e 6,2, e a inoculação realizada na forma de esporos.

Posteriormente foram realizados quatro experimentos para avaliar a eficiência micorrízica de fungos pré-selecionados, em solo não-fumigado e solo contendo populações isoladas de plantios de mamoeiro. No primeiro experimento foram utilizados três fungos exóticos da coleção da *Embrapa Mandioca e Fruticultura* e três isolados nativos, os quais foram avaliados em solo não-fumigado, contendo doses crescentes de P. Os dados foram utilizados para cálculo da eficiência simbiótica, acordo com metodologia de Saggin Júnior e Siqueira (1995). No segundo e terceiro experimentos os fungos foram inoculados em diferentes proporções de número de esporos, em relação à população competidora. A participação de cada fungo ou população na colonização radicular foi estimada por características qualitativas da colonização como percentagem de vesículas e células auxiliares. No quarto experimento, os fungos e populações testadas nos dois experimentos anteriores foram inoculados isoladamente e a taxa de colonização avaliada em diferentes épocas após a inoculação.

Avaliou-se também a dependência micorrízica de diferentes variedades comerciais de mamão, usando-se solo fumigado e adubado com doses crescentes de fósforo, onde as plantas foram inoculadas com fungos pré-selecionados. Com os dados de produção de parte aérea foram feitos os cálculos de eficiência simbiótica, em cada variedade, estimando-se os parâmetros de dependência micorrízica de acordo com Janos (1988) e Habte e Manjunath (1991).

As análises estatísticas de todos os dados foram feitas com auxílio do programa SAEG (Saeg, 1993).



#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The role of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, 33(3):389-408, 1982.
- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: Powell, C.L. ; Bagyaraf, D.J. (eds). **VA Mycorrhiza**, CRC-Press, Inc. Boca Raton, Florida., 1984, pp. 114-130
- ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D; de BOER, G. The effect of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. **The New Phytologist**, Oxford, 97(3), 437-446. 1984
- AMBIKA, P.K; DAS, P.K.; KATIYAR, R.S.; CHOUDHURY, P.C. The influence of vesicular arbuscular mycorrhizal association on growth, yield and nutrient uptake in some mulberry genotypes (*Morus* spp.). **Indian Journal of Sericulture**, 33(2):166-169, 1994.
- AMIJEE, F.; STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B. The development of endomycorrhizal root systems: effects of soil phosphorus and fungal colonization on the concentration of soluble carbohydrates in roots. **The New Phytologist**, Oxford, 123(2):297-306, 1993.
- AN, Z. Q.; SHEN, T.; WANG, H. G. Mycorrhizal fungi in relation to growth and mineral nutrition of apple seedlings. **Scientia Horticulturae**, 54(2): 275-285, 1993
- ANTUNES, V.; CARDOSO, E.J.B.N. O fósforo e a micorriza vesículo arbuscular no crescimento de porta-enxertos de citros cultivados em solo natural **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14(3): 277-281, 1990.
- AZCON, R.; OCCAMPO, J. A. (1981). Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. **The New Phytologist**, Oxford, 87(4): 677-685.
- AZEVEDO, I.C.; SILVEIRA, A.P.D. Efeito da adubação fosfática e de fungos micorrízicos arbusculares na produção de muda de mamoeiro. **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, XIII, vol. 2, Salvador, 1994. **Resumos ... Salvador, SBF**, 1994. p. 685-686
- AZIZ, T.; HABTE, M. Determining vesicular-arbuscular mycorrhizal effectiveness by monitoring P status of leaf disks. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, 33(8): 1097-1101, 1987.

- AULER, P.A.M. **Desenvolvimento inicial do mamoeiro (*Carica papaya* L.) relacionado à disponibilidade de fósforo no solo e à colonização pelo fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus macrocarpum***. UNESP, 1995, 94p (Tese Mestrado)
- BAGHEL, P.P.S.; BHATTI, D.S. Endomycorrhizal fungus (*Glomus mosseae*) and mycophagous nematode (*Aphelenchus avenae*) on some citrus root stocks. **Journal of Horticultural Science, Haryana**, 19(2): 273-279, 1990
- BAGYARAJ, D.J.; VARMA, A. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and plants, and their importance in sustainable agriculture in arid and semi-arid tropics. In: **Advances in Microbial Ecology**, Plenum Press, London, 1995
- BALAKRISHNA, R.; BAGYARAJ, D. J.; REDDY, B. Selection of efficient vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for inoculating the mango rootstock cultivar 'Nekkare'. **Scientia Horticulturae**, 1994, 59(1):69-73.
- BALAKRISHNA, R.; D.J. BARARAJ; MALLESHA, B.C.; REDDY, B. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for papaya. **Biological Agriculture and Horticulture**, 13(1):1-6, 1996.
- BAON, J.B.; SMITH, S.E. ; ALSTON, A.M. Phosphorus allocation in P-efficient and inefficient barley cultivars as affected by mycorrhizal infection. **Plant and Soil, The Hague**, 155/156:277-280, 1993a
- BAON, J.B.; SMITH, S.E. ; ALSTON, A.M. Mycorrhizal dependency of barley cultivars differing in P efficiency. **Plant and Soil, The Hague**, 157(1):97-106, 1993b
- BAREA, J.M.; AZCON-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. **Advances in Agronomy**, 36(1):1-54, 1983
- BAVARESCO, L.; FORGHER, C. Lime-induced chlorosis of grapevine as affected by rootstock and root infection with arbuscular mycorrhiza and *Pseudomonas fluorescens*. **Vitis**, 35(1):119-123, 1996.
- BAYLIS, G.T.S. Root hairs and phycomycetous mycorrhizas in phosphorus-deficient soil. **Plant and Soil, The Hague**, 33: 713-716, 1970.
- BI, K.C.; KUO, S.C. VA mycorrhizae of citrus seedlings inoculated with *Glomus epigaeum* and its growth effects. **Agriculture Ecosystems and Environment, Amsterdam**, 29(1): 35-38, 1990

- BOUHIREL, L.; FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Production experimentale d'endomycorhizes a vesicules et arbuscules sur le bigaradier (*Citrus aurantium*). **Fruits**, Paris, 39(3): 277-282, 1984.
- BRYLA, D.R.; KOIDE, R.T. Role of infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. II . Eight wild accessions and two cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. **Oecologia**, Berlin, 84(1): 82-92, 1990.
- BURCKHARDT, E.A.; HOWELER, R.H. Efecto de la inoculación de cepas de micorriza sobre el crecimiento de la yuca en varios suelos naturales en el invernadero. In: SIEVERDING, E., SAANCHEZ DE PRAGER, M., and BRAVO O., N. S (eds.) **Investigaciones sobre Micorrizas en Colombia**, Universidade Nacional de Colombia, Fac. Ciencias Agropecuarias Palmira. 1985, pp. 140-153.
- CALDEIRA, S.F.; CHAVES, G.M.; ZAMBOLIM, L. Associação de micorriza vesicular-arbuscular com café, limão-rosa e capim-gordura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, 18(2): 223-228, 1983.
- CARADUS, J.R. Genetic differences in the length of root hairs in white clover and their effect on phosphorus uptake, In: **Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium** (Ed. by A. Scaife), Commonwealth Agricultural Burea, 1982 pp. 85-88..
- CLIGNEZ, M. Mycorrhization and fruit arboriculture in temperate regions. **Fruit**, Paris, 61(4): 442: 33-36, 1993.
- CUENCA, G.; MENESES, E. Diversity patterns of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cacao in Venezuela. **Plant and Soil**, The Hague, 183(2):315-322, 1996.
- DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D.G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, The Hague, 176(2):183-187, 1995.
- DHARMARAJ, G.; IRULAPPAN, I. Response of avocado seedlings to *Glomus fasciculatus* a mycorrhizal fungus. **South Indian Horticulture**, 30(1):139-141, 1982.
- DIEDERJCHS, C.; MOAWAD, A.M. The potential of VA mycorrhizae for plant nutrition in the tropics. **Angewiew Botanic**, 67(1):91-96, 1993
- FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da região sul do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, 24(11):1489-1498, 1989.

- FERRER, R.L.; PRIKRYL, Z.; GRYNDLER, M.; VANCURA, V. Natural occurrence of vesicular-arbuscular fungi in grapevine and apples trees. In: VANCURA, V.; KUNC, F. (eds.) *Interrelationships between microorganisms and plant in soil*. Amsterdam, Elsevier Science Publishing, 1989. p.141-147.
- FERRERA-CERRATO, R. La endomicorriza (V-A) en la produccion agricola fruticola y forestal. *Revista Mexicana de Fitopatologia*, 5(1):150-158, 1987
- FITTER, A.H. Costs and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions. *Experientia*, 47(3):350-355, 1991.
- FORTUNA,-P.; CITERNESI,-A.S.; MORINI,-S.; VITAGLIANO,-C.; GIOVANNETTII,-M. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphate fertilization on shoot apical growth of micropropagated apple and plum rootstocks. *Tree Physiology*, Victoria, 16(5):757-763, 1996.
- GENDIAH, H.M. Stimulating root growth of grape hardwood cuttings by using endomycorrhizal fungi. *Annals of Agricultural Science*, 29(4):1713-1723, 1991.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: TORREY, J. G. AND CLARKSON, D.T. (eds). *The Development and Function of Roots*. 3rd Cabot Symp., Harvard Forest, April 1974, Academic Press, London. 1975, pp. 575-91.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of British Mycological Society*, Cambridge, 46(2):235-244, 1963.
- GIANINAZZI-PEARSON, V., GIANINAZZI, S.; TROUVELOT, A. Evaluation of the infectivity and effectiveness of indigenous vesicular-arbuscular fungal populations in some agricultural soils in Burgundy. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 63(8):1521-1524, 1985.
- GIOVANNETTI, M. ; MOSSE, B. An evaluation of techiques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *The New Phytologist*, Oxford, 84(3):489-500, 1980.
- GIRJA, V.K.; NAIR, S.K. Incidence of VAM in banana varieties. *Indian Journal of Microbiology*, 28(2):294-295, 1988.
- GIUDICE-V-LO; LO-GIUDICE-V. Use of an indigenous vesicular-arbuscular fungus on sour orange (*Citrus aurantium* L.). Impiego di un fungo vescicolare-arbuscolare indigeno su arancio amaro (*Citrus aurantium* L.). *Tecnica Agricola*, 45(2): 259-266, 1993

- GRAHAM, J. H. ; SYVERTSEN, J.P. Host determinants of mycorrhizal dependency of citrus rootstock seedings. **The New phytologist**, Oxford, 101(4): 667-676, 1985
- GRINDLER, M; LIPAVSKY, J. Effect of phosphate fertilization on the populations of arbuscular mycorrhizal fungi, **Rostlinna Vyroba**, 41(3):533-540, 1995
- GUILLEMIN, J.P.; GIANINAZZI, S.; TROUVELOT, A. Screening of arbuscular endomycorrhizal fungi for establishment of micropropagated pineapple plants. **Agronomie**, Paris, 12(10): 831-836, 1992.
- GUPTA, M; LAKHANPAL, T.N.; GUPTA, M. Identification of mycorrhizal types, mycorrhizo-sphere mycoflora and vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi in apple. **Annals of Biology Ludhiana**, Shimla, 9(1):87-93, 1993
- HABTE, M.; MANJUNATH, A. Soil solution phosphorus status and mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, 53(4):797-801, 1987
- HABTE. M.; MANJUNATH, A. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. **Mycorrhiza**, Heidelberg, 1(1):3-12, 1991
- HENKEL, T. W.; SMITH, W.K.; CHRISTENSEN, M. Infectivity and effectivity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from contiguous soils in south western Wyoming. USA. **The New Phytologist**, Oxford, 112(2):205-214, 1989
- HEPPER, C.M.; SEN, R.; MASKALL, C.S. Identification of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in roots of leek (*Allium porrum* L.) and maize (*Zea mays* L.) on the basis of enzyme mobility during polyacrylamide gel electrophoresis. **The New Phytologist**, Oxford, 102(3): 529-539, 1986.
- HEPPER, C.M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROSENDAHL, S.; SEN, R. Competition between three species of *Glomus* used as spatially separated introduced and indigenous mycorrhizal inocula for leek (*Allium porrum* L.). **The New Phytologist**, Oxford, 110(2):207-215, 1988.
- IYER, R.; MOOSA, H.; SASTRY, R.K. Vesicular-arbuscular mycorrhizal association in banana, **Current Science**, 57(3):153-155, 1988.
- 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. **The New Phytologist**., Oxford, 120(3):371-380, 1992

- JAIZME-VEGA, M.C.; AZCON, R. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, Heidelberg, 5(2): 213-217, 1995
- JAIZME-VEGA, M.C.; GALAN, S.V.; CABRERA, C. J. .Preliminary results of VAM effects on banana under field conditions. *Fruits*, Paris, 46(1):19-22, 1991
- JANOS, D.P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate? In: NG, F.S.P. *Trees and mycorrhiza*. Kuala Lumpur, Forest Research Institute, 1988. p.133-188
- JOHNSON, N.C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae?. *Ecological Applications*, 3(4):749-757, 1993
- JOHNSON, N.C.; COPELAND, P.J.; CROOKSTON, R.K.; PFLEGER, F.L. Mycorrhizae: possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. *Agronomy Journal*, Madison, 84(2): 387-390, 1992.
- JOHNSON, N. C.; ZAK, D.R.; TILMAN, D.; PFLEGER, F.L. Dynamics of vesicular-arbuscular mycorrhizae during old field succession. *Oecologia*, Berlin, 86(3):349-358, 1991
- KARAGIANNIDIS, N.; NIKOLAOU, N.; MATTHEOU, A. Influence of three VA-mycorrhiza species on the growth and nutrient uptake of three grapevine rootstocks and one table grape cultivar. *Vitis*, 34(1):85-89, 1995
- KHANIZADEH, S.; HAMEL, C.; KIANMEHR, H.; BUSZARD, D.; SMITH, D.L. Effect of three vesicular-arbuscular mycorrhizae species and phosphorus on reproductive and vegetative growth of three strawberry cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, Monticello, 18(6):1073-1079, 1995.
- KOIDE, J. R.; MOONEY, H.A. Revegetation of serpentine substrates: Response to phosphate application. *Environmental Management*, 11(3):563-567, 1987
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *The New Phytologist*, Oxford, 117(3):365-386, 1991
- KON, T. Effects of the inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of apple seedlings. *Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station*. 1995, No. 28, p. 53-73
- KORMANIK, P. P., BRYAN, W.C.; SCHULTZ, R.C. Procedure and equipment for staining large number of plant root samples for endomycorrhizal assay. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, 26(3):536-538, 1980

- KRISHNA, K. R., SHETTY, K.G., DART, P.J.; ANDREWS, D.J. Genotype dependent variation in mycorrhizal colonization and response to inoculation of pearl millet. *Plant and Soil*, The Hague, 86(1):113-125, 1985
- LACKIE, S.M.; BOWLEY, S.R.; PETERSON, R.L. Comparison of colonization among half-sib families of *Medicago sativa* L. by *Glomus versiforme* (Daniels and Trappe) Berch. *The New Phytologist.*, Oxford, 108(4):477-482, 1988
- LEWIS, D.H. Concepts in fungal nutrition and the origin of biotrophy. *Biological Reviews*, 48(2):261-278, 1973.
- LIN, M.L.; FOX, R.L. External and internal P requirements of mycorrhizal and non-mycorrhizal banana plants. *Journal of Plant Nutrition*, Monticello, 10(9):1341-1348, 1987
- LIU, R. J. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas and phosphorus on water status and growth of apple. *Journal of Plant Nutrition*, Monticello, 12(8):997-1017, 1989
- LOVATO, P.E.; SCHUEPP, H.; TROUVELOT, A.; GIANINAZZI, S. Application of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in orchard and ornamental plants. In: VARMA, A.; HOCK, B. (eds). *Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer Verlag, Berlin. 1995. p.443-468
- MANJUNATH A.; HABTE, A. Establishment of soil solution P levels for studies involving vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, New York, 21(7-8):557-566, 1990
- MANJUNATH, A.; MOHAN, R.; BAGYARAJ, D.J. Response of citrus to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation in unsterile soils. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 61(10):2729-2732, 1983.
- MATTHEOU, A.; KARAGIANNIDIS, N.; NIKOLAOU, N. Seasonal changes of leaf nutrient levels of grapevine over two dry years. *Agricoltura Mediterranea*, 124(2):187-196, 1994.
- MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. *The New Phytologist*, Oxford, 81(4):553-559, 1978
- MENGE, J.A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 61(5):1015-1024, 1983.
- MENGE, J.A.; RASKI, D.J.; LIDER, L.A.; JOHNSON, E.L.V.; JONES, N.O.; KISSLER, J.J.; HEMSTREET, C.L. Interactions between mycorrhizal fungi,

- soil fumigation and growth of grapes in California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 34(1):117-121, 1983.
- MENGEL, K. Responses of various crop species and cultivars to fertilizer application. *Plant and Soil*, The Hague, 72(3):305-319, 1983.
- MICHEL-ROSALES, A.; M.VALDÉS. Arbuscular mycorrhizal colonization of lime in different agroecosystems of the dry tropics. *Mycorrhiza*, Heidelberg, 6(1):105-109, 1996.
- MICHELINI, S.; NEMEC, S. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus inoculation of sour orange seedlings in Barbados. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 72(2):191-199, 1988
- MILLER, D.D.; BODMER, M.; SCHUEPP, H. Spread of endomycorrhizal colonization and effects on growth of apple seedlings. *The New Phytologist*, Oxford, 111(1) p. 51-59, 1989.
- MOHANDAS, S. Effect of VAM inoculation on plant growth, nutrient level and root phosphatase activity in papaya (*Carica papaya* cv. Coorg Honey Dew). *Fertilizer Research*, Dordrecht, 31(3):263-267, 1992
- MOHANDAS, S.; SHIVANANDA, R.N.; IYENGAR, B.R.V. Uptake of <sup>32</sup>P labelled superphosphate by endomycorrhizal papaya (*Carica papaya* cv. Coorg Honey Dew). *Journal of Nuclear Agriculture and Biology*, 24(2): 220-224, 1995.
- MONTEIRO, E.M.S; MATOS, R.M.B; PAULA, M.A. de; GUERRA, J.G.M. Micorrizas vesículo-arbusculares em bananeiras: Aclimação e transplante de mudas micropropagadas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4, Mendes 1991. *Programas e Resumos...* Mendes, EMBRAPA-CNPBS e UFRRJ 1991. p.163
- MOHR, H.D. Verteilung und mykorrhizienung von rebwarzeln bei unterschiedlicher bodenpflege. *Obstbau Weinbau*, 33(7-8):204-205, 1996.
- MORIN, F; FORTIN, J.A.; HAMEL, C; GRANGER, R.L.; SMITH, D.L. Apple rootstock response to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a high phosphorus soil. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3):578-583, 1994
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Annual Review of Phytopathology*, 11(1):171-96, 1973.
- NEMEC, S. Plant roots as mycorrhizal fungus inoculum for citrus grown in the field in Florida. *Advances in Horticultural Science*, 6(1): 93-96, 1992.





- NEMEC, S.; MENGE, J.A.; PLATT, R.G.; JOHNSON, E.L.V. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribution and ecology. *Mycologia*, New York, 73(1): 12-127, 1981
- NIKOLAOU, N.; KARAGIANNIDIS, N.; MATTHAIYOU, A. Mineral nutrition of vines in the presence of mycorrhizas in climatic conditions of drought. Alimentation minerale de la vigne en presence de mycorrhizes dans des conditions climatiques de secheresse. *Bulletin-de-l'OIV*, 67(6): 763-764, 1994
- OLIVEIRA, A.A.R Efeitos dos fungicidas metalaxil e fosethyl-Al sobre a micorrizacao e crescimento de limao 'Cravo'. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 17(1): 75-79, 1992
- OLIVEIRA, E.; AZEVEDO, I.C.; SILVEIRA, A.P.D.; MELETTI, L.M.M. Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares nativos e introduzidos na produção de muda de maracujazeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 24, Goiânia 1993. *Resumos...* Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1993. p.843-844.
- ONKARAYYA, H; MOHANDAS, S; MOHANDAS, S. Studies on dependency of citrus rootstocks to VAM inoculation in Alfisol soil. *Advances in Horticulture and Forestry*, Hesaraghatta, 3(1): 81-91, 1993
- PARON, M.E.; MORGADO, L.B. Ocorrência de fungos MAs em videira, mangueira e aceroleira. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. *Anais*, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 6 par. CD-ROM. Seção Trabalhos.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society*, Cambridge, 55(1):158-161, 1970.
- PLENCHETTE, C.; FURLAN, V.; FORTIN, J.A. Growth stimulation of apple trees in unsterilized soil under field conditions with VA vesicular-arbuscular mycorrhiza inoculation Includes effects of phosphorus fertilizers. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 59(11):2003-2008, 1981.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility: I. mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant and Soil*, The Hague, 70(2):199-209, 1983.

- POWELL, C.L. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, 68(1):3-9, 1982
- POWELL, C.L. Field inoculation with VA mycorrhizal fungi. In: POWELL, C.L.; BAGYARAJ, D.J. **VA Mycorrhiza**, p. 205-222. CRC Press: Boca Raton, Fl., 1984.
- POWELL, C. L.; CLARKE, G.E.; VERBERNE, N.J. Growth response of four onion cultivars to isolates of VA mycorrhizal fungi. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, 25(3):465-470, 1982.
- RAMIREZ, B. N.; MITCHELL, D. J. ; SCHENCK, N. C. Establishment and growth effects of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on papaya. **Mycologia**, New York, 67(10):1039-1041,1975.
- RAVOLANIRINA, F.; GIANINAZZI, S.; TROVELOT, A.; CARRE, M. Production of endomycorrhizal explants of micropropagated grapevine rootstocks. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, 29(2):323-327, 1990.
- REDDY, B.; BAGYARAJ, D.J.; MALLESHA, B.C. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for acid lime. **Indian Journal of Microbiology**, 36(1): 13-16, 1996.
- RIZZARDI, V. Effect of inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated *Musa acuminata* clone "Grand Nain". **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, Roma, 84(3):473-484, 1990
- RODRIGUEZ, G, A. M.; HURTADO, M.; SANCHEZ, P, M. Inoculacion de granadilla *Passiflora ligularis* L. con MVA. **Acta Agronomica**, 45(1):89-98, 1995
- ROHINI, I. ; MOOSA, H.; SASTRY, R.K. Vesicular-arbuscular mycorrhizal association in banana. **Current Science**, 57(2):153-155, 1988.
- SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**. Fundação Arthur Bernardes, Versão 5.0. 1993.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. A infestação do solo com fungos micorrízicos no crescimento pós-transplante de mudas de cafeeiro não micorrizadas. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 16(1):39-46, 1992.

- SAGGIN JÚNIOR, O.J ; SIQUEIRA, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 19(2):221-228, 1995.
- SARIC, M.R. Theoretical and practical approaches to the genetic specificity of mineral nutrition of plants. *Plant and Soil*, The Hague, 72(2):137-150, 1983.
- SCHENCK, N.C.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, E.. Changes in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems. In: VANCURA, V.; KUNC, E. (eds). *Interrelationships between microorganisms and plants in soil*. Elsevier, New York, 1989, p. 125-129..
- SCHUBERT, A.; CAMMARATA, S.; EYNARD, I. Growth and root colonization of grapevines inoculated with different mycorrhizal endophytes. *HortScience*, 23(2):302-303, 1988.
- SCHUBERT, A.; MAZZITELLI, M.; ARIUSSO, O.; EYNARD, I. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on micropropagated grapevines: Influence of endophyte strain, P fertilization and growth medium. *Vitis*, 29(1):5-13.
- SIEVERDING, E. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems*. Technical Cooperation, Schriftenreihe der GTZ, No, 224; ISBN 3-88085-462-9. 1991
- SILBERBUSH. M. ; BARNER, S.A. Sensitivity of simulated phosphorus uptake to parameters used by a mathematical model. *Plant and Soil*, The Hague, 74(1):93-100, 1983
- 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 do Solo*, Campinas, 15(3):283-288, 1991
- SILVA, A.; PATTERSON, K.; MITCHELL, J. Endomycorrhizae and growth of "sweetheart" strawberry seedlings. *HortScience*, 31(6): 951-954, 1996.
- SINGH, R.S.; SINGH, H; KANG, M.S.; SINGH, H. Effect of soil depth and seasonal change on spore population and mycorrhizal colonization of kinnow and rough lemon seedlings. *Indian Phytopathology*, 45(3):337-343, 1992
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. ; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 24(12):1499-1506, 1989.

- SIVAPRASAD, P.; SULOCHANA, K.K.; GEORGE, B.; SALAM, M.A. Growth and phosphorus uptake of cashew (*Anacardium occidentale* L.) as influenced by inoculation with VA mycorrhizae. *Cashew*, 6(1):16-18, 1992
- THINGSTRUP, I.; ROZYCKA, M.; JEFFRIES, P.; ROSENDAHL, S.; DOOD, J.C. Detection of the arbuscular mycorrhizal fungus *Scutellospora heterogama* within roots using polyclonal antisera, *Mycological Research*, Cambridge, 99(10):1225-1232, 1995
- THOMAS, R.S.; FRANSON, R.L.; BETHLENFALVAY, G.J. Separation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and root effects on soil aggregation. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 57(1):77-81, 1993
- THOMPSON, J.P. Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder or field crops and its expression in phosphorus deficiency of sunflower. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, 38(7):847-867, 1987.
- THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L. The effect of long-term applications of phosphorus fertilizer on populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, 43(9):1131-1142, 1992.
- TRAPPE, J.M.; FOGEL, R.D. Ecosystematic functions of mycorrhizae. In: Forest Service, U.S. Department of Agriculture. *The belowground ecosystem: A synthesis of plant-associated processes*. Range Science Department Science Series, No. 6, Colorado State University, Fort Collins, p. 205-214, 1977.
- TREEBY, M.T. The role of mycorrhizal fungi and non-mycorrhizal micro-organisms in iron nutrition of citrus. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 24(9):857-864, 1992.
- UMESH, K.C.; KRISHNAPPA, K.; BAGYARAJ, D.J. Interaction of burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne 1949 and VA mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. an Trappe in banana (*Musa acuminata* Colla.). *Indian Journal of Nematology*, 18(1): 6-11, 1989.
- VENTER, M.W.; THOMAS, H.J. Effect of mycorrhiza on the dry mass and mineral content of deciduous fruits. *Deciduous Fruit Grower*, 43(2):142-145, 1993
- VESTBERG, M. Arbuscular mycorrhizal inoculation of micropropagated strawberry and field observations in Finland. *Agronomie*, 12(10):865-867, 1992

- WALKER, C. Systematics and taxonomy of endomycorrhizal fungi (Glomales): a possible way forward. *Agronomie*, 12(10): 887-898, 1992.
- VARMA, A. Arbuscular mycorrhizal fungi: State of the art. *Critical Reviews in Biotechnology* (Special issue on Arbuscular Mycorrhizae), Boca Raton, 15(3/4):179-200, 1995a.
- VARMA, A. Ecophysiology and application of arbuscular mycorrhizal fungi in arid soil. In: *Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology*, VARMA, A.; HOCK, B. (eds). Springer-Verlag, Germany, 561-592. 1995b
- VOSE, P.B. Genetical aspects of mineral nutrition - Progress to date. In: GABLEMAN, H.W.; LOUGHMAN, B.C. (eds). *Genetic aspects of plant mineral nutrition*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht. 1987, pp. 3-13
- WASCHKIES, C.; SCHROPP, A.; MARSCHNER, H. Relations between grapevine replant disease and root colonization of grapevine (*Vitis* sp.) by fluorescent pseudomonads and endomycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, The Hague, 162(2):219-227, 1994.
- WEBER, O.; AMORIM, S.M.C. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mamoeiro "solo". *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 18(2):187-191, 1994
- WEBER, O.B.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citros nos estados da Bahia e Sergipe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 29(12):1905-1914, 1994.
- WEBER, O. B.; OLIVEIRA, A.A.R.; MAGALHAES, A.F. J. Adubação orgânica e inoculação com *Glomus etunicatum* em porta-enxertos de citros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 14(3):321-326, 1990
- XUE, B.Y.; LUO, X.S. Effect of VAM fungi on the growth of peach seedlings. *Journal of Fruit Science*, 9(1):106-109, 1992.
- YANO-MELO, A.M.; MAIA, L.C.; MORGADO, L.B. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. *Anais*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 6 par. CD-ROM. Seção Trabalhos.

## CAPÍTULO 2

### OCORRÊNCIA DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EM AGROSSISTEMAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

TRINDADE, Aldo Vilar. Ocorrência de micorrizas arbusculares em agrossistemas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Lavras, UFLA, 1998. Cap. 2. 26 p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)\*

#### RESUMO

A ocorrência da associação micorrízica arbuscular em mamoeiro é pouco explorada. Este trabalho objetivou o levantamento da associação micorrízica no mamoeiro em condições de campo e viveiro, buscando relações entre a ocorrência da associação e características edáficas e da cultura. Foi tomado um total de 67 amostras de solo rizosférico e raízes de lavouras distribuídas em três grandes regiões produtoras: Norte do Espírito Santo, Oeste e Extremo Sul da Bahia. O solo foi utilizado para contagem total de esporos e cultivo associado de gramínea e leguminosa visando à multiplicação de esporos para posterior identificação das espécies. As raízes foram utilizadas para avaliação da colonização micorrízica. De quatro viveiros de produção de mudas foram tomadas amostras de plantas para avaliação da colonização micorrízica radicular. Apesar de ser uma cultura de alto insumo, o mamoeiro apresentou taxas elevadas de colonização em condições de campo, mas com um grande intervalo de variação (6 - 83%), sendo relacionado com os teores de fósforo, pH e textura do solo; em mudas de viveiros no Extremo Sul da Bahia, a colonização esteve praticamente ausente; nos agrossistemas amostrados, *Glomus occultum* e *G. etunicatum* foram as espécies dominantes no Norte do Espírito Santo; no Oeste da Bahia houve predominância de *Gigaspora* sp., *Acaulospora scrobiculata* e *G. etunicatum*, enquanto que no Extremo Sul da Bahia, *G. etunicatum*, *A. scrobiculata*, *G. occultum*, *Gigaspora* sp., *Scutellospora pellucida* e *A. mellea* predominaram. O agrossistema do Oeste da Bahia apresenta os menores valores de colonização radicular, densidade de esporos e riqueza de espécies. Solos com pH mais baixo, altos teores de P e lavouras mais antigas, tenderam a reduzir a riqueza de espécies de fungos MA no solo.

---

\* Comitê de Orientação: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Orientador). Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA\*\*

## ABSTRACT

### OCURRENCE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAS IN PAPAYA PRODUCTION REGIONS \*

There is no information about parameters of occurrence of the arbuscular mycorrhizal fungi in papaya. This survey was designed to obtain knowledge about the mycorrhizal association in papaya in fields and nursery conditions. Sixty seven samples of soil and roots were obtained from commercial plantings from three regions: North of Espirito Santo, West and South of Bahia. Total number of spores were obtained, using soil also to trap culture with grass and leguminous for multiplication of native spores for identification purpose. Roots were used for determination of colonization percentual. This was also done in root samples collected from four commercial nurseries. In the field, papaya plants showed a great interval of percentual colonization, which was most influenced by available P, positively correlating with gross sand and pH but negatively with clay contents of soil, varying according to the region sampled. In the nurseries, plants were almost free of colonization. *Glomus etunicatum*, *G. occultum*, *Acaulospora scrobiculata* e *Gigaspora* sp were the dominant species detected, varying according to the region where *G. occultum* and *G. etunicatum* were predominant at North of Espirito Santo; *Gigaspora* sp, *A. scrobiculata* and *G. etunicatum* predominated at West of Bahia, while *G. etunicatum*, *A. scrobiculata*, *G. occultum*, *Gigaspora* sp., *Scutellospora pellucida* and *A. mellea* were dominant at South of Bahia. Plants from West of Bahia showed the lowest values of colonization, spore density and species richness. In soils with low pH, high P and in areas where papaya has been cropped for long time mycorrhiza occurrence was very low.

---

\* Guidance Committee: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Major Professor). Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA

## 1. INTRODUÇÃO

As micorrizas arbusculares são associações de ocorrência generalizada nos agro-ecossistemas, formadas por fungos da ordem Glomales dos zigomicetos e a maioria das plantas. Estes fungos apresentam baixa diversidade, sendo, até o momento, conhecidas 158 espécies, distribuídas em seis gêneros (Invam, 1998). A ausência de especificidade na associação contribui muito para isto, pois um mesmo fungo pode colonizar qualquer planta micotrófica. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) surgiram provavelmente há pelo menos 400 milhões de anos (Remy et al., 1994), tendo coevoluido com os vegetais, o que propiciou a sua distribuição em todo o globo. Entretanto, a ocorrência de determinada espécie de fungo ou comunidade é influenciada pelas características edafoclimáticas e pela própria vegetação. As espécies de fungo diferem quanto a seus requerimentos ambientais. *Glomus mosseae* ou *G. fasciculatum* ocorrem em florestas úmidas como também em pastagens do semi-árido (Allen et al., 1995). Outras espécies e gêneros como *Scutellospora* e *Acaulospora* são mais restritivos, apresentando maior diversidade nos trópicos; o gênero *Gigaspora* não tem sido relatado na Europa (Walker, 1992) enquanto a espécie *Glomus australis* foi encontrada apenas na Austrália (Schenck e Perez, 1990). Por outro lado, várias espécies de fungos MA demonstram grande versatilidade na sua adaptabilidade ambiental (McGee, 1989; Sanders, 1993).

Tratando-se de agrossistemas específicos com condições edafoclimáticas semelhantes, é possível traçar um padrão de ocorrência dos FMAs para uma mesma cultura (Johnson et al., 1991) e dentro de plantios com diferentes idades (Nemec et al., 1981). A riqueza e diversidade das espécies fúngicas também são influenciadas pelas alterações químicas do solo tais como teor de P-disponível



(Cuenca e Meneses, 1996) e pH (Siqueira et al., 1989; Schenck et al., 1989). Essas diferenças podem influenciar na eficiência simbiótica desses fungos, como foi observado por JOHNSON et al. (1992) em cultivo contínuo de milho e soja.

Fruteiras como a banana (Yano-Melo et al., 1996) e uva (Nikolaou et al., 1994) têm apresentado taxas de colonização a campo acima de 50%. Essa taxa pode variar entre espécies, como no caso verificado para diferentes porta-enxertos de citros (Baghel e Bhatti, 1990) e mesmo entre variedades, como na bananeira, *Musa* spp. (Girija e Nair, 1988), revelando o efeito da parte aérea e da condição genética na associação micorrízica. Outras variáveis do esquema de produção, como o sistema de cultivo, podem promover profundas alterações na composição qualitativa da população micorrízica, permitindo também a expressão de um maior número de espécies de fungos MA, como detectado para a bananeira (Iyer et al., 1988; Rohini et al., 1988). Na Grécia, levantamento das espécies presentes em pomares de uva revelou a dominância de *G. mosseae*, *G. fasciculatum*, *G. macrocarpum* e *A. leavis* (Nikolaou et al., 1994). No Brasil, em bananeiras da região do submédio Rio São Francisco, foi verificada a maior ocorrência de *G. mosseae* e *A. scrobiculata* (Yano-Melo et al., 1996), sendo esta a espécie dominante em bananeiras de plantios localizados em Minas Gerais (Siqueira et al., 1989).

Devido à complexidade dos sistemas micorrízicos, há necessidade de se conhecer melhor a ecologia das micorrizas em ambientes onde se pretende praticar a inoculação ou manipular as populações nativas dos fungos (Siqueira et al., 1989), já que a introdução de fungos MA na agricultura está condicionada a duas estratégias básicas. A primeira utiliza-se da seleção de fungos introduzidos de outras regiões ou países, enquanto a segunda procura selecionar espécies isoladas do próprio agrossistema onde se pretende explorar a micorrização (Abbott e Robson, 1984). Desse modo, o conhecimento sobre a ocorrência e

diversidade da população micorrizica e suas relações ecológicas torna-se de fundamental importância para os programas de inoculação em larga escala (Fernandes e Siqueira, 1989).

O mamoeiro apresenta, em condições controladas, elevada capacidade de formar micorrizas arbusculares e de responder à presença do fungo (Silva e Siqueira, 1991; Mohandas, 1992; Weber e Amorim, 1994; Auler, 1995). As principais áreas produtoras se encontram no Espírito Santo e na Bahia, com uma extensão de 26.667 ha (IBGE, 1998). Conhecer as condições biológicas dos agrossistemas é essencial quando se pretende manejar de modo mais eficiente os recursos de produção.

Este trabalho objetivou a avaliação da ocorrência de micorrizas arbusculares em viveiros e plantios comerciais de mamoeiro em três regiões de grande produção (Norte do Espírito Santo, Oeste e Extremo Sul da Bahia).

## 2. METODOLOGIA

Sessenta e sete amostras de solo rizosférico foram coletadas em lavouras de mamoeiros, no período de fevereiro a maio de 1996, localizadas nas regiões do Norte do Espírito Santo (municípios de Linhares e São Mateus), Oeste da Bahia (municípios de Barreiras e Mimoso do Oeste) e Extremo Sul da Bahia (municípios de Porto Seguro, Eunápolis e Itabela). As temperaturas médias e tipos de solos predominantes se encontram na Figura 1 e Tabela 1, respectivamente. As lavouras amostradas diferiram quanto à variedade plantada (71% das amostras foram provenientes do grupo Solo - Sunrise Solo, Improved Sunrise Solo "Line" 72/12 Baixinho de Santa Amália, e 29% são pertencentes do grupo Formosa - híbridos Tainung nºs 1 e 2), idade (Tabela 2) e relevo do terreno. 98,5% das lavouras apresentavam irrigação a qual era feita

principalmente por microaspersão mas também por aspersão convencional e pivô central. Em todas as lavouras aplicava-se combate químico de pragas e doenças, adubação freqüente (em alguns casos, mensal) inclusive de P e adubações foliares de micronutrientes.

De cada lavoura, delineada de acordo com a idade do plantio, variedade e relevo, tomou-se uma amostra composta formada por 7-10 amostras simples de solo e raízes, sendo cada amostra simples formada por duas subamostras coletadas em posições opostas, sob a copa de cada planta, num raio de 30-50 cm do caule. Das amostras de solo efetuaram-se a extração e contagem do número total de esporos, análise textural e de fertilidade do solo (pH em água; P extraído com Mehlich-1 e matéria orgânica, determinada pelo método Walkley e Black (Jackson, 1958), cujos dados se encontram na Tabela 2. As raízes foram separadas e submetidas à despigmentação em KOH 10% e posterior coloração com azul de tripan, 0,05% (Phillips e Hayman, 1970), determinando-se o percentual de colonização radicular pelo método da contagem em placa reticulada (Ambler e Young, 1977).

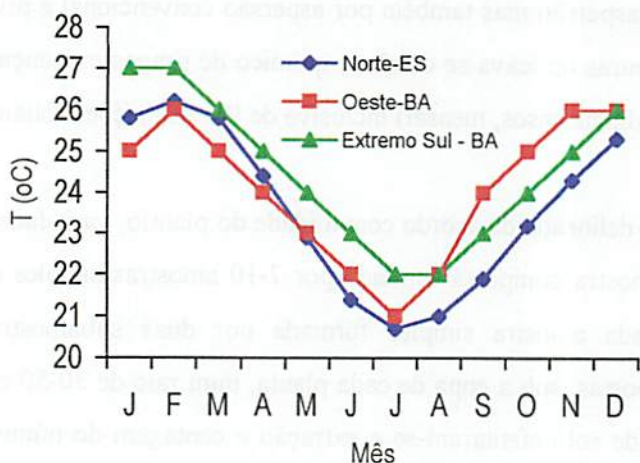


FIGURA 1. Dados médios mensais de temperatura nas regiões amostradas.

TABELA 1. Solos predominantes nas regiões amostradas.

Região	Solos
Norte do Espírito Santo	latossolo amarelo e podzólico amarelo
Oeste da Bahia	latossolo vermelho amarelo e areia quartzosa
Extremo Sul da Bahia	latossolo amarelo e areia quartzosa

TABELA 2. Idade de plantio, características químicas e físicas dos solos em lavouras de mamoeiro amostradas nas regiões Norte do Espírito Santo, Oeste e Extremo Sul da Bahia.

	Idade (anos)	P (mg.dm <sup>-3</sup> )	pH	Matéria Orgânica (g.kg <sup>-1</sup> )	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Areia total (%)	Silte (%)	Argila (%)
<b>Norte do Espírito Santo</b>									
Parâmetro									
Intervalo	0,35-2,5	7-352	4,7-6,1	16-31	36-73	15-23	52-88	1-18	9-35
Mediana	0,88	72	5,4	24	53	17	74	7	20
Moda	1,2	42	4,9	16	41	16	59	6	17
Média	0,98	89,7	5,5	24	52,5	18,6	71	7,7	21,1
<b>Oeste da Bahia</b>									
Intervalo	0,58-3	18-286	5,3-7,4	8-29	15-29	36-66	54-81	6-20	8-35
Mediana	1,2	90	6,5	10	16	57	76	11	13
Moda	0,7	110	7,1	9,6	16	59	81	7	12
Média	1,44	90	6,4	14,3	18,2	54,9	73,1	10,8	16
<b>Extremo Sul da Bahia</b>									
Intervalo	0,58-2,5	3,3-352	4,5-6,5	33-44	46-77	13-28	66-93	4-16	2-23
Mediana	1	56	5,6	36	60	21	81	9	11
Moda	0,7	96	5,6	35	57	19	82	7	11
Média	1,24	83,6	5,5	37	60	20,7	80,7	9,1	10

De cada amostra de solo foram tomadas duas subamostras para multiplicação dos esporos presentes, em sistema de cultivo armadilha para posterior identificação. Para isto, utilizaram-se potes plásticos com capacidade para 1 dm<sup>3</sup>. No seu preenchimento colocou-se inicialmente uma camada de areia (1/5 da capacidade do recipiente) e em seguida preencheram-se 3/5 da capacidade do recipiente com uma mistura de solo da amostra:areia:vermiculita na proporção 2:1:1; uma segunda camada de areia (1/5) completou o volume do vaso. Neste substrato plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) e crotalaria (*Crotalaria juncea*) foram cultivadas num mesmo vaso, por 5 meses. Após esse período a parte aérea foi descartada, o solo destorroado, as raízes cortadas e o conjunto seco à sombra

sendo armazenado em geladeira (4-10° C) para posterior extração dos esporos. Cinquenta e oito amostras de solo produziram número suficiente de esporos para avaliação, os quais foram montados em lâminas permanentes contendo PVLG e Reagente de Melzer. A identificação foi feita em microscópio ótico utilizando-se objetivas com aumento de 100 vezes com auxílio da chave de classificação de Schenck e Pérez (1987) e consultas às páginas eletrônicas da International Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (Invam, 1997).

Em cada região e no conjunto destas, obteve-se o número total de espécies identificadas, calculando-se a riqueza (R) e o índice de repetição (Ir), que é uma estimativa do número mínimo de subamostras para que seja expressada toda a diversidade de cada grupo de amostras, em que:

$R =$  número médio de espécies por amostra e

$Ir = R /$  número de espécies identificadas

Aos dados obtidos aplicou-se análise estatística, com parâmetros de distribuição para os dados de idade das plantas, características físicas e químicas dos solos, colonização e densidade de esporos, utilizando-se o programa SAEG (Saeg, 1993). Realizaram-se análises de correlação simples de Pearson, pelo teste T (GL = n-2) das variáveis químicas e físicas do solo com dados de densidade de esporos e colonização radicular, .

Quatro viveiros de mudas foram amostrados, sendo todos da região do Extremo Sul da Bahia. As mudas apresentavam idade de 45 a 150 dias. O substrato para a formação das mudas apresentava em torno de 30% de esterco, acrescido de P e K, contido em sacos plásticos de 0,5 a 1,0 dm<sup>3</sup>. De cada viveiro foram tomadas 10 plantas, cujo sistema radicular foi amostrado para avaliação da colonização micorrizica (Ambler e Young, 1977).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Colonização micorrízica e densidade de esporos

A colonização micorrízica e a densidade de esporos apresentaram um grande intervalo de valores (Tabela 3), principalmente nas regiões do Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia. Nos plantios do Oeste da Bahia ocorreram os menores valores de taxa de colonização e densidade de esporos. As correlações entre estes parâmetros e características físicas e químicas do solo encontram-se na Tabela 4. Os teores de P correlacionaram negativamente com a colonização nas amostras das regiões Norte do Espírito Santo, e Oeste da Bahia. Nas amostras do Extremo Sul da Bahia esta correlação só existiu quando se consideraram apenas plantios com mais de 1 ano de idade ( $r = - 0,49^{**}$ ). Por outro lado, nessa região a correlação da colonização radicular com pH do solo foi positiva e significativa.

Ao contrário da colonização, a densidade de esporos não apresentou correlação significativa com o teor de P no solo, mas demonstrou ser negativamente influenciada pelo pH do solo e positivamente pelos teores de matéria orgânica.

Dentre as características físicas dos solos amostrados, verifica-se que a taxa de colonização e densidade de esporos correlacionou-se negativamente com as partículas mais finas (argila) e positivamente com areia grossa. No aspecto geral a colonização correlacionou-se negativamente com os teores de argila. Por outro lado houve correlação positiva com teores de areia total na região do Norte do Espírito Santo mas negativa no Oeste e Extremo Sul da Bahia.

A avaliação das raízes das plantas de viveiros revelou valores de

colonização no intervalo de 0% a 7%, com grande número de amostras sem a presença de colonização (44,4%).

TABELA 3. Colonização e densidade de esporos em lavouras de mamoeiro das Regiões Norte do Espírito Santo, Oeste e Extremo Sul da Bahia.

Parâmetro	Norte do Espírito Santo (N° = 15)		Oeste da Bahia (N° = 18)		Extremo Sul da Bahia (N° = 34)	
	Colonização (%)	Esporos (n°/30g)	Colonização (%)	Esporos (n°/30g)	Colonização (%)	Esporos (n°/30g)
Intervalo	6-53	65-444	10-40	34-108	1-83	43-325
Mediana	34	183	20	63	37	158
Média	33	212	23	67	38	168

TABELA 4. Matriz de correlação entre valores de taxa de colonização, densidade de esporos e características edáficas.<sup>1/ 2/</sup>

	P	pH	Matéria orgânica					
			Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	
Norte do Espírito Santo (15)								
Colonização	-0,74 **	0,02	-0,11	0,60 **	-0,07	0,56 *	-0,33	-0,60 **
Densidade de esporos	0,04	-0,06	0,11	-0,25	-0,23	-0,30	0,27	0,28
Oeste da Bahia (18)								
Colonização	-0,45 *	0,00	0,21	0,06	-0,40	-0,36	0,43 *	0,24
Densidade de esporos	-0,37	-0,10	0,54 *	0,05	-0,57 **	-0,52 *	0,16	0,60 **
Extremo Sul da Bahia (34)								
Colonização	0,00	0,46 **	-0,09	0,05	0,12	0,12	-0,09	-0,11
Densidade de esporos	-0,14	-0,22	-0,25	0,34 *	-0,22	0,27	-0,25	-0,23
Todas as regiões (67)								
Colonização	-0,18	0,00	0,32 **	0,40 **	-0,35 **	0,22 *	-0,10	-0,22 *
Densidade de esporos	-0,07	-0,44 **	0,34 **	0,50 **	-0,60 **	-0,02	-0,16	0,09

<sup>1/</sup> Os valores em parênteses representam o número de amostras de cada região

<sup>2/</sup> \* e \*\* representam coeficientes de correlação de Pearson significativos a 5% e 1%.



### 3.2. Ocorrência de espécies

Foi identificado um total de 24 espécies de FMA nas três regiões amostradas, sendo oito pertencentes ao gênero *Glomus*, nove de *Acaulospora*, uma de *Gigaspora*, quatro de *Scutellospora* e duas de *Entrophospora*. Considerando-se um valor de taxa de ocorrência maior ou igual a 50% da taxa máxima obtida como índice indicador das espécies predominantes, verifica-se que as espécies *G. etunicatum*, *A. scrobiculata*, *G. occultum* e *Gigaspora* sp. foram as espécies dominantes no conjunto das regiões produtoras de mamão avaliadas (Figura 2).

Na Região do Norte do Espírito Santo houve maior presença de espécies de *Glomus*, sendo *G. etunicatum* e *G. occultum* as de maior ocorrência, enquanto *G. intraradices* e *G. brazilianum*, embora de baixa ocorrência, foram detectadas apenas nessa região (Tabela 5). Por outro lado, a ocorrência de *Gigaspora* foi pequena, bem como das espécies de *Scutellospora*. *A. scrobiculata* foi a espécie de *Acaulospora* com maior índice de ocorrência na região. Verifica-se uma situação diferente no Oeste da Bahia, onde *Gigaspora* sp. foi a espécie de maior ocorrência, seguida de *A. scrobiculata* e *G. etunicatum*. No Extremo Sul da Bahia, *A. scrobiculata* apresentou maior índice de ocorrência, seguida de *G. etunicatum*. Também foi elevada a ocorrência de *S. pellucida*, *Gigaspora* sp., *G. occultum* e *A. mellea*, enquanto que *S. persica*, *A. dilatata* e *A. longula* ocorreram apenas nessa região.

As espécies *G. etunicatum*, *A. scrobiculata*, *G. occultum*, *Gigaspora* sp., *S. pellucida*, *A. mellea*, *G. macrocarpum*, *A. delicata*, *E. colombiana* e *Acaulospora* sp foram detectadas em todas as regiões amostradas, sendo, portanto, generalistas. Destas, *G. etunicatum* mostrou-se como uma das espécies dominantes em todas as regiões amostradas.

Apesar da diferença no número de amostras no Extremo Sul da Bahia (Tabela 6), o número total de espécies identificadas praticamente não variou entre as regiões (17 - 18). A riqueza de espécies foi maior no Norte do Espírito Santo e menor no Oeste da Bahia, onde ocorreu maior frequência de amostras com teor de fósforo acima de  $100 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Isto pode explicar a menor riqueza. Entretanto, um mesmo número de espécies identificadas indica que ocorre uma menor repetitividade de espécies entre as amostras, na região do Oeste da Bahia. Plantios mais antigos acima de 2 anos, apresentaram menor riqueza de espécies (Tabela 7), o que ficou refletido no aumento na frequência de amostras com menor número de espécies e uma redução concomitante na frequência de amostras com maior número de espécies. Este fato parece ser um efeito do próprio sistema de cultivo, já que a frequência de colonização e densidade de esporos não apresentaram a mesma tendência.

A distribuição de espécies de fungos por classe de pH do solo indica que *A. mellea* e *A. morrowiae*, espécies muito semelhantes entre si, além de *Entrophospora colombiana*, apresentaram maior frequência em solos com pH inferior a 5,5 (Tabela 8). *A. scrobiculata* apresentou maior frequência em solos com pH acima de 5,5. Assim como em *Acaulospora*, o gênero *Glomus* também apresentou diferenças interespecíficas quanto à frequência em função do pH do solo. *G. etunicatum* e *G. occultum* apresentaram maior frequência em solos com pH acima de 5,5; o contrário foi verificado para as espécies *G. intraradices* e *G. macrocarpum*. A distribuição de *Gigaspora* sp. mostrou-se bastante relacionada com o pH do solo, haja vista que a taxa de ocorrência em solos com pH acima de 5,5 foi mais de três vezes superior àquela verificada nas amostras de pH inferior ou igual. No aspecto geral, solos com pH acima de 5,5 apresentaram maior riqueza de espécies. A Tabela 8 revelou também que amostras de solo com teores mais altos de fósforo apresentaram menor riqueza de espécies de fungos MA.

Este efeito do fósforo foi seletivo, já que reduziu ou eliminou a frequência de algumas espécies como *A. delicata*, *A. longula*, *A. mellea*, *A. morrowiae*, *A. scrobiculata*, *G. occultum* e espécies de *Scutellospora*.

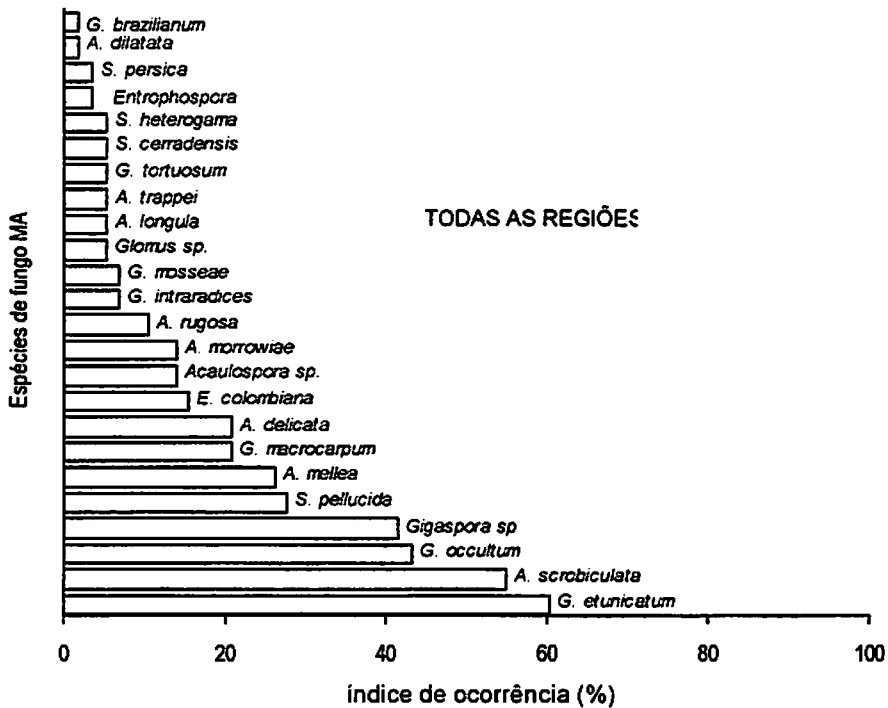


FIGURA 2. Espécies de fungos MA identificadas em amostras de solos cultivados com mamoeiro e seus respectivos índices de ocorrência no conjunto das três regiões amostradas. Baseado em esporos recuperados em culturas-armadilha com sorgo.

TABELA 5. Espécies de fungos MA identificadas em amostras de solos cultivados com mamoeiro e seus respectivos índices de ocorrência por região amostrada. Baseado em esporos recuperados em culturas-armadilha com sorgo.

	Norte do Espírito Santo	Oeste da Bahia	Extremo Sul da Bahia
	ÍNDICE DE OCORRÊNCIA (%)		
<i>A. delicata</i>	26,7	12,5	22,2
<i>A. dilatata</i>	0,0	0,0	3,7
<i>A. longula</i>	0,0	0,0	11,1
<i>A. mellea</i>	33,3	6,3	33,3
<i>A. morrowiae</i>	33,3	0,0	11,1
<i>A. rugosa</i>	26,7	12,5	0,0
<i>A. scrobiculata</i>	18,9	50,0	66,7
<i>A. trappei</i>	0,0	6,3	7,4
<i>Acaulospora sp.</i>	6,7	25,0	11,1
<i>E. colombiana</i>	6,7	12,5	22,2
<i>Entrophospora sp.</i>	0,0	6,3	7,4
<i>G. brazilianum</i>	6,7	0,0	0,0
<i>G. etunicatum</i>	73,3	43,8	63,0
<i>G. intraradices</i>	26,7	0,0	0,0
<i>G. macrocarpum</i>	33,3	25,0	11,1
<i>G. mosseae</i>	13,3	12,5	0,0
<i>G. occultum</i>	73,3	25,0	37,0
<i>G. tortuosum</i>	13,3	6,3	0,0
<i>Glomus sp.</i>	13,3	6,3	0,0
<i>Gigaspora sp</i>	13,3	68,8	40,7
<i>S. cerradensis</i>	0,0	6,3	7,4
<i>S. heterogama</i>	6,7	12,5	0,0
<i>S. pellucida</i>	6,7	12,5	48,1
<i>S. persica</i>	0,0	0,0	7,4

TABELA 6. Número de amostras, número total de espécies, riqueza (número médio de espécies por amostra) e índice de repetição, para cada região amostrada

	Norte Espírito Santo	Oeste Bahia	Extremo Sul Bahia	TOTAL
Número de amostras	15	16	27	58
Número de espécies (a)	18	18	17	24
Riqueza (b)	5,07	3,33	4,44	4,29
Índice de repetição (b/a)	0,28	0,19	0,26	0,18

TABELA 7. Frequência de número de espécies, colonização radicular e esporulação e valores de riqueza e número total de espécies em função da idade das plantas amostradas.

	$\leq 1$ ano (n°=33)	1-2 anos (n°=16)	$\geq 2$ anos (n°=9)
Riqueza	4,67	4,19	3,89
<b>CLASSES DE VALORES</b>	<b>FREQUÊNCIA (%)</b>		
<b>N° de espécies por amostra</b>			
1 - 3	24,2	31,3	44,5
4 - 6	60,6	56,2	55,5
7 - 9	15,2	12,5	0
<b>Colonização radicular</b>			
$\leq 10$ %	11,1	14,3	22,2
10 - 30 %	33,3	47,6	33,4
$> 30$ %	55,6	38,1	44,5
<b>Densidade de esporos</b>			
$\leq 100$ esporos/30g	25,0	38,1	33,3
100 - 200 esporos	52,8	42,9	33,3
$> 200$ esporos	22,2	19,0	33,3

TABELA 8. Frequência, número e riqueza de espécies de FMA em função de diferentes classes de valores de pH e fósforo disponível no solo, no conjunto das três regiões amostradas.

	Classes de valores				
	pH		P no solo (mg.dm <sup>-3</sup> )		
	≤ 5,5 (n°=23)	> 5,5 (n°=35)	< 50 (n°=22)	50 - 100 (n°=18)	> 100 (n°=18)
Número de espécies	22	23	19	21	17
Riqueza	3.5	4.4	4.6	4.4	3.4
Espécies identificadas	Frequência (%)		Frequência (%)		
<i>A. delicata</i>	13.0	25.4	27.3	22.2	11.1
<i>A. dilatata</i>	0.0	2.9	0.0	0.0	5.6
<i>A. longula</i>	4.3	2.9	9.1	5.6	0.0
<i>A. mellea</i>	39.1	19.5	36.4	22.2	22.2
<i>A. morrowiae</i>	21.7	9.8	13.6	22.2	5.6
<i>A. rugosa</i>	4.3	14.3	9.1	11.1	11.1
<i>A. scrobiculata</i>	30.4	65.7	72.8	50.0	38.9
<i>Acaulospora</i> sp.	13.0	20.0	18.2	16.7	22.2
<i>A. trappei</i>	4.3	5.6	0.0	16.7	0.0
<i>E. colombiana</i>	21.7	8.6	18.2	5.6	16.7
<i>Entrophospora</i> sp.	8.7	11.4	18.2	0.0	11.1
<i>G. brazilianum</i>	4.3	0.0	4.6	0.0	0.0
<i>G. etunicatum</i>	43.5	68.5	59.1	61.1	61.1
<i>G. intraradices</i>	13.0	2.9	4.6	5.6	11.1
<i>G. macrocarpum</i>	26.1	17.2	18.2	22.2	22.2
<i>G. mosseae</i>	4.3	8.6	4.6	16.7	0.0
<i>G. occultum</i>	34.8	51.5	50.0	55.6	33.3
<i>G. tortuosum</i>	4.3	2.9	0.0	5.6	5.6
<i>Glomus</i> sp.	4.3	5.6	4.6	5.6	5.6
<i>Gigaspora</i> sp.	17.4	54.3	50.0	38.9	38.9
<i>S. cerradensis</i>	4.3	5.6	4.6	11.1	0.0
<i>S. heterogama</i>	8.7	2.9	0.0	11.1	0.0
<i>S. pellucida</i>	21.7	28.6	36.4	27.8	16.7
<i>S. persica</i>	0.0	5.6	0.0	11.1	0.0

#### 4. DISCUSSÃO

Pelo grande intervalo de valores de colonização detectado nas amostras, verifica-se que o mamoeiro pode apresentar elevado percentual de colonização micorrízica a campo, sendo necessário ter controle do teor de fósforo no solo. Considerando-se que os fungos micorrízicos são componentes importantes para alcançar sistemas sustentáveis (Allen, 1991), o uso de doses elevadas de fósforo, além de baixos valores de pH na rizosfera, gerados provavelmente pela reação de fertilizantes solúveis, pode reduzir a colonização micorrízica e diversidade de espécies, tomando a cultura menos sustentável, já que se torna mais dependente do fornecimento externo de nutrientes. Apesar da impossibilidade de se compararem as regiões, em função de diferenças climáticas, podem-se atribuir os baixos valores de colonização e densidade de esporos no Oeste da Bahia em partes, aos maiores teores de silte e principalmente areia fina dos solos, responsáveis por tendência de obstrução de poros e encrostamento; os baixos teores de matéria orgânica detectados, também podem estar associados com a baixa colonização micorrízica (Soedarjo e Habte, 1993). Essas características podem ter provocado um menor desenvolvimento de raízes finas, fato constatado na coleta. Corroborando com esta observação, a correlação de teores de areia fina com a taxa de colonização e densidade de esporos nessa região foi negativa e significativa. O baixo número de esporos e menor colonização micorrízica no Oeste da Bahia sugere um baixo potencial de inóculo, e que, associado a uma baixa produção de raízes deve tornar o sistema de cultivo na região mais dependente da adubação química.

O mamoeiro é uma cultura que se desenvolve melhor em solos com boa aeração e drenagem, o que pode explicar a correlação negativa entre teores de argila e taxa de colonização, refletindo uma condição de umidade excessiva, já

que a quase totalidade dos plantios amostrados recebeu irrigação.

Verifica-se que as características físicas e químicas do solo avaliadas apresentaram correlação diferenciada com a taxa de colonização indicando que, dependendo do local, há necessidade de se considerarem outras variáveis edáficas ou relativas à cultura que se relacionam com a colonização. Entre estas variáveis está a idade dos plantios, a qual apresentou relação com a taxa de colonização na região do Extremo Sul da Bahia, onde apenas os plantios com idade superior a um ano apresentaram correlação entre a taxa de colonização e o teor de P no solo.

Os dados mostraram que as mudas de mamoeiro são formadas praticamente sem micorrizas, possivelmente devido ao uso de solo de sub-horizontes, associado à fumigação do solo e à elevada fertilidade do substrato devido ao uso de doses elevadas de esterco e adubos minerais. Trindade et al (1998) verificaram que doses de esterco acima de 10% reduzem a colonização micorrizica dessa planta. O uso de fumigantes é sempre um componente controverso na produção de mudas justamente por reduzir ou eliminar os fungos micorrízicos (Inserra et al., 1980). Espécies dependentes da micorriza, como as plantas cítricas apresentam definhamento das mudas quando crescidas em substrato fumigado sem re-infestação com propágulos de FMA. (Kleinschmidt e Gerdemann, 1972). A associação de colonização baixa ou mesmo nula, provocada pelos fatores indicados anteriormente, e uma área de plantio com baixo potencial de fungos micorrízicos, podem resultar num baixo desenvolvimento inicial das plantas, tornando-as totalmente dependentes da adubação química, mais susceptíveis a ataque de patógenos e com baixa sustentabilidade.

*Acaulospora scrobiculata* foi uma das espécies que apresentou maior ocorrência, confirmando ampla disseminação desta em solos tropicais (Schenck et al., 1989; Weber e Oliveira, 1994; Siqueira et al., 1989; Cuenca e Meneses,



1996). Em se tratando de uma monocultura intensiva, o número de espécies encontrado no agrossistema do mamoeiro reflete uma elevada diversidade considerando-se que Siqueira et al., (1989) encontraram 12 espécies em avaliação de diversos agrossistemas do Sudeste brasileiro e que Sieverding (1991) encontrou apenas entre 6 a 9 espécies em sistemas agrícolas intensivos, na Colômbia.

A maior ocorrência de *Gigaspora* nos plantios do Oeste da Bahia pode refletir a condição de uma região bioclimática homogênea que faz parte do Cerrado cujos solos têm apresentado elevada incidência desse gênero (Siqueira et al., 1989). Também pode ser o reflexo de solos com pH mais elevado (Sieverding, 1991), além de que, tal como relatado por Porter et al (1987), *Gigaspora* spp. tem incidência favorecida em solos com baixos teores de matéria orgânica, condição que prevaleceu nessa região.

A tendência de redução da diversidade no agrossistema do mamoeiro, após vários anos de cultivo, foi também encontrada por Siqueira et al (1989) quando da mudança de sistemas nativos para agrossistemas e Sieverding (1991) em monocultivo de mandioca. Essas alterações podem ser, pelo menos em parte, responsáveis pelo declínio das monoculturas prolongadas, como verificado por Johnson et al (1992) para milho e soja devido à seleção de fungos competitivos, mas ineficientes. Para o cultivo de cacaueteiro, entretanto, não se tem verificado redução na diversidade de FMAs, o que é atribuído à existência simultânea de outras espécies de plantas sombreadoras (Cuenca e Menezes, 1996).

Os fatores pH e teor de P no solo demonstraram influência na distribuição de algumas espécies de fungos MA detectadas. A maior ocorrência de *A. mellea* e *A. morrowiae* em solos com pH inferior a 5,5, contribuem para explicar sua adaptação nas regiões tropicais, com solos intemperizados, fato também verificado para as mesmas espécies, em dois outros trabalhos de levantamento no

Brasil (Fernandes e Siqueira, 1989; Siqueira et al., 1989). As espécies de *Glomus* mais frequentes tiveram maior ocorrência em solos com pH acima de 5,5 confirmando trabalhos que registram que a maioria das suas espécies apresenta-se mais adaptada a solos com pH mais elevado. Isto não indica relação causa-efeito, pois pode ser o resultado de outros fatores, como o tipo de solo ou condições climáticas. Deve-se observar, entretanto, que o efeito do pH muitas vezes se expressa na presença de alumínio em níveis tóxicos. No presente trabalho os solos apresentaram teores baixos ou nulos de Al trocável. O efeito do pH, entretanto, foi pronunciado na distribuição de *Gigaspora* sp. Corroborando esses dados, Sieverding (1991) relata que *Gigaspora margarita* não tem sido encontrada em solos tropicais com pH menor que 5,5. O pH mais elevado dos solos também favoreceu uma maior riqueza de espécies. Com relação às classes de teor de fósforo, é possível verificar que a influência foi relativamente menor do que a distribuição verificada para pH. Entretanto, teores elevados de P no solo tenderam a reduzir a frequência de algumas espécies como *A. scrobiculata* e *G. occultum* e espécies de *Scutellospora*. Em trabalho de Thomson et al., (1992) *Scutellospora calospora* mostrou-se sensível a P. Este fato refletiu-se numa menor riqueza de espécies por amostra de solo. Associado a uma menor riqueza, é possível que a adubação fosfatada venha a selecionar espécies ou isolados de menor eficiência (Johnson, 1993). Nestas condições há uma maior pressão de seleção sobre os fungos, já que a planta aloca menos carboidratos às raízes. Assim, os fungos mais agressivos, nestas condições podem se tornar mutualistas inferiores (Graham et al., 1996).

## 5. CONCLUSÕES

Apesar de ser uma cultura de alto insumo, o mamoeiro pode apresentar taxas elevadas de colonização em condições de campo, mas com um grande intervalo de variação (6 - 83%), relacionando-se com os teores de fósforo, pH e textura do solo;

A dominância de espécies variou entre os locais estudados. Norte do Espírito Santo dominou *G. occultum* e *G. etunicatum*. no Oeste da Bahia *Gigaspora sp.*, *A. scrobiculata* e *G. etunicatum* e no Extremo Sul da Bahia *G. etunicatum*, *A. scrobiculata*, *G. occultum*, *Gigaspora sp.*, *S. pellucida* e *A. mellea*;

- As lavouras do Oeste da Bahia apresentaram os menores valores de colonização radicular, densidade de esporos e riqueza de espécies;
- O avanço da idade da lavoura tendeu à redução na riqueza de espécies de fungos MA no solo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: Powell, C.L. ; Bagyaraf, D.J. (eds). VA Mycorrhiza, CRC-Press, Inc. Boca Raton, Florida., 1984, pp. 114-130.
- ALLEN, M.F. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press: Cambridge, U.K., 1991.
- ALLEN, E.B.; ALLEN, M.F.; HELM, D.J.; TRAPPE, J.M.; MOLINA, R.; RINCON, E. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. *Plant and Soil*, The Hague, 170:47-62, 1995.

- AMBLER, J.R.; YOUNG, J.L. Techniques for determining root length infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 4(3):551-556, 1977.
- AULER, P.A.M. Desenvolvimento inicial do mamoeiro (*Carica papaya* L.) relacionado à disponibilidade de fósforo no solo e à colonização pelo fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus macrocarpum*. UNESP, 1995, 94p (Tese Mestrado)
- BAGHEL, P.P.S.; BHATTI, D.S. Endomycorrhizal fungus (*Glomus mosseae*) and mycophagus nematode (*Aphelenchus avenae*) on some citrus root stocks. *Journal of Horticultural Science*, Haryana, 19(2): 273-279, 1990
- CUENCA, G.; MENESES, E. Diversity patterns of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cacao in Venezuela. *Plant and Soil*, The Hague, 183(2):315-322, 1996.
- FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da região sul do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 24(11):1489-1498, 1989.
- GIRJA, V.K.; NAIR, S.K. Incidence of VAM in banana varieties. *Indian Journal of Microbiology*, 28(3-4):294-295, 1988.
- GRAHAM, J.H.; DROUILLARD, D.L.; HODGE, N.C. Carbon economy of sour orange in response to different *Glomus* spp. *Tree Physiology*, Victoria, 16(11/12):1023-1029, 1996.
- IBGE. Disponível: Site IBGE (1998). URL: <http://www.sidra.ibec.gov.br/cgi-bin/prtabl>. Levantamento Sistemático de Produção Agrícola - LSPA/IBGE (Novembro, 1997). Consultado em 02 de fevereiro de 1998.
- INSERRA, R.N.; NEMEC, S.; LO GIUDICE, V. A survey of endomycorrhizal fungi in Italian citrus nurseries. *Rivista Ortoflorofruttera Italiana*, Roma, 64(1): 83-88, 1980
- INVAM. Disponível: Site Invam (19 dez. 1997). URL: [http://invam.caf.wvu.edu/mvc\\_info/taxonomv/species.htm](http://invam.caf.wvu.edu/mvc_info/taxonomv/species.htm). Consultado em fevereiro, 1998.
- INVAM. Disponível: Site Invam (03 ago. 1998). URL: <http://invam.caf.wvu.edu/invam/inform.htm> Consultado em 15 set., 1998.

- IYER, R.; MOOSA, H.; SASTRY, R.K. Vesicular-arbuscular mycorrhizal association in banana, *Current Science*, 57(3):153-155, 1988.
- JACKSON, M.L. Organic matter determination for soil. In: JACKSON, M.L. (ed.) Soil chemical analysis. New Jersey, Prentice-Hall, 1958. p. 205-226.
- JOHNSON, N.C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae?. *Ecological Applications*, 3(4):749-757, 1993
- JOHNSON, N.C.; COPELAND, P.J.; CROOKSTON, R.K.; PFLEGER, F.L. Mycorrhizae: possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. *Agronomy Journal*, Madison, 84(2): 387-390, 1992.
- JOHNSON, N. C.; ZAK, D.R.; TILMAN, D.; PFLEGER, F.L. Dynamics of vesicular-arbuscular mycorrhizae during old field succession. *Oecologia*, Berlin, 86(3):349-358, 1991.
- KLEINSCHMIDT, G.D.; GERDEMANN, J.W. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. *Phytopathology*, Palo Alto, 72(10):1447-1453, 1972.
- McGEE, P.A. Variation in propagule numbers of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid soil. *Mycological Research*, Cambridge, 92(1):28-33, 1989.
- MOHANDAS, S. Effect of VAM inoculation on plant growth, nutrient level and root phosphatase activity in papaya (*Carica papaya* cv. Coorg Honey Dew). *Fertilizer Research*, Dordrecht, 31(3):263-267, 1992.
- NEMEC, S.; MENGE, J.A.; PLATT, R.G.; JOHNSON, E.L.V. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribution and ecology. *Mycologia*, New York, 73(1): 112-127. 1981
- NIKOLAOU, N.; KARAGIANNIDIS, N.; MATTHAIYOU, A. Mineral nutrition of vines in the presence of mycorrhizas in climatic conditions of drought. Alimentation minerale de la vigne en presence de mycorrhizes dans des conditions climatiques de secheresse. *Bulletin-de-l'OIV*. 67(6):763-764, 1994
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society*, Cambridge, 55(1):158-161, 1970.

- PORTER, W.M.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. Field survey of the distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil pH. *Journal of Applied Ecology*, 24(5):659-662, 1987.
- REMY, W.; TAYLOR, T.N.; HASS, H.; KERP, H. Four hundred million year old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 91(22): 11841-11843, 1994.
- ROHINI, I. ; MOOSA, H.; SASTRY, R.K. Vesicular-arbuscular mycorrhizal association in banana. *Current Science*, 57(3):153-155, 1988.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas. Fundação Arthur Bernardes, Versão 5.0. 1993.
- SANDERS, I.R. Temporal infectivity and specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizas in co-existing grassland species. *Oecologia*, Berlin, 93(3):349-355, 1993.
- SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*, 2nd edn. Synergistic, Gainesville, Fla. 1987.
- SCHENCK, N.C.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, E.. Changes in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems. In: Vancura, V.; Kunc, E. (eds). *Interrelationships between microorganisms and plants in soil*, Elsevier, New York, 1989, pp. 125-129.
- SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*, 3rd edn. Synergistic, Gainesville, Fla. 1990.
- SIEVERDING, E. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Asgrosystems*. Technical Cooperation, Schriftenreihe der GTZ, No, 224; ISBN 3-88085-462-9, 1991.
- 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 vesídulo-arbusculares. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 15(3):283-288, 1991.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. ; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 24(12):1499-1506, 1989.

- SOEDARJO, M.; HABTE, M. Vesicular-arbuscular mycorrhizal effectiveness in an acid soil amended with fresh organic matter. **Plant and Soil**, The Hague, 149(2):197-203, 1993.
- THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L. The effect of long-term applications of phosphorus fertilizer on populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, 43(9): 1131-1142, 1992.
- TRINDADE, A.V.; FARIAS, N.G.; ALMEIDA, F.P. Adequação do uso de esterco na obtenção de mudas de mamão (*Carica papaya* L.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 1998 (no prelo)
- WALKER, C. Systematics and taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales) - a possible way forward. **Agronomie**, 12(10):887-897, 1992.
- WEBER, O.; AMORIM, S.M.C. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mamoeiro "solo". **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 18(2):187-191, 1994
- WEBER, O.B.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citros nos estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 29(12):1905-1914, 1994.
- YANO-MELO, A.M.; MAIA, L.C.; MORGADO, L.B. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 6 par. CD-ROM. Seção Trabalhos.

### CAPÍTULO 3

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES, EXÓTICOS E NATIVOS, PARA O MAMOEIRO

### RESUMO

TRINDADE, Aldo Vilar. Avaliação da eficiência de fungos micorrízicos arbusculares, exóticos e nativos para o mamoeiro. UFLA, 1998, 31p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)\*

Uma das etapas de desenvolvimento de um programa de inoculação controlada de fungos micorrízicos é a seleção daquelas espécies/isolados mais eficientes em promover o desenvolvimento da cultura. Foram desenvolvidos três experimentos em condições de casa-de-vegetação na *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas, BA, com o objetivo de selecionar fungos micorrízicos exóticos e nativos, eficientes para o crescimento de plantas de mamoeiro. Utilizou-se amostra de um latossolo amarelo álico. As plantas foram pré-germinadas e transplantadas para recipientes de 1 dm<sup>3</sup>, quando se fez a inoculação. No primeiro experimento fez-se a seleção de fungos pertencentes à coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo em solo contendo dose única de 20 mg.dm<sup>-3</sup> de P. No segundo, foram testadas, em duas doses de P, populações de fungos nativos obtidas de amostras de solo de plantios comerciais de mamoeiro. No terceiro experimento foram testados isolados nativos, obtidos das populações testadas ou não anteriormente, sob dois valores de pH do solo. Da coleção, os fungos *Glomus clarum*, *Acaulospora scrobiculata* e *Gigaspora margarita* foram os mais eficientes; considerando-se também a taxa de colonização o fungo *G. clarum* foi o mais indicado para testes posteriores; dos agrossistemas amostrados foram obtidas populações nativas eficientes para o mamoeiro; 44% das populações testadas colonizaram as plantas, mas foram pouco eficientes ou ineficientes; a eficiência das populações reduziu ou foi anulada na dose de 140 mg.dm<sup>-3</sup> de P. A avaliação dos isolados com base nas populações mais eficientes permitiu a seleção de três isolados nativos também eficientes, provenientes da região Oeste da BA (*G. etunicatum* e *Gigaspora* sp); a acidez do solo influenciou na eficiência micorrízica sendo esta máxima no pH 6,2.

---

\* Comitê de Orientação: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Orientador). Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA



## ABSTRACT

### EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF NATIVE AND EXOTIC ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI FOR PAPAYA\*

In a controlled inoculation program with mycorrhizal fungi, the selection of efficient species/isolates constitutes an important step. Three experiments were conducted in greenhouse conditions at National Center of Research of Cassava and Tropical Fruits, Cruz das Almas, Bahia, Brazil, to select exotic and native mycorrhizal fungi, for the growth of papaya plants. The soil used was a Oxisol with  $3 \text{ mg.dm}^{-3}$  P. Plants were germinated separately and transplanted to  $1 \text{ dm}^{-3}$  pots, where inoculation was performed. In the first experiment we tested fungi from the Soil Microbiology Laboratory culture collection. In the second one we used soil with two P levels to evaluate populations of native fungi collected from commercial plantations of papaya. In the third experiment we tested selected native isolates from indigenous populations, at two different soil pH values. Among the exotic fungi, *Glomus clarum* gave the best result in plant growth and colonization while *Gigaspora margarita* and *Acaulospora scrobiculata* were also selected for subsequent experiments. Efficient native populations were also obtained. Among the populations tested, 44% of those colonized the plants but exhibited reduced or no efficiency. Efficiency of these fungi was reduced when P was supplied at  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Evaluation of isolates based on the most efficient populations allowed the selection of three efficient isolates from West of Bahia (*G. etunicatum* and *Gigaspora* spp.). Soil acidity influenced on mycorrhizal efficiency, which was maximum at pH 6,2.

---

\* Guidance Committee: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Major Professor). Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA

## 1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma fruteira que, por apresentar elevada resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, FMAs (Silva e Siqueira, 1991; Weber e Amorim, 1994;) e passar por uma fase de muda no processo de estabelecimento da lavoura, oferece condições para a aplicação de fungos FMA. Associado a isto, atualmente o sistema de produção do mamoeiro apresenta baixa sustentabilidade por problemas de natureza fitossanitária e degradação do solo, despertando o interesse da pesquisa para o emprego e aproveitamento de recursos naturais biológicos, como as micorrizas arbusculares.

O estudo da relação fungo-plantas deve ser focado a nível de isolado em função das diferenças edafoclimáticas que geram ecótipos diferentes, podendo apresentar também diferente capacidade simbiótica (Morton et al., 1995). A adaptabilidade de uma determinada espécie ou população às condições edafoclimáticas, entretanto, não implica em melhor expressão em termos de eficiência para as plantas em associação, já que a dominância está mais relacionada com a capacidade de formação da associação e sobrevivência do que com a eficiência simbiótica.

Para que se possa viabilizar o uso da inoculação de FMA em larga escala é necessário terem-se fungos eficientes, indicados a partir de um rigoroso sistema de seleção de isolados em bancos de inóculos ou de populações nativas. Burckhardt e Howeler (1985), trabalhando com mandioca, verificaram que apenas os fungos classificados como altamente infectivos em condições sem competição foram mais aptos a competir sob condições de solo não esterilizado. Como os fungos estão normalmente presentes no solo em populações de indivíduos de diferentes espécies, a seleção de fungos eficientes deve passar pela avaliação de populações nativas do sistema que se deseja manejar, tomando-se

como referências, plantas não micorrizadas, plantas inoculadas com um fungo reconhecidamente de elevada efetividade (Gianinazzi-Pearson et al., 1985), e/ou plantas bem adubadas com P. Powell (1982) avaliou a eficiência de populações de fungos para o trevo comparando-se a um isolado eficiente de *Glomus fasciculatum*, em solo esterilizado. Os isolados mais eficientes no crescimento da planta foram testados em solo não esterilizado e posteriormente em condições de campo, concluindo-se que estes seriam capazes de competir e serem eficientes.

Um dos fatores que afeta a eficiência simbiótica dos FMAs é a fertilidade do solo, especialmente a disponibilidade de P. Weber e Amorim (1994) verificaram, em mamoeiro, que a aplicação de  $60 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P em um latossolo garantiu elevada colonização e resposta da planta. Outra característica edáfica que altera a eficiência dos fungos é o pH. A interação com o tipo (espécie, cultivar) da planta deve influenciar na resposta ao pH em função dos mecanismos diferenciados dos genótipos para crescer em solos com diferentes graus de acidez. Espécies do gênero *Acaulospora* têm-se mostrado mais tolerantes a condições de acidez do que espécies de *Gigaspora* e *Glomus*, sendo este o de maior sensibilidade (Lambais e Cardoso, 1989). Este trabalho objetivou a avaliação de FMAs exóticos e nativos de plantios de mamoeiro, eficientes para o crescimento de mudas das variedades Sunrise Solo e Tainung nº 1, em solo fumigado.

## 2. METODOLOGIA

Foram desenvolvidos três experimentos em condições de casa-de-vegetação da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, em Cruz das Almas, BA. No primeiro experimento fez-se a seleção de fungos que já fazia parte da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo (fungos exóticos). No segundo, foram testadas, em dois níveis de P no solo, populações de fungos nativos obtidas de

amostras de solo coletadas em plantios comerciais de mamoeiro. No terceiro experimento foram testados isolados nativos, sob duas condições de pH do solo, obtidos das populações testadas ou não anteriormente.

## 2.1. Aspectos Gerais

Em todos os experimentos utilizou-se amostra de um latossolo amarelo álico, coletada na profundidade de 05-30 cm, apresentando a seguinte caracterização: textura franco argilo-arenosa; pH 4,4;  $3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  de P (Mehlich-1);  $31 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  de K (Mehlich-1),  $8 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  de Ca;  $4 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  de Mg;  $8 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  de Al e  $16,1 \text{ g/kg}$  de solo de matéria orgânica. O solo foi seco ao ar e passado em peneira com malha de 4 mm de diâmetro para uniformização. Em seguida foi fumigado com bromex (98% de brometo de metila e 2% de cloropicrina) na dose de 393 ml por  $\text{m}^3$  de solo. A correção do pH e adubação foram feitas de maneira diferenciada, a depender do experimento. Para a calagem utilizou-se uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  +  $\text{MgCO}_3$  p.a. na proporção de Ca:Mg (em  $\text{mmol}_c$ ) 4:1. Utilizaram-se sacos plásticos contendo  $1 \text{ dm}^3$  de solo como recipiente de cultivo. As sementes foram germinadas em mistura de areia + vermiculita (2:1) e transplantadas quando apresentavam um par de folhas definitivas. Os fungos foram multiplicados em substrato formado por mistura de solo: areia (3:1) fumigada com bromex, cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) em casa-de-vegetação, durante cinco meses.

Na coleta de cada experimento a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo e seca em estufa de circulação forçada a  $65-70 \text{ }^\circ\text{C}$  por um mínimo de 72 horas, para obtenção do peso e determinação dos teores de nutrientes. O sistema radicular foi lavado em água corrente, seguindo-se amostragem em três pontos, coloração em azul de tripan (Phillips e Hayman, 1970) e avaliação do percentual

de comprimento de raiz colonizada pelo método da interseção linear, em placa reticulada (Ambler e Young, 1977).

Baseando-se no peso de matéria seca da parte aérea, estimou-se a eficiência dos FMAs, mediante a fórmula proposta por Plenchette et al (1983):

$$EM = \frac{M - NM}{M} \times 100, \text{ em que:}$$

M = planta inoculada

NM = planta não-inoculada

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa SAEG (Saeg, 1993). Foram realizadas as análises de variância, desdobrando-se as interações significativas, aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos.

## 2.2. Experimento 1 – Eficiência micorrízica de fungos componentes da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*

Foram avaliadas as cultivares Sunrise Solo e Tainung n° 1 (sementes da geração F2), as quais são as mais plantadas no Brasil, atualmente. Os fungos avaliados abrangem espécies, isoladas de plantas de citros, na região do recôncavo Baiano e espécies/isolados fornecidas por instituições de outras regiões. Para a variedade Sunrise Solo foram testados os seguintes fungos, com respectivas origens: *G. clarum*, isolado 1 (UFLA, MG); *A. scrobiculata* (UFLA, MG); *Gi. margarita* (Maguari, MG); *G. clarum*, isolado 2 (Maguari, MG) e

*Acaulospora* sp.; para o híbrido Tainung n° 1 os fungos testados foram: *G. clarum*, isolado 1; *G. etunicatum* (UFLA, MG); *Gigaspora margarita*; *Glomus clarum*, isolado 2; *Acaulospora* sp. e *A. scrobiculata* (isolados de plantios de citros da região do Recôncavo Baiano). Além destes utilizou-se um controle não inoculado, totalizando 6 tratamentos para Sunrise Solo e 7 para Tainung n° 1, tendo sido utilizadas cinco repetições distribuídas em blocos casualizados, dentro de cada variedade.

O solo recebeu calagem em dose equivalente a 1,6 t/ha com base no cálculo do Al trocável ( $NC = Al^{3+} \times 2$ ). Forneceu-se uma dose única de 15  $mg.dm^{-3}$  de P (na forma de superfosfato triplo), visando obter teor disponível equivalente ao utilizado por Weber e Amorim (1994) em seu trabalho com mamoeiro. Aplicaram-se também 80  $mg.dm^{-3}$  de K (na forma de KCl). Após incubação o solo apresentou pH 6,3, 8  $mg.dm^{-3}$  de P e 108  $mg.dm^{-3}$  de K.

A inoculação foi realizada no ato da repicagem utilizando-se 30 g de solo/inóculo misto (esporos, raízes, hifas e micorrizas), em que cada inóculo apresentava a seguinte densidade de esporos: *G. clarum*-1 = 21 esporos/g; *Gi. margarita* = 28 esporos/g; *G. etunicatum* = 19 esporos/g; *A. scrobiculata* = 13 esporos / g; *G. clarum* - 2 = 25 esporos/g; *Acaulospora* sp = 14 esporos/g e *A. scrobiculata* = 15 esporos/g. No tratamento controle aplicou-se o substrato usado na produção do inóculo, também cultivado com sorgo mas, isento de propágulos do fungo. Aos 10, 20 e 30 dias após a repicagem fez-se aplicação de nitrogênio em cobertura, usando-se solução de  $NH_4NO_3$ , fornecendo-se um total de 20  $mg.dm^{-3}$  de N. Aos 22, 33 e 43 dias após a repicagem mediram-se a altura das plantas e o número de folhas. A coleta foi realizada aos 43 dias após a repicagem, obtendo-se o peso de matéria seca e teores de fósforo da parte aérea e taxa de colonização micorrizica radicular, tal como citado anteriormente.

### 2.3. Experimento 2 - Eficiência micorrízica de populações originárias do agrossistema mamoeiro

Neste experimento foram utilizadas populações nativas de fungos MA para avaliação do crescimento de mudas de mamoeiro tendo como padrão um fungo selecionado na etapa anterior.

Para se obterem as populações, amostras de solo e raízes foram coletadas de plantios comerciais representativos das regiões Norte do Espírito Santo, Oeste e Extremo Sul da Bahia, sendo os fungos multiplicados de acordo com procedimento no capítulo 2. De um grupo de 67 amostras, foram isoladas 58 populações, selecionando-se aquelas com maior produção de esporos, sendo 12 provenientes de plantios de mamoeiro do grupo Solo e quatro provenientes de plantios do grupo Formosa (Tabela 1), representando 24 % e 25 % do total de amostras de cada grupo, respectivamente.

No preparo do solo fez-se calagem como descrito para o experimento anterior. Fez-se também adubação básica de  $80 \text{ mg.dm}^{-3}$  de K (na forma de KCl),  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$  de N e  $23 \text{ mg.dm}^{-3}$  de S  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ .

Foram testadas duas doses de fósforo,  $20$  e  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$  de solo, fornecidas na forma de superfosfato triplo, resultando em  $12$  e  $119 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P disponível (Mehlich-1). Também foram utilizadas duas cultivares de mamoeiro: Sunrise Solo e o híbrido Tainung n° 1, sendo que as populações foram testadas de acordo com a variedade de mamoeiro de onde foi obtida a população. Desta forma o experimento constituiu de dois ensaios, cada um representando uma variedade, resultante de um fatorial de populações x doses de P. Para 'Sunrise Solo' foram empregados 28 tratamentos: 14 tratamentos de inoculação, sendo 12 populações, inoculação com *G. clarum* (previamente selecionado) e um controle não-inoculado x duas doses de P. Para Tainung n° 1 foram empregados 12

tratamentos: 6 tratamentos de inoculação, sendo quatro populações, inoculação de *G. clarum* e um controle x duas doses de P. Para a variedade Sunrise Solo foram testadas as populações 4, 7, 12, 13, 15 (Norte do Espírito Santo), 33, 35, 38, 40,42, 48 e 66 (Extremo Sul da Bahia). Para Tainung n<sup>o</sup> 1 as populações testadas foram: 24, 25, 27 e 30, todas da região do Oeste da Bahia (ver origem e composição na Tabela 1). Em cada ensaio foram utilizadas quatro repetições distribuídas em blocos casualizados.

A inoculação foi realizada na forma de solo-inóculo, dispondo-o no orifício de transplantio. A quantidade de inóculo de cada população foi padronizada de modo a aplicar um número de 300 esporos para cada planta. No tratamento controle aplicou-se quantidade equivalente do substrato utilizado na produção do inóculo e que foi cultivado com sorgo por igual período; porém, sem a presença de propágulos do fungo.

O experimento foi coletado aos 40 dias após a repicagem, coletando-se a parte aérea para determinação da matéria seca e raízes para avaliação da colonização micorrízica. .



TABELA 1. Caracterização das populações isoladas e testadas no experimento

População	Origem		Composição
	Região	Variedade	
04	Norte - ES	Sunrise Solo (Line 7212)	<i>G. etunicatum</i> , <i>A. morrowiae</i> , <i>G. occultum</i>
07	Norte - ES	Sunrise Solo (Line 7212)	<i>A. mellea</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>G. occultum</i> , <i>S. heterogama</i> , <i>A. scrobiculata</i> , <i>A. morrowiae</i> , <i>S. pellucida</i> , <i>A. tuberculata</i>
12	Norte - ES	Sunrise Solo (Line 7212)	<i>G. etunicatum</i> , <i>A. mellea</i> , <i>A. morrowiae</i> , <i>G. brasilianum</i> , <i>G. intraradices</i>
13	Norte - ES	Sunrise Solo	<i>A. morrowiae</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>A. mellea</i> , <i>G. occultum</i>
15	Norte - ES	Sunrise Solo (Line 7212)	<i>G. etunicatum</i> , <i>G. occultum</i> , <i>A. mellea</i> , <i>A. morrowiae</i>
24	Oeste - BA	Tainung n° 1	<i>Gigaspora sp.</i> , <i>A. delicata</i> , <i>A. scrobiculata</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>A. mellea</i>
25	Oeste - BA	Tainung n° 1	<i>Acaulospora sp.</i> , <i>A. scrobiculata</i> , <i>A. rugosa</i> , <i>G. etunicatum</i>
27	Oeste - BA	Tainung n° 1	<i>Gigaspora sp.</i> , <i>G. tortuosum</i> , <i>S. pellucida</i>
30	Oeste - BA	Tainung n° 1	<i>A. scrobiculata</i> , <i>Gigaspora sp.</i> , <i>Entrophospora sp.</i>
33	Extremo Sul-BA	Sunrise Solo	<i>A. delicata</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>S. pellucida</i> , <i>A. rugosa</i> , <i>G. occultum</i>
35	Extremo Sul-BA	Sunrise Solo	<i>Entrophospora sp.</i> , <i>A. mellea</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>S. pellucida</i> , <i>G. occultum</i> , <i>G. etunicatum</i>
38	Extremo Sul-BA	Sunrise Solo	<i>E. colombiana</i> , <i>A. mellea</i> , <i>Entrophospora sp.</i> , <i>G. macrocarpum</i> , <i>Acaulospora sp.</i>
40	Extremo Sul-BA	Sunrise Solo	<i>A. mellea</i> , <i>A. longula</i> , <i>G. occultum</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>S. pellucida</i>
42	Extremo Sul-BA	Sunrise Solo	<i>A. scrobiculata</i> , <i>Gigaspora sp.</i> , <i>S. pellucida</i> , <i>G. claroideum</i> , <i>A. delicata</i> , <i>G. etunicatum</i>
48	Extremo Sul-BA	Sunrise Solo	<i>A. scrobiculata</i> , <i>G. etunicatum</i> , <i>G. macrocarpum</i> , <i>Acaulospora sp.</i>
66	Extremo Sul-BA	Sunrise Solo	<i>Gigaspora sp.</i> , <i>S. persica</i> , <i>A. scrobiculata</i> , <i>S. pellucida</i> , <i>A. tuberculata</i> , <i>A. mellea</i> , <i>G. occultum</i> , <i>Entrophospora sp.</i>

#### 2.4. Experimento 3 – Eficiência micorrízica de isolados de populações nativas do agrossistema mamoeiro

Neste experimento foram obtidos isolados nativos a partir das populações provenientes dos plantios comerciais de mamoeiro, sendo testados em solo com diferentes valores de pH. Foi utilizada apenas a variedade Tainung nº 1, a qual apresentou maior resposta à inoculação nos experimentos anteriores.

Os isolados foram obtidos a partir de populações de fungos que apresentavam pelo menos uma espécie dominante, sendo esta constituinte de pelo menos uma das populações testadas no experimento anterior. Após extração (Gerdemann e Nicolson, 1963), os esporos foram separados de acordo com sua morfologia, visualizados em lupa com aumento de 40 vezes. Os esporos foram transferidos para tubos contendo água destilada e colocados em geladeira (5-10°C) por 48 horas. Foram testados sete isolados nativos, obtidos das populações de número 18 (*Acaulospora* sp.), 22 (*G. etunicatum*), 27 (*Gigaspora* sp-1), 29 (*Gigaspora* sp-2) (Oeste da Bahia), 35 (*A. mellea*), 38 (*Entrophospora* sp.) e 46 (*A. scrobiculata*) (Extremo Sul da Bahia) e dois fungos exóticos, pré-selecionados, *G. clarum* e *A. scrobiculata*, além de um controle, não-inoculado. Os tratamentos fúngicos foram testados em solo com dois valores de pH: 5,3 e 6,2, abrangendo, assim, a faixa de pH detectada nas amostras de solo coletadas das regiões de onde foram obtidos os isolados de fungos. O experimento seguiu um esquema fatorial, com 10 tratamentos fúngicos e dois de solo, resultando em 20 tratamentos, com quatro repetições distribuídas em blocos casualizados.

A calagem para atingir os valores de pH desejados foi feita com base em curva de incubação prévia, sendo necessária aplicação da mistura de  $\text{CaCO}_3$  +  $\text{MgCO}_3$ , p.a., nas quantidades de 0,7 t/ha e 1,7 t/ha e incubação por cinco dias. Posteriormente fez-se adubação básica com  $30 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P, na forma de

superfosfato triplo,  $80 \text{ mg.dm}^{-3}$  de K (KCl),  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$  de N e  $23 \text{ mg.dm}^{-3}$  de S  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ . A análise do solo após incubação por cinco dias se encontra na tabela 2.

TABELA 2. Caracterização do solo após calagem e aplicação de fósforo e potássio

Calagem (t/ha)	Características				
	pH	Ca -----mmol <sub>c</sub> <sup>+</sup> .dm <sup>-3</sup> -----	Mg	K -----mg.dm <sup>-3</sup> -----	P
0,7	5,40	12	8	120	15
1,7	6,25	18	11	110	15

Com base em resultado de experimento prévio de ajuste do número mínimo de esporos necessário para colonização e resposta da planta (dados não apresentados), neste estudo empregaram-se 150 esporos por planta para todos os tratamentos. A inoculação foi feita no ato da repicagem, onde os esporos foram depositados diretamente sobre o sistema radicular das plântulas com auxílio de uma pipeta de Pasteur. Durante a condução do experimento foram feitas aplicações complementares de nitrogênio ( $10 \text{ mg.dm}^{-3}$ ), S ( $7 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) e micronutrientes ( $0,81 \text{ mg.dm}^{-3}$  de B,  $3,6 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Mn,  $1,32 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Cu,  $3,9 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Zn,  $0,15$  de Mo e  $1,56 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Fe). Aos 50 dias após a repicagem fez-se coleta da parte aérea para quantificação do peso de matéria seca e amostragem de raízes para avaliação de colonização micorrízica.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Experimento 1 – Eficiência micorrízica de fungos componentes da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*

Nas duas variedades e para a maioria dos fungos, a inoculação resultou em plantas com maior crescimento em altura (Figura 1). Os dados mostram ainda que este efeito ocorreu já aos 22 dias após a repicagem, aumentando com o tempo. Para a variedade Tainung-1 a inoculação dos isolados regionais de *Acaulospora* teve seu efeito bastante aumentado a partir dos 33 dias após a repicagem.

Quanto à produção de matéria seca da parte aérea verifica-se que na variedade Sunrise Solo, apenas a inoculação de *Acaulospora* sp não diferiu do controle (Tabela 3), embora tenha colonizado as raízes das plantas e promovido aumento na absorção de P. Em Tainung n° 1 a inoculação de *G. clarum* -1, *G. etunicatum*, *Gi. margarita* e *G. clarum*-2, aumentou significativamente o crescimento das plantas. Embora a inoculação tenha sido benéfica para as duas variedades, no aspecto geral, a eficiência micorrízica apresentou valores absolutos maiores em Tainung n°1 do que em Sunrise Solo (Figura 2).

O percentual de colonização apresentado pelos diferentes fungos revelou maiores valores para o *G. clarum* – isolado 1 em ambas as variedades, sendo estatisticamente diferente do *G. clarum* – isolado 2 e *Acaulospora* sp. em Sunrise Solo e de *G. clarum*- isolado 2, *G. etunicatum*, *Acaulospora* sp e *A. scrobiculata*-2 em Tainung n° 1. Este resultado teve reflexo no desenvolvimento das plantas, comprovado por valores de correlação de  $r = 0,90^{**}$  e  $r = 0,82^{**}$

entre colonização e acúmulo de matéria seca da parte aérea para as duas variedades, respectivamente.

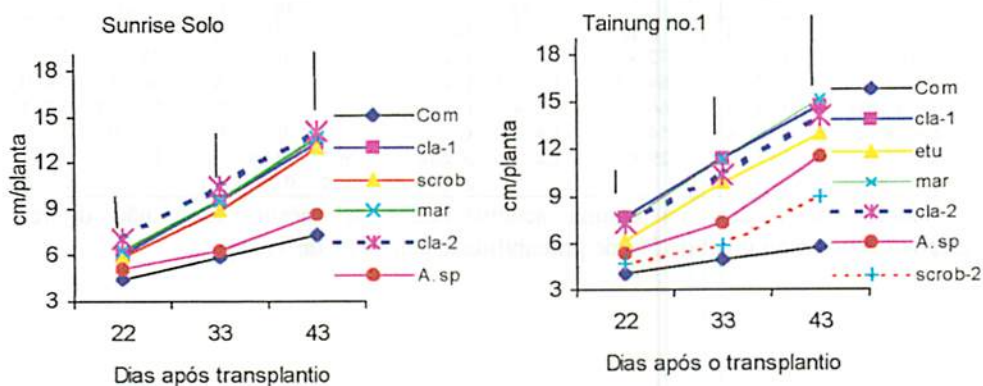


FIGURA 1. Altura de plantas de mamoeiro, variedade Sunrise Solo e Tainung n<sup>o</sup> 1, em função da inoculação de diferentes fungos micorrizicos (Con=controle; cla-1=*G. clarum*, Isolado-1; scrob.=*A. scrobiculata*; etu=*G. etunicatum*; mar=*Gi. margarita*; cla-2=*G. clarum*, Isolado-2; A. sp= *Acaulospora* sp; scrob-2=*A. scrobiculata*, Isolado-2). (Barras verticais representa diferença mínima entre médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

**TABELA 3. Peso de matéria seca da parte aérea, colonização radicular e teores de P da parte aérea de plantas de mamoeiro, variedade Sunrise Solo e Tainung n<sup>o</sup> 1 em função da inoculação de diferentes fungos micorrízicos.**

SUNRISE SOLO				TAINUNG N <sup>o</sup> 1			
Fungo	Matéria Seca <sup>1/</sup> (g/planta)	Colonização (%)	P (g.kg <sup>-1</sup> )	Fungo	Matéria Seca <sup>1/</sup> (g/planta)	Colonização (%)	P (g.kg <sup>-1</sup> )
Não inoculado	0,12 B	0 D	0,9 D	Não inoculado	0,07 B	0 D	0,7 C
<i>G. clarum</i> - 1	0,53 A	72 A	1,7 BC	<i>G. clarum</i> - 1	0,74 A	75 A	2,1 B
<i>A. scrobiculata</i>	0,47 A	64 AB	1,9 AB	<i>G. etunicatum</i>	0,57 A	46 BC	1,8 B
<i>Gi. margarita</i>	0,49 A	66 AB	1,5 C	<i>Gi. margarita</i>	0,70 A	59 AB	3,2 A
<i>G. clarum</i> - 2	0,56 A	54 B	1,4 C	<i>G. clarum</i> - 2	0,62 A	50 BC	2,1 B
<i>Acaulospora</i> sp	0,13 B	29 C	2,2 A	<i>Acaulospora</i> sp	0,16 B	38 C	3,0 A
				<i>A. scrobiculata</i> -2	0,27 B	50 BC	2,1 B

<sup>1/</sup> Valores de médias na coluna acompanhados de mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para as duas variedades a inoculação aumentou significativamente a absorção de fósforo, embora, que especificamente para *Acaulospora* sp., nas duas variedades e *A. scrobiculata*-2 em Tainung n<sup>o</sup> 1, o maior teor de P na planta não tenha tido reflexo no crescimento desta, o que pode ser devido a um efeito tardio (ver altura das plantas, Figura 1).

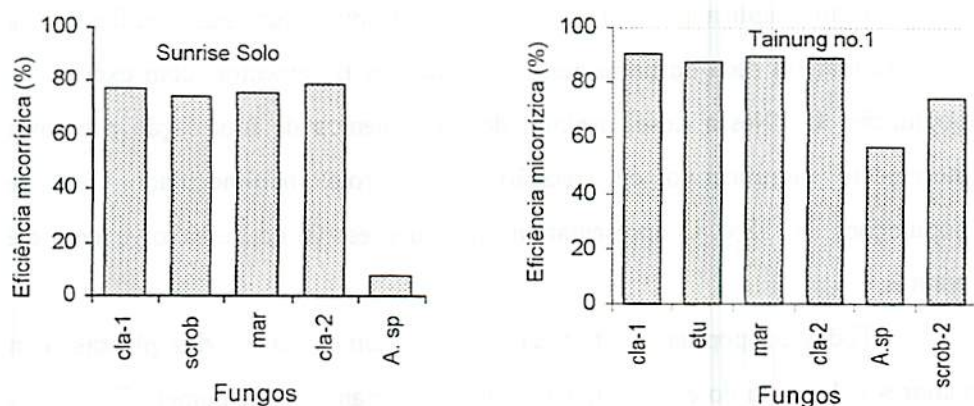


FIGURA 2. Eficiência micorrízica para duas variedades de mamoeiro inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares (cla-1= *G. clarum*, isolado 1; etu= *G. etunicatum*; scrob.=*A. scrobiculata*; mar=*Gi. margarita*; cla-2= *G.clarum*, isolado 2; A.sp = *Acaulospora* sp.; scrob-2= *A. scrobiculata*, isolado 2).

### 3.2. Experimento 2 - Eficiência micorrízica de populações originárias do agrossistema mamoeiro

Os efeitos das diferentes populações na colonização micorrízica e produção de matéria seca de parte aérea de "Sunrise Solo", aos 42 dias após a repicagem, encontram-se na Tabela 4. Verifica-se que as populações de número 13, 12 e 15, nesta ordem, além do fungo *G. clarum*, foram superiores ao tratamento controle, na dose de 20 mg.dm<sup>-3</sup> de P. Essas três populações foram isoladas da região do Norte do Espírito Santo, onde predominaram as espécies *G. etunicatum* e *A. mellea*. As demais populações, nas quais se enquadram todas aquelas provenientes da região do Extremo Sul da Bahia, não promoveram crescimento significativo em relação ao controle, sendo, inclusive, como no caso da população 40, significativamente inferior ao fungo exótico *G. clarum*.

Com a aplicação de  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P houve aumento significativo do peso de matéria seca da parte aérea em todos os tratamentos, com exceção da população 13. Nessa dose, nenhum dos tratamentos de inoculação promoveu incremento significativo em relação ao controle, não-inoculado, mas as populações 33, 38 e 42 apresentaram efeito depressivo no desenvolvimento das plantas.

Todas as populações testadas colonizaram as raízes das plantas, com maiores valores na dose de  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P; entretanto, as de número 7, 38, 42 e 48 não diferiram estatisticamente do tratamento não-inoculado (Tabela 4). O fungo exótico *G. clarum* apresentou o maior percentual de colonização, seguido das populações 13, 33, 12 e 15, das quais, as de número 13, 12 e 15 promoveram resposta em termos de crescimento. Na dose mais baixa de P, a resposta de crescimento pela inoculação correlacionou-se positivamente com a colonização ( $r = 0,69 **$ ). A aplicação de  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P reduziu a colonização de todos os tratamentos fúngicos que colonizaram significativamente as raízes na doses mais baixas de P. Apesar disso, *G. clarum* manteve valores superiores à maioria das populações. Destas, apenas a de número 12 diferiu do tratamento controle não-inoculado, na maior dose de P.



TABELA 4. Produção de matéria seca da parte aérea e percentual de colonização micorrizica de plantas de mamoeiro, variedade Sunrise Solo, submetidas à inoculação de diferentes populações de fungos nativos, em duas doses de fósforo.

Fungo / População	Parte Aérea (g/planta)				Colonização (%)			
	20 mg.dm <sup>-3</sup>		140 mg.dm <sup>-3</sup>		20 mg.dm <sup>-3</sup>		140 mg.dm <sup>-3</sup>	
Não- inoculado	0.12	B d	0.75	A abc	0	A g	0	A c
<i>G. clarum</i>	0.40	B abc	0.78	A ab	76	A a	34	B a
4	0.22	B cd	0.50	A cde	21	A def	3	B c
7	0.32	B bcd	0.78	A ab	7	A fg	1	A c
12	0.56	B ab	0.90	A a	39	A c	21	B ab
13	0.63	A a	0.67	A abcd	55	A b	15	B bc
15	0.38	B abc	0.87	A a	33	A cd	1	B c
33	0.22	B cd	0.46	A de	29	A cde	16	B bc
35	0.27	B cd	0.52	A cde	39	A c	8	B bc
38	0.14	B cd	0.47	A de	10	A fg	1	A c
40	0.11	B d	0.71	A abcd	19	A ef	6	B bc
42	0.14	B cd	0.39	A e	6	A fg	2	A c
48	0.16	B cd	0.85	A a	14	A efg	13	A bc
66	0.16	B cd	0.57	A bcde	30	A cde	5	B bc

\* Letras minúsculas comparam médias dos tratamentos de inoculação dentro de cada dose de P, ao nível de 5% pelo teste Tukey; letras maiúsculas comparam médias dos tratamentos de doses de fósforo, dentro de cada tratamento de inoculação, ao nível de 5% pelo teste Tukey, em cada característica avaliada.

Para o híbrido Tainung n<sup>o</sup> 1, na dose de 20 mg.dm<sup>-3</sup> de P, todas as populações promoveram maior crescimento da planta que o controle, mas apenas as de número 25 e 27, juntamente com o *G. clarum*, foram significativamente superiores (Tabela 5).

Com a aplicação de 140 mg.dm<sup>-3</sup> de P ao solo a resposta à micorriza diminuiu em todos os tratamentos de inoculação devido ao maior crescimento proporcional do tratamento não inoculado, não havendo efeito depressivo

significativo para qualquer das populações testadas. Observa-se que as populações 25 e 27 promoveram produção de matéria seca, na dose 20 mg.dm<sup>-3</sup> de P, equivalente àquela promovida pela aplicação de 140 mg.dm<sup>-3</sup> de P no tratamento não-inoculado.

Diferentemente da variedade Sunrise Solo, na dose 20 mg.dm<sup>-3</sup> de P, todas as populações testadas em Tainung n<sup>o</sup> 1 apresentaram taxa de colonização radicular acima de 30% (Tabela 5), o que pode estar relacionado com diferenças ao nível da interação fungo-planta (genótipo), já que o fungo utilizado como referencial, *G. clarum*, promoveu maior colonização na variedade Sunrise Solo. Este resultado sugere populações mais infectivas, com potencial para estudo da eficiência dos seus isolados e dos efeitos do manejo sobre sua eficiência. O aumento da dose de P para 140 mg.dm<sup>-3</sup> causou redução significativa na taxa de colonização para todos os fungos, mas *G. clarum* permaneceu superior ao controle não-inoculado.

Tabela 5. Produção de matéria seca da parte aérea e percentual de colonização micorrízica de plantas de mamoeiro, variedade Tainung-1 submetidas à inoculação de diferentes populações de fungos nativos, em duas doses de fósforo.

Fungo / População	Parte Aérea (g/planta)				Colonização (%)			
	20 mg.dm <sup>-3</sup>		140 mg.dm <sup>-3</sup>		20 mg.dm <sup>-3</sup>		140 mg.dm <sup>-3</sup>	
Controle	0.15	B d	0.71	A ab	1	A c	1	A b
<i>G. clarum</i>	0.42	B bc	0.75	A ab	49	A ab	29	B a
24	0.29	B cd	0.58	A b	65	A a	12	B ab
25	0.69	B a	0.88	A a	38	A b	15	B ab
27	0.60	B ab	0.96	A a	59	A ab	19	B ab
30	0.33	B cd	0.82	A ab	37	A b	6	B ab

\* Letras minúsculas comparam médias dos tratamentos de inoculação dentro de cada dose de P, ao nível de 5% pelo teste Tukey; letras maiúsculas comparam médias dos tratamentos de doses de fósforo, dentro de cada tratamento de inoculação, ao nível de 5% pelo teste Tukey, em cada característica avaliada.

### 3.3. Experimento 3 - Eficiência micorrízica de isolados de populações nativas do agrossistema mamoeiro

O pH do solo teve um grande efeito sobre a matéria seca da parte aérea das plantas, ocorrendo maior produção em pH 6,2 para os fungos *A. scrobiculata*, *G. clarum* e os isolados 22, 27 e 29 (Tabela 6). Plantas não inoculadas não diferiram entre os dois valores de pH. O grau de acidez também alterou a resposta da planta à inoculação dos fungos MA. A pH 5,3; apenas *A. scrobiculata* diferiu significativamente do controle, evidenciando sua maior adaptabilidade à condição de solo ácido. Entretanto, enquanto no experimento de seleção inicial o fungo *A. scrobiculata* proporcionou eficiência micorrizica de 74,4%, neste experimento, a pH 5,3, o valor foi de apenas 50%. Deve-se observar, entretanto, que a pH 5,3 as plantas controle apresentaram uma colonização de mais de 10%, o que pode ter contribuído para um menor efeito da inoculação. A pH 6,2 houve maior produção de matéria seca da parte aérea com a inoculação dos fungos *A. scrobiculata*, *G. clarum* e os isolados 22, 27 e 29.

Avaliando-se a taxa de colonização radicular (Tabela 6), observa-se que houve influência do pH do solo, dependendo do fungo inoculado. O efeito mais pronunciado ocorreu para os fungos *G. clarum* e os isolados 18, 22 e 29, nos quais a colonização a pH 6,2 foi significativamente maior do que a pH 5,3. Neste pH o isolado 18 não colonizou as raízes das plantas. Para os isolados 35 e 38 não houve colonização ou os valores foram muito baixos em ambos os valores de pH. Pode-se inferir que a inoculação na forma de esporos deve ter contribuído para esse resultado. Para isto, podem-se comparar os dados desse experimento com a colonização obtida para as populações 35 e 38 no experimento anterior, onde o

inóculo era formado por mais de um tipo de propágulo, ressaltando-se, entretanto, que outras espécies também estavam presentes.

Tabela 6. Produção de matéria seca da parte aérea e percentual de colonização micorrizica de plantas de mamoeiro, variedade Tainung n<sup>o</sup>1 submetidas à inoculação de diferentes fungos MA exóticos e nativos, em solo com dois valores de pH.

Fungo	Parte Aérea (g/planta)				Colonização (%)			
	pH 5,3		pH 6,2		pH 5,3		pH 6,2	
Controle	0.19	A b	0.26	A ef	16	A bcd	3	A d
<i>A. scrobiculata</i>	0.37	B a	0.56	A bc	43	A a	56	A a
<i>G. clarum</i>	0.28	B ab	0.49	A cd	5	B cd	70	A a
Iso 18	0.28	A ab	0.37	A de	0	B d	19	A cd
Iso 22	0.28	B ab	0.90	A a	10	B cd	50	A ab
Iso 27	0.24	B ab	0.44	A cd	28	A abc	28	A bc
Iso 29	0.22	B ab	0.68	A b	36	B ab	54	A a
Iso 35	0.12	A b	0.12	A f	5	A cd	0	A d
Iso 38	0.19	A b	0.23	A ef	5	A cd	0	A d
Iso 46	0.19	A b	0.20	A f	12	A cd	12	A d

\* Letras minúsculas comparam tratamentos de inoculação dentro de cada valor de pH, ao nível de 5% pelo teste Tukey; letras maiúsculas comparam as médias entre os valores de pH, dentro de cada tratamento de inoculação, ao nível de 5% pelo teste Tukey, em cada característica avaliada.

A pH 5,3 os maiores valores de colonização foram detectados para os fungos *A. scrobiculata*, Iso-27 e Iso-29. A pH 6,2, *G. clarum* e *A. scrobiculata* promoveram os maiores percentuais de colonização, seguidos pelos isolados 22, 27 e 29.

Dos fungos que diferiram do controle, os dois que promoveram maior eficiência são isolados da região do Oeste da Bahia. O Iso-22 pertence à espécie *G. etunicatum* e o Iso-29 ao gênero *Gigaspora*. Confirmando o experimento

anterior os isolados provenientes do Extremo Sul da Bahia não promoveram resposta significativa na planta.

#### 4. DISCUSSÃO

A avaliação de fungos em condições controladas é indicada como uma primeira etapa num programa de seleção (Abbott e Robson, 1982). Burckhardt e Howeler (1985), trabalhando com mandioca, verificaram que apenas os fungos classificados como altamente infectivos em condições sem competição foram mais aptos a competir sob condições de solo não tratado. Para o mamoeiro, dentre os fungos já testados em outros trabalhos em condição de solo fumigado, destacam-se o *G. etunicatum* (Weber e Amorim, 1994), *Gi. calospora* (Ramirez et al., 1975), *G. clarum* (Silva e Siqueira, 1991), *G. macrocarpum*, (Mohandas, 1992 e Auler, 1995), *G. mosseae* (Mohandas, 1992 e Mohandas et al., 1995), *G. fasciculatum* (Mohandas et al., 1995) e mistura de *Entrophospora* e *Glomus* (Azevedo e Silveira, 1994).

A diferença de eficiência micorrízica entre as duas variedades avaliadas pode ser inicialmente atribuída a dois fatores: o menor crescimento das plantas do tratamento controle e o maior crescimento das plantas que receberam a inoculação, na variedade Tainung n<sup>o</sup>1, em relação a Sunrise Solo. Isso sugere que a variedade Tainung n<sup>o</sup>1 é mais responsiva a fungos micorrízicos.

A associação entre taxa de colonização e resposta da planta à inoculação nem sempre é verificada (Abbott e Robson, 1982), principalmente quando se têm outros fatores a considerar, como o teor de P no solo. Entretanto, quando se trata de comparação entre fungos para uma mesma variedade de planta, essa relação fica mais clara de ser demonstrada, como no presente trabalho, pois é a capacidade intrínseca do fungo que está sendo expressada. Além do mais, por se

tratar de plantas jovens, a colonização deve manter-se ativa, relacionando-se então com o crescimento daquelas.

O tempo de cultivo das mudas pode ter limitado a expressão do efeito da inoculação de alguns fungos como os isolados regionais de *Acaulospora*, pois, embora não tenham apresentado incremento final de matéria seca significativamente maior do que o controle não-inoculado, isto poderia acontecer em mudas com idade superior às produzidas neste experimento, o que encontra respaldo na maior absorção de P e pelos dados de altura de plantas. É possível que nesses fungos a colonização tenha ocorrido com atraso por perda de potencial de inóculo em função do longo tempo de seu armazenamento em condições ambientais. Um dos grandes problemas com a avaliação da eficiência dos fungos MA está na falta de padronização do número de propágulos, já que a taxa inicial de colonização está associada ao potencial de inóculo e, conseqüentemente, à rapidez em que os efeitos na planta são detectados (Hepper et al., 1988). Abbott e Robson (1984) observaram que fungos que apresentavam percentual de colonização semelhante em uma determinada época, apresentaram valores distintos em uma etapa inicial do processo, o que se relacionou com a produção de hifas externas, que por sua vez é um fator determinante da eficiência de absorção de P pela planta (Jakobsen et al., 1992).

Os dados revelaram que existem populações de FMA eficientes ou não nos pomares de mamoeiro, sendo esta eficiência influenciada não só pela composição qualitativa da população, mas também pela capacidade infectiva, e que por sua vez pode ser uma conseqüência daquela. Das populações eficientes, avaliadas em Sunrise Solo, há predomínio de *G. etunicatum* e *A. mellea*, enquanto que daquelas avaliadas em Tainung nº 1, a população 25 apresenta predomínio de fungos do gênero *Acaulospora*, e a população 27 é dominada por espécie de *Gigaspora*. Dos fungos avaliados, apenas aqueles procedentes do

Extremo Sul da Bahia não promoveram crescimento significativo em relação ao controle, indicando que um ou mais componentes do sistema estariam influenciando na seleção de espécies menos eficientes. Fatores como intensidade do uso de pesticida e adubação nitrogenada devem ser levados em consideração. Johnson (1993) detectou relação entre o histórico de adubação de sítios e a eficiência micorrízica, em que fungos menos eficientes foram provenientes de solo com regime de adubação intenso, sugerindo que a inclusão de um programa de adubação com base no conhecimento de pesquisa, associado a um programa de inoculação controlada ou de manejo, pode trazer benefícios para os plantios dessa região.

A existência de populações eficientes sugere que nos locais onde foram obtidas, um manejo que venha a aumentar o número de propágulos pode resultar em incrementos na produção da planta, levando-se em consideração o emprego de um esquema de adubação compatível com a resposta à micorriza. A aplicação de  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P, além de reduzir a colonização, diminuiu a eficiência micorrízica, promovendo, inclusive, efeitos deletérios. Isso se pode revestir de um significado prático, considerando-se que em teores mais elevados de P no solo, algumas espécies/isolados podem comportar-se como parasitas e que doses altas de fósforo são regularmente aplicadas nos solos cultivados com mamão, onde, nas regiões amostradas, predominam solos de textura arenosa e, portanto, de baixa capacidade tampão.

Considerando-se que o processo de obtenção das populações provocou um aumento no potencial de inóculo dos fungos nativos, isto reforça a idéia de que com um manejo adequado de cultura e da adubação, é possível reduzir o fornecimento de fósforo e não perder rendimento na produção em função dos benefícios provocados pela população nativa. Os dados referentes à responsividade micorrízica (Capítulo 5) demonstraram que, tendo-se um potencial

elevado de inoculação no solo, e, conseqüentemente, plantas colonizadas com fungos eficientes, seria possível reduzir a dose de P aplicada sem prejuízo para a produção. Os dados aqui apresentados corroboram essa expectativa, com o aval de que se trata de população de fungos nativos, obtidos com o uso de uma cultura multiplicadora, indicando a possibilidade do uso dessa prática para manter a produção com menor uso de insumos, contribuindo para a sustentabilidade do sistema. Esses dados indicam ainda a necessidade de se testarem “in loco” os efeitos de um manejo com base em rotação com culturas de ciclo curto. Testes dessa natureza já foram realizados em outros agrossistemas e comprovaram o efeito de culturas antecessoras no aumento do potencial de inóculo e seus efeitos benéficos no desenvolvimento da cultura-alvo (Dodd et al., 1990).

Alguns isolados apresentaram baixos valores de colonização, discordando dos dados obtidos com o uso de populações. Dois fatores devem ter contribuído: menor potencial de inóculo proporcionado por esporos e provável dormência apresentada por esporos de *Acaulospora* e *Entrophospora* sp. recentemente formados e que compõem os isolados. Trabalhos têm demonstrado a importância de raízes colonizadas (Tommerup e Abbott, 1981) e hifas externas (McGee et al., 1997) na colonização inicial das plantas. A ocorrência de hifas viáveis em segmentos de raiz pode explicar parte da discrepância dos resultados obtidos entre número de esporos e número de propágulos (Porter, 1979) e entre número de esporos e percentagem de colonização (Hayman e Stovold, 1979). Por outro lado, esporos mais velhos de algumas espécies apresentam taxas de germinação mais rápidas do que aqueles formados recentemente (Hepper e Smith, 1976). Períodos de dormência que se estenderam de algumas semanas a vários meses foram relatados por Tommerup (1983).

Em função de um elevado potencial de inóculo e uma maior adaptabilidade a condições ácidas, apenas *A. scrobiculata* promoveu maior



crescimento das plantas a pH 5,3. Esta espécie se mostra versátil quanto à adaptação ao pH do solo, já que também apresentou elevada colonização e resposta das plantas quando o pH foi elevado para 6,2. A maior produção da parte aérea das mudas em pH 6,2 está de acordo com a informação obtida por Awada et al. (1975) em experimentos de campo conduzidos no Havai onde a produção ótima de mamão foi atingida quando o pH do solo estava entre 5,5 e 6,7. A eficiência micorrizica também foi favorecida por um pH mais elevado, indicando que em solos com pH ácido a eficiência de fungos nativos pode ser baixa ou nula. Coincidentemente ou não, os fungos nativos mais eficientes (isolados 22, 27 e 29) foram obtidos de solo com pH acima de 6,0. Cabe testar se o pH do solo tem influência na seleção de fungos mais ou menos eficientes. Por outro lado, ao se pretender efetuar seleção de fungos para a cultura deve-se observar o valor de pH do solo. A maior eficiência micorrizica em solos com pH mais elevado pode estar diretamente relacionada com a colonização micorrizica diferenciada. Para aqueles tratamentos de inoculação em que o pH não alterou a eficiência micorrizica, significa que o efeito do pH do solo no crescimento da planta esteve relacionado com a sua fisiologia intrínseca e não com a associação micorrizica.

Dentre os isolados eficientes estão espécies que compõem as populações 25 e 27, as quais apresentaram eficiência no experimento de teste de populações, comprovando, portanto, a existência de isolados nativos altamente eficientes para a cultura. A discrepância dos valores de eficiência micorrizica verificada para *G. clarum* entre este experimento e o de seleção inicial pode ser explicada pela fonte de inóculo que, no caso da seleção anterior, foi mista. No presente caso, a utilização de apenas esporos como fonte de inóculo pode ter retardado o início da colonização e seus efeitos. A importância relativa de cada tipo de propágulo na colonização pode variar com a espécie de fungo (Tommerup e Abbott, 1981).

Em se tratando de um trabalho de seleção, é importante que o fungo apresente colonização intensa e rápida, resultando em resposta também maior e mais rápida. Os fungos que não diferiram do controle também apresentaram colonização radicular baixa ou nula, de forma que não se pode inferir que não tenham sido eficientes, mas sim pouco infectivos. Devem-se levar em conta as sugestões já apresentadas da forma de inóculo e uma possível dormência de esporos de algumas espécies.

## 5. CONCLUSÕES

- *G. clarum*, *A. scrobiculata* e *Gi. margarita* foram os fungos introduzidos mais eficientes;
- verificou-se que 44% das populações nativas testadas colonizaram as plantas mas foram pouco ou com nenhuma eficiência;
- a eficiência das populações foi reduzida em alta de P no solo (140 mg dm<sup>-3</sup>);
- a avaliação dos isolados com base nas populações mais eficientes permitiu a seleção de três isolados nativos promissores, sendo estas da *G. etunicatum* e *Gigaspora* spp. e provenientes da região Oeste da BA;
- a acidez do solo influenciou a eficiência micorrízica, a qual foi favorecida no pH 6,2.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: Powell, C.L. ; Bagyaraf, D.J. (eds). VA Mycorrhiza, CRC-Press, Inc. Boca Raton, Florida., 1984, pp. 114-130.
- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The role of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, 33(2):389-408, 1982.
- AMBLER, J.R.; YOUNG, J.L. Techniques for determining root length infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 4(3):551-556, 1977.
- AULER, P.A.M. Desenvolvimento inicial do mamoeiro (*Carica papaya* L.) relacionado à disponibilidade de fósforo no solo e à colonização pelo fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus macrocarpum*. UNESP, 1995, 94p (Tese Mestrado).
- AWADA, M.; SUEHISA, R.; KANEHIRO, Y. Effects of lime and phosphorus on yield, growth, and petiole composition of papaya. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, 100(2):294-298, 1975.
- AZEVEDO, I.C.; SILVEIRA, A.P.D. Efeito da adubação fosfática e de fungos micorrízicos arbusculares na produção de muda de mamoeiro. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, XIII, V. 2, Salvador, 1994. Resumos ... Salvador, SBF, 1994. p. 685-686.
- BURCKHARDT, E.A.; HOWELER, R.H. Efecto de la inoculación de cepas de micorriza sobre el crecimiento de la yuca en varios suelos naturales en el invernadero. In: SIEVERDING, E., SAANCHEZ DE PRAGER, M., and BRAVO O., N. S (eds.) *Investigaciones sobre Micorrizas en Colombia*, Universidade Nacional de Colombia, Fac. Ciencias Agropecuarias Palmira. 1985, pp. 140-153.
- DODD, J.C.; ARIAS, I.; KOOMEN, I.; HAYMAN, D.S. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem: the effect of pre-cropping and inoculation with VAM-fungi on plant growth and nutrition in the field. *Plant and Soil*, The Hague, 122(2):229-240, 1990.

- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of British Mycological Society, Cambridge*, 46(2):235-244, 1963.
- GIANINAZZI-PEARSON, V., GIANINAZZI, S.; TROUVELOT, A. Evaluation of the infectivity and effectiveness of indigenous vesicular-arbuscular fungal populations in some agricultural soils in Burgundy. *Canadian Journal of Botany, Ottawa*, 63(8), 1521-1524, 1985.
- HAYMAN, D.S.; STOVOLD, G.E. Spore populations and infectivity of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in New South Wales. *Australian Journal of Botany*, 27(2): 227-233, 1979.
- HEPPER, C.M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROSENDAHL, S.; SEN, R. Competition between three species of *Glomus* used as spatially separated introduced and indigenous mycorrhizal inocula for leek (*Allium porrum* L.). *The New Phytologist, Oxford*, 110(2):207-215, 1988.
- HEPPER, C.M.; SMITH, G.A. Observations on the germination of *Endogone* spores. *Transactions of British Mycological Society, Cambridge*, 66(2):189-194, 1976.
- 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. *The New Phytologist, Oxford*, 120(3):371-380, 1992.
- JOHNSON, N.C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae?. *Ecological Applications*, 3(4):749-757, 1993.
- LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Germinação de esporos e crescimento do tubo germinativo de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em diferentes concentrações de alumínio. *Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, 13(2):151-154., 1989.
- McGEE, P.A.; PATTINSON, G.S.; HEATH, R.A.; NEWMAN, C.A. & ALLEN, S.J. Survival of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in soils in eastern Australia used to grow cotton. *The New Phytologist, Oxford*, 135(6): 773-780, 1997

- MOHANDAS, S. Effect of VAM inoculation on plant growth, nutrient level and root phosphatase activity in papaya (*Carica papaya* cv. Coorg Honey Dew). **Fertilizer Research**, Dordrecht, 31(3):263-267, 1992.
- MOHANDAS, S.; SHIVANANDA, R.N.; IYENGAR, B.R.V. Uptake of <sup>32</sup>P labelled superphosphate by endomycorrhizal papaya (*Carica papaya* cv. Coorg Honey Dew). **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, 24(2): 220-224, 1995.
- MORTON, J.B.; BENTIVENGA, S.P.; BEVER, J.D. Discovery, measurement, and interpretation of diversity in arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes). **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, 73 (Suppl. 1): S25-S32, 1995.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, 55(1):158-161, 1970.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility: I. mycorrhizal dependency under field conditions. **Plant and Soil**, The Hague, 70(2):199-209, 1983.
- POWELL, C.LI. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, 68(1):3-9, 1982.
- RAMIREZ, B. N.; MITCHELL, D. J. ; SCHENCK, N. C. Establishment and growth effects of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on papaya. **Mycologia**, New York, 67(10):1039-1041, 1975.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas. Fundação Arthur Bernardes, Versão 5.0. 1993.
- 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 do Solo**, Campinas, 15(3):283-288, 1991
- TOMMERUP, I.C. Spore dormancy in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, 81(1):37-45, 1983.

**TOMMERUP, I.C.; ABBOTT, L.K.** Prolonged survival and viability of VA mycorrhizal hyphae after root death. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, 13(3):431-433, 1981.

**WEBER, O.; AMORIM, S.M.C.** Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrizicos vesiculo-arbusculares em mamoeiro "solo". **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 18(2):187-191, 1994.

## CAPÍTULO 4

### POTENCIAL DE INOCULAÇÃO E COMPETITIVIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES PARA O MAMOEIRO

#### RESUMO

TRINDADE, Aldo Vilar. **Potencial de inoculação e competitividade de fungos micorrízicos arbusculares para o mamoeiro.** UFLA, 1998, 40 p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)\*

Para que os fungos micorrízicos possam ser utilizados num programa de inoculação é necessário que sejam capazes de apresentar eficiência simbiótica em condições de competição com populações indígenas de fungos. Foram desenvolvidos quatro experimentos em condições de casa-de-vegetação na *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas, BA, com o objetivo de avaliar o potencial de inoculação e a capacidade competitiva de fungos pré-selecionados, utilizando-se solo não-fumigado ou inoculação conjunta de populações nativas. Empregou-se a variedade Tainung nº 1 em um latossolo amarelo álico contendo  $3 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P disponível. No primeiro experimento o solo recebeu doses crescentes de P (0, 20, 40, 80 e  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$ ), sendo avaliado o efeito da inoculação de três fungos exóticos e três nativos, em solo não-fumigado. No segundo e terceiro experimentos foram empregadas diferentes proporções de inóculo entre fungos pré-selecionados e populações nativas: 0/0%, 0/100%, 25/75%, 50/50%, 75/25% e 100/0%, em percentagem de um total de 200 esporos por planta, sendo que no segundo o inóculo foi fornecido apenas na forma de esporos, inoculados em mudas formadas em tubetes, as quais foram posteriormente transferidas para recipiente maior, contendo solo fumigado. No terceiro experimento foram usadas populações diferentes e solo como fonte de inóculo. As plantas foram crescidas por 75 dias após a repicagem, em recipientes contendo solo fumigado. Nestes dois experimentos fez-se avaliação da produção de matéria seca da parte aérea, teores de nutrientes, colonização total e qualitativa, com base no percentual de estruturas intra-radiculares. O quarto experimento foi realizado em recipientes contendo  $0,2 \text{ dm}^3$  de solo fumigado, onde se fez a inoculação isolada dos fungos e populações, utilizados no experimento anterior. As plantas foram coletadas aos 10, 20 e 30 dias após inoculação, obtendo-se o percentual de colonização total, comprimento radicular e comprimento de raiz colonizada. Todos os fungos inoculados com destaque para

---

\* Comitê de Orientação: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Orientador). Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA.

*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* e o isolado nativo 29, mostraram-se mais eficientes que os fungos indígenas do solo não fumigado. *Gi. margarita* mostrou-se mais competitivo e eficiente que a população 35. O mesmo não ocorreu com as populações 07B e 09B, as quais apresentavam predominância de *G. etunicatum*. O isolado 29 de *Gigaspora*, mostrou-se mais competitivo que o exótico *Gi. margarita*. Conclui-se que fungos previamente selecionados em solo fumigado mostraram-se eficientes também em condição de competição.



## ABSTRACT

### INOCULUM POTENTIAL AND COMPETITIVENESS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN PAPAYA \*


In order to be used in a inoculation program efficient arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) must be able to compete with the indigeneous fungal population. Four experiments were conducted in the greenhouse at the National Center of Research of Cassava and Tropical Fruits at Cruz das Almas, Brazil, with the objective to evaluate the inoculum potential and competitiveness of selected AMF, using natural soil or with simultaneous inoculation of native populations. The Tainung n° 1 variety was used a Yellow Oxisol with  $3 \text{ mg.dm}^{-3}$  of available P. In the first experiment six exotic and native AMF were tested in the presence of five rates of P (0, 20, 40, 80 e  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) added to a non-fumigated soil. In the second and third experiments different ratios of inoculum of selected fungi and native populations (0/0%, 0/100%, 25/75%, 50/50%, 75/25% and 100/0% of fungi/population) were used as percentual of a total of 200 spores per plant. In the second experiment, inoculum was composed by spores, only, which were inoculated in small pots, being then transfered to pots containing fumigated soil. In the third experiment it was used different population and inoculum was composed of soil. Plants were allowed to grow for 75 days after transplanting in fumigated soil. In all experiments, shoot dry weight, nutrient contents, total and qualitative colonization were measured. In the last experiment it was used pots of  $0,2 \text{ dm}^{-3}$  containing fumigated soil where fungi and populations tested before, were inoculated without competing fungi. Plants were collected at 10, 20 and 30 days after inoculation, obtaining total colonization and length of colonized root. All inoculated fungi were more efficient than the indigenous ones in the first experiment, *G. clarum*, *Gi. margarita* and isolate 29 were the best ones. In the subsequent experiment, *Gi. margarita* was more competitive and efficient than population 35. Populations 07B and 09B which were dominated by spores of *G. etunicatum* behave differently. The native isolate 29 which belongs to *Gigaspora* was more competitive and efficient than the exotic *Gi. margarita*. This isolate showed a rapid colonization therefore indicating high agressiveness. In conclusion, the fungi initially selected in fumigated soil were also efficient in conditions of competition.

---

\* Guidance Committee: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Orientador), Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA.

## 1. INTRODUÇÃO


Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) têm sido estudados visando sua aplicação para incrementar o desenvolvimento e produção das culturas mediante seus efeitos na nutrição das plantas e outros benefícios diretos e indiretos. Entretanto, existem alguns obstáculos a isto, dentre os quais a competição com fungos indígenas, que pode comprometer a eficiência simbiótica dos fungos introduzidos (Plenchette et al., 1981; Manjunath et al., 1983; Balakrishna et al., 1996). Num sentido restrito, a eficiência simbiótica dos fungos MA resulta de interações complexas entre a capacidade da planta em satisfazer seus requerimentos de P e a habilidade do fungo em prover esse nutriente à planta hospedeira (Koide, 1991). Num sentido mais amplo, fungo eficiente é considerado aquele que, nas condições de fertilidade do solo, consegue sobreviver, colonizar as raízes, competir com outros microorganismos, incluindo outros fungos micorrízicos, produzir grande volume de hifas externas e estabelecer relação mutualista com a planta (Siqueira, 1991). Quando os fungos são testados em condições diferentes de fertilidade pode-se estimar a eficiência de cada fungo em relação à população nativa (Saggin Júnior e Siqueira, 1995). Por meio desse procedimento pode-se prever o grau de sucesso ou fracasso da inoculação em condições de campo em solos com diferentes características químicas e populações de fungos micorrízicos indígenas. Dentre os fatores que definem a infectividade e a capacidade competitiva de um fungo em um determinado momento estão o tipo, taxa de germinação e número de seus propágulos, ou seja, seu potencial de inóculo. A densidade de inóculo é reconhecidamente um fator que influencia na resposta de crescimento da planta à inoculação de um determinado fungo (Haas e Krikun, 1985; Wilson, 1984). Powell (1980) relatou uma relação inversa entre a densidade de inóculo nativo no solo e a resposta de crescimento da planta à



inoculação, demonstrando a importância do potencial de inóculo nativo sobre o sucesso da inoculação. Entretanto, mesmo em solos com elevado potencial de inóculo, a inoculação com fungos eficientes pode gerar respostas positivas (Medina et al., 1988), indicando que em adição à abundância de fungos indígenas, informações sobre sua infectividade e eficiência sob condições de solo adubado são necessárias para acessar os locais em potencial para responsividade à inoculação com fungos MA efetivos, fatores considerados como pré-requisitos para o sucesso de uma inoculação a campo (Wilson, 1984).

A capacidade de colonização é facilmente verificada por técnicas simples de coloração de raiz seguida por observação em lupa ou microscópio. Dados mais informativos podem ser obtidos em coletas sucessivas ao longo do tempo, permitindo avaliar a rapidez de colonização, que é uma característica determinante da habilidade competitiva do fungo (Hepper et al., 1988) e que também pode influenciar na eficiência micorrízica (Medina et al., 1988). Atualmente tem-se buscado adaptar técnicas de biologia molecular no estudo da competição entre fungos MA, mas ainda apresenta restrições. Por meio de avaliação de características diferenciadas como produção e abundância de vesículas (Wilson, 1984), é possível ter-se uma avaliação da capacidade competitiva entre espécies mas principalmente entre fungos de gêneros diferentes.

Tem sido verificado que o mamoeiro é uma planta com elevada resposta à colonização micorrízica (Weber e Amorim, 1994; Silva e Siqueira, 1989). Isolados das espécies *Glomus etunicatum* (Weber e Amorim, 1994), *Gigaspora calospora* (Ramirez et al., 1975), *G. clarum* (Silva e Siqueira, 1991), *G. macrocarpum*, (Mohandas, 1992 e Auler, 1995) e *G. mosseae* (Mohandas, 1992 e Balakrishna et al., 1996) foram apresentados como eficientes para a cultura. Entretanto, apenas o trabalho de Balakrishna et al. (1996) tratou da seleção de fungos em condição de solo não desinfestado.



Após ter-se avaliado a ocorrência da associação micorrizica em plantios comerciais de mamoeiro e efetuado trabalho de seleção de fungos eficientes para o desenvolvimento de plantas em solo fumigado, é importante testar os fungos em diferentes condições de competição. Assim, este trabalho objetivou avaliar a eficiência simbiótica, em solo não-fumigado, de fungos pré-selecionados e estimar o potencial de inoculação; avaliou-se também a competitividade e infectividade em relação a populações de fungos nativos no mamoeiro.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Aspectos Gerais

Foram realizados quatro experimentos em condições de casa-de-vegetação na *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas, BA, e da UFLA, Lavras, MG, empregando-se diferentes fungos, exóticos e nativos, pré-selecionados. Os experimentos foram desenvolvidos no período de setembro/97 a fevereiro/98, utilizando-se amostra de um latossolo amarelo álico, coletado na área experimental da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, com uso de pastagem nativa, na profundidade de 10 - 30 cm, apresentando a seguinte caracterização: textura franco argilo-arenosa; pH 4,4;  $3 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P;  $31 \text{ mg.dm}^{-3}$  de K,  $8 \text{ mmol}_e.\text{dm}^{-3}$  de Ca;  $4 \text{ mmol}_e.\text{dm}^{-3}$  de Mg;  $8 \text{ mmol}_e.\text{dm}^{-3}$  de Al e  $16,1 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica. O solo recebeu calagem (1,6 t/ha) com base no cálculo do Al trocável ( $\text{NC} = \text{Al}^{3+} \times 2$ ), utilizando-se  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , p.a. em mistura de Ca:Mg de 4:1 (em  $\text{mmol}_e$ ). Após incubação o solo apresentou pH 6,3.

## 2.2. Experimento 1: Eficiência simbiótica de fungos MA em solo não-fumigado e suprimento de doses de P.

Neste experimento utilizou-se amostra de solo não-fumigado para avaliar diferentes fungos pré-selecionados quanto a promoção de crescimento e absorção de nutrientes. Após passagem em peneira de malha de abertura de 4 mm fez-se a correção da acidez. O solo recebeu aplicação de  $80 \text{ mg.dm}^{-3}$  de K (KCl),  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$  de N e  $23 \text{ mg.dm}^{-3}$  de S  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ .

O experimento constou de um fatorial  $5 \times 8$ , sendo cinco doses de P (0, 20, 40, 80 e  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) e 8 tratamentos fúngicos, referentes a seis tratamentos de inoculação em solo não-fumigado, utilizando-se fungos pré-selecionados, um tratamento em solo não-fumigado, não-inoculado, referente aos fungos indígenas e um tratamento controle não-inoculado, em solo fumigado (bromex na dose de  $393 \text{ cm}^3.\text{m}^{-3}$  de solo). Foram utilizadas quatro repetições distribuídas em blocos casualizados.

O fósforo foi fornecido na forma de superfosfato triplo após moagem em almofariz de porcelana e passagem em peneira de malha de abertura de 0,1 mm, para diminuir o tempo de reação no solo. Após incubação o solo passou a apresentar 2, 10, 20, 44 e  $85 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P (Mehlich-1) para as doses aplicadas, respectivamente. Os fungos inoculados constituíram-se de três exóticos (*Gi. margarita*, Maguari, MG; *A. scrobiculata* e *G. clarum*, UFLA, MG) e três nativos (isolados 22 – *Glomus* sp., 29 – *Gigaspora* sp. e 35 – mistura de *A. mellea*, *E. colombiana* e *Entrophospora* sp.). Os fungos exóticos foram multiplicados em substrato formado por mistura de solo: areia (3:1) fumigada com brometo de metila, utilizando-se sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) como cultura. A obtenção dos isolados seguiu procedimento descrito pelo INVAM (Invam, 1996), utilizando-se mistura de solo : areia : vermiculita (2:1:1) como substrato e sorgo como cultura. A população foi obtida conforme metodologia

descrita no capítulo 2. A quantidade de cada inóculo aplicada visou a um fornecimento mínimo de 500 esporos por planta. O solo apresentava originalmente 11 esporos/g.

Utilizaram-se plantas da variedade Tainung n° 1 pré-germinadas em mistura de areia + vermiculita (2:1), apresentando pelo menos um par de folhas definitivo. Como recipientes de cultivo utilizaram-se sacos plásticos contendo 1,5 dm<sup>3</sup> de solo.

Os fungos foram inoculados no ato da repicagem, dispondo-se o inóculo (solo, raízes, esporos e micorrizas) em torno das raízes de plântulas da variedade Tainung n° 1. No tratamento não-inoculado em solo fumigado, fez-se aplicação de um filtrado obtido por passagem de suspensão do solo não-fumigado em peneira de 400 "mesh" (0,037 µm de abertura). Aos 10 e 25 dias após a repicagem fez-se aplicação de solução completa de micronutrientes, fornecendo-se um total de 0,81 mg.dm<sup>-3</sup> de B, 3,6 mg.dm<sup>-3</sup> de Mn, 1,3 mg.dm<sup>-3</sup> de Cu, 3,9 mg.dm<sup>-3</sup> de Zn, 0,15 mg.dm<sup>-3</sup> de Mo e 1,6 mg.dm<sup>-3</sup> de Fe. Aos 25 dias foi feita aplicação complementar de 10 mg.dm<sup>-3</sup> de nitrogênio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). O experimento foi coletado aos 50 dias após a repicagem, da qual a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo e seca em estufa de circulação forçada a 65-70°C por um mínimo de 72 horas, para obtenção do peso e determinação dos teores de nutrientes. Com esses dados fez-se o cálculo da eficiência de utilização de P (Siddiqui e Glass, 1981). O sistema radicular foi lavado em água corrente, seguindo-se amostragem em três pontos, coloração em azul de tripan (Phillips e Hayman, 1970) e avaliação do percentual de comprimento de raiz colonizada pelo método da interseção linear (Ambler e Young, 1977).

Quando significativa, a interação fungo x P foi desdobrada e o efeito do fósforo foi avaliado por regressão com base nas equações ajustadas para matéria seca da parte aérea em função das doses de P aplicadas ao solo, fez-se o cálculo

do benefício de P, benefício micorrízico, eficiência simbiótica com respectiva categorização e potencial de inoculação (Saggin Júnior e Siqueira, 1995), em que o benefício do P é dado pela área formada entre o eixo X (doses de P) e os pontos plotados pela equação de regressão do tratamento não-inoculado, em solo fumigado, de acordo com a expressão:

$$\text{Benefício do P, (BP)} = \int_0^{140} g(x) dx$$

O benefício micorrízico é calculado pela área formada pela diferença entre a curva do tratamento inoculado ou não, em solo não-fumigado e do controle não-inoculado em solo fumigado.

$$\text{Benefício micorrízico, (BM)} = \int_{x_2}^{x_1} |f(x) - g(x)| dx$$

em que  $f(x)$  é a função ajustada para plantas micorrizadas e  $g(x)$ , a função ajustada para plantas não micorrizadas. Os valores  $x_1$  e  $x_2$  referem-se ao intervalo de doses de P em que a planta micorrizada apresenta maior crescimento que a não micorrizada.

A eficiência simbiótica para cada fungo foi calculada de acordo com a expressão:

$$\text{ES(\%)} = \frac{\text{BM} \times 100}{\text{BP}}$$

O potencial de inoculação (PI) de cada fungo para o solo estudado, foi calculado, utilizando-se a equação a seguir:

$$PI (\%) = \left[ \frac{\text{Benefício micorrízico do fungo introduzido (exótico ou nativo)}}{\text{Benefício micorrízico dos fungos indígenas}} \times 100 \right] - 100$$

### 2.3. Experimentos 2 e 3: Interação de fungos eficientes com populações nativas do agrossistema mamoeiro

Nestes experimentos testou-se a competição, em solo fumigado, entre fungos eficientes, pré-selecionados e populações de fungos nativos, obtidas de plantios comerciais de mamoeiro.

No experimento 2 avaliou-se a interação entre o fungo *Gi. margarita* e a população número 35, obtida de plantios de mamoeiro e que, no experimento de avaliação de populações colonizou as raízes das plantas, mas não resultou em aumento significativo do crescimento destas. Esta população era composta de *A. mellea* (predominante), *E. colombiana*, *S. pellicida*, *G. occultum* e *G. etunicatum*. Os tratamentos foram formados pelo emprego de cinco diferentes proporções fungo/população, tendo um número único de 200 esporos por planta. As proporções fungo/população foram de 0/100%, 25/75%, 50/50%, 75/25% e 100/0%, o que representou o fornecimento das seguintes quantidades de esporos do fungo selecionado / população por planta: 0/200, 50/150, 100/100, 150/50 e 200/0. Foi empregado também um tratamento não-inoculado, totalizando seis tratamentos fúngicos, distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições.

Para a inoculação os esporos foram extraídos do solo-inóculo por peneiramento úmido com centrifugação em solução de sacarose 50% (Gerdeman e Nicolson, 1963). Em seguida foram colocados em placa de petri, contados e separados sob lupa (aumento de 40x), procedendo-se então as misturas nas proporções especificadas armazenando-se em tubos de vidro (1 cm x 7 cm) contendo água destilada, por três dias em geladeira (5-10°C).



Plântulas da variedade Tainung n<sup>o</sup>. 1 pré-germinadas em areia : vermiculita (1:1) e apresentando um par de folhas definitivas, foram transferidas para bandejas de isopor com células de seção quadrangular, contendo 60 cm<sup>3</sup> de substrato, constituído pela mistura de solo fumigado, areia grossa e vermiculita na proporção 1:1:1, acrescido de 5% de esterco bovino. Essa mistura apresentou pH 5,8, 21 mg.dm<sup>-3</sup> de P, 209 mg.dm<sup>-3</sup> de K, 12 mmol<sub>c</sub><sup>-</sup>.dm<sup>-3</sup> de Ca, 10 mmol<sub>c</sub><sup>-</sup>.dm<sup>-3</sup> de Mg, 0,5 mmol<sub>c</sub><sup>+</sup>.dm<sup>-3</sup> de Al, 1,3 mmol<sub>c</sub><sup>-</sup>.dm<sup>-3</sup> de Na e 23,1 g.kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. No ato da repicagem fez-se a inoculação dos fungos, nas proporções acima descritas, distribuindo-se os esporos na extensão das raízes, com auxílio de pipeta de Pasteur. Aos 35 dias após a repicagem fez-se aplicação complementar de 5 mg.dm<sup>-3</sup> de P, 5 mg.dm<sup>-3</sup> de N e micronutrientes.

As plantas cresceram nas bandejas por 46 dias, quando então foram transplantadas (raízes acompanhadas do substrato) para sacos plásticos contendo 1,5 dm<sup>3</sup> de solo fumigado e que recebeu adubação de 30 mg.dm<sup>-3</sup> de P (supertriplo), 80 mg.dm<sup>-3</sup> de K (KCl), 20 mg.dm<sup>-3</sup> de N e 23 mg.dm<sup>-3</sup> de S [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]. Foram feitas aplicações complementares de 5 mg.dm<sup>-3</sup> de N e 7 mg.dm<sup>-3</sup> de S aos 5 e 60 dias após a repicagem e de micronutrientes aos 17 dias após a repicagem. Nestas condições as plantas foram cultivadas por um período de 70 dias, quando foram coletadas para determinação do peso de matéria seca da parte aérea, teores de nutrientes e colonização radicular total (Ambler e Young, 1977). De cada amostra foram tomados dez segmentos de raiz colonizada, os quais foram montados em lâmina de vidro contendo glicerina e cobertos por laminulas. Com base na característica do gênero *Gigaspora* de não produzir vesículas e apresentar células auxiliares, utilizou-se a incidência dessas estruturas como parâmetro de avaliação da presença do fungo ou população na raiz em cada tratamento. Também fez-se avaliação da incidência de arbúsculos mediante

observação em microscópio com aumento de 200x, o que permitiu observar um campo de 0,9 mm de diâmetro.

No experimento 3 foram utilizados os fungos *Gigaspora margarita*, da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, o isolado nativo 29 (*Gigaspora* sp) e as populações 07B e 09B, obtidas de amostras de solo coletadas em plantios de mamoeiro do grupo Solo da região do Extremo Sul da Bahia, coletadas em maio de 1997, sendo multiplicadas sob cultivo com braquiária por quatro meses. Ao final deste período a parte aérea das plantas foi descartada e as raízes foram cortadas e incorporadas de volta ao solo o qual foi seco à sombra e armazenado em geladeira até utilização. A população 07B era composta da espécie *G. etunicatum* e a 09B, apresentava predominância de *G. etunicatum* além das espécies *Gigaspora* sp. e *G. occultum*.

Como base para o teste, utilizou-se o mesmo número de esporos por planta (200) e as mesmas proporções do experimento anterior. Entretanto, diferentemente do experimento anterior os fungos foram fornecidos como inóculo misto (raízes, esporos, hifas, micorrizas). Os tratamentos foram formados pela combinação dos dois fungos/isolados e das duas populações, de acordo com a Tabela 1, utilizando-se quatro repetições distribuídas em blocos casualizados.

TABELA 1. Definição dos tratamentos formados pela combinação de diferentes proporções entre dois fungos e duas populações de fungos micorrizicos.

Proporção (%)		Fungo	População
Fungo	População		
0	100	---	População 07B
0	100	---	População 09B
25	75	<i>Gi. margarita</i>	População 07B
25	75	<i>Gi. margarita</i>	População 09B
50	50	<i>Gi. margarita</i>	População 07B
50	50	<i>Gi. margarita</i>	População 09B
75	25	<i>Gi. margarita</i>	População 07B
75	25	<i>Gi. margarita</i>	População 09B
25	75	Isolado - 29	População 07B
25	75	Isolado - 29	População 09B
50	50	Isolado - 29	População 07B
50	50	Isolado - 29	População 09B
75	25	Isolado - 29	População 07B
75	25	Isolado - 29	População 09B
100	0	<i>Gi. margarita</i>	---
100	0	Isolado - 29	---
0	0	controle não-inoculado	

A inoculação foi feita no ato da repicagem das plântulas, variedade Tainung n<sup>o</sup> 1, para vasos contendo 1,5 dm<sup>3</sup> de solo, adubado com 30 mg.dm<sup>-3</sup> de P (supertríplo), 80 mg.dm<sup>-3</sup> de K (KCl), 20 mg.dm<sup>-3</sup> de N e 23 mg.dm<sup>-3</sup> de S [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]. Aos 20 e 62 dias após a repicagem, fez-se aplicação complementar de 5 mg.dm<sup>-3</sup> de N e 7 mg.dm<sup>-3</sup> de S; uma solução completa de micronutrientes foi aplicada aos 18 dias após a repicagem. Aos 72 dias após a repicagem as plantas foram coletadas obtendo-se o peso de matéria seca da parte aérea, teores de nutrientes e percentagem total de comprimento de raiz colonizada (Ambler e

Young, 1977). Fez-se também análise qualitativa da colonização como descrito no experimento anterior.

Procedeu-se à análise de variância dos dados, comparando-se as diferenças entre as médias dos tratamentos mediante teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### **2.4. Experimento 4 - Infectividade de fungos e populações**

Realizou-se um experimento em paralelo ao experimento 3, utilizando-se os mesmos fungos e populações, inoculados isoladamente, para avaliar a taxa de colonização em função do tempo.

Utilizou-se o mesmo solo preparado para o experimento 3, fumigado, contendo a mesma adubação inicial, sendo distribuído em copos plásticos com capacidade para 0,2 dm<sup>3</sup>. Foram testados cinco tratamentos, sendo quatro referentes à inoculação de cada fungo ou população, isoladamente, mais um controle, não inoculado. Para cada tratamento foram feitas 12 repetições em delineamento inteiramente ao acaso. Os fungos *Gi. margarita*, Iso-29, *Gigaspora sp.* e as populações 07B e 09B foram inoculados na forma de solo-inóculo, dispondo-o de 1 a 2 cm abaixo da superfície do solo. Imediatamente após fez-se a repicagem de sementes de *Tainung* n<sup>o</sup> 1, as quais foram previamente colocadas em substrato formado por areia e vermiculita (1:1) para início de germinação, apresentando-se no estágio de início da emissão da radícula por ocasião da repicagem. Aos 10, 20 e 30 dias após a repicagem, foram coletadas quatro repetições de cada tratamento, obtendo-se as raízes para avaliação do comprimento total de raízes (Newman, 1966) e percentual total de comprimento de raiz colonizada (Ambler e Young, 1977).

As médias dos tratamentos foram comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, dentro de cada época de coleta.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Experimento 1: Eficiência simbiótica de fungos MA em solo não-fumigado e suprimento de doses de P.

As doses de P aplicadas ao solo propiciaram um aumento quadrático no crescimento das plantas do tratamento controle, não-inoculado. Nessa condição o crescimento máximo seria atingido com a dose de  $116 \text{ mg.dm}^{-3}$ . A aplicação de P exerceu efeitos sobre a colonização e resposta das plantas à inoculação com diferentes fungos, (Figura 1). Observa-se um padrão diferenciado de resposta micorrízica entre os fungos exóticos e os isolados nativos. Para os primeiros ocorreu um grande incremento nas doses mais baixas de P seguindo-se uma tendência de estabilização, indicado pelo melhor ajuste dos dados ao modelo raiz quadrático. Para os fungos nativos o modelo quadrático foi o de melhor ajuste, com a resposta sendo crescente até doses de P em torno de  $80 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P para os isolados 29 e 35 e até  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P para o isolado 22. Dentre os fungos testados, apenas *A. scrobiculata* e o isolado 35 promoveram crescimento reduzido na maior dose de P, em relação ao tratamento controle. Os fungos indígenas promoveram o crescimento das plantas apenas nas doses mais baixas de P, embora o modelo ajustado sugira que neste tratamento fúngico as plantas responderiam à aplicação de doses maiores de P.

Os fungos indígenas do solo utilizado colonizaram significativamente as raízes da planta (Figura 1), mas esse parâmetro atingiu valores abaixo de 10% na maior dose de P. O padrão de percentual de colonização para os tratamentos de inoculação apresentou grande variação de resposta, sendo significativo os efeitos

de fósforo, inoculação e da interação. Com exceção do isolado 22 e do *Gi. margarita*, que tiveram seu percentual de colonização sempre decrescente com o aumento das doses de P, os demais fungos apresentaram um incremento nessa característica, em maior ou menor intensidade, nas doses mais baixas de P. Os valores de colonização para o iso-22 foram da mesma ordem daqueles dos fungos indígenas, os quais estavam distribuídos em todo o recipiente, em número de 11 esporos / g de solo. Os fungos inoculados *G. clarum* e *A. scrobiculata* apresentaram valores elevados de colonização, mesmo nas maiores doses de P. Os isolados 29 (*Gigaspora* sp.) e 35 (*Acaulospora* sp.) apresentaram incremento na colonização até doses de 80 mg.dm<sup>-3</sup> de P, mas uma elevada sensibilidade a doses mais elevadas (140 mg. dm<sup>-3</sup>).

A eficiência simbiótica dos fungos indígenas foi muito baixa, enquanto que para a maioria dos fungos inoculados foi alta, com exceção de *A. scrobiculata* que ficou num patamar inferior aos demais (Tabela 2). Para os exóticos *Gi. margarita*, *G. clarum* e os nativos, Iso-22 e Iso-29, não houve cruzamento das linhas ajustadas para matéria seca da parte aérea com aquela do tratamento controle não-inoculado, dentro da amplitude de doses de P testadas de forma que a eficiência simbiótica para estes fungos pode estar subestimada. Como resultado da baixa eficiência dos indígenas e da alta eficiência dos fungos inoculados, ocorreu um elevado potencial de inoculação para todos os fungos.

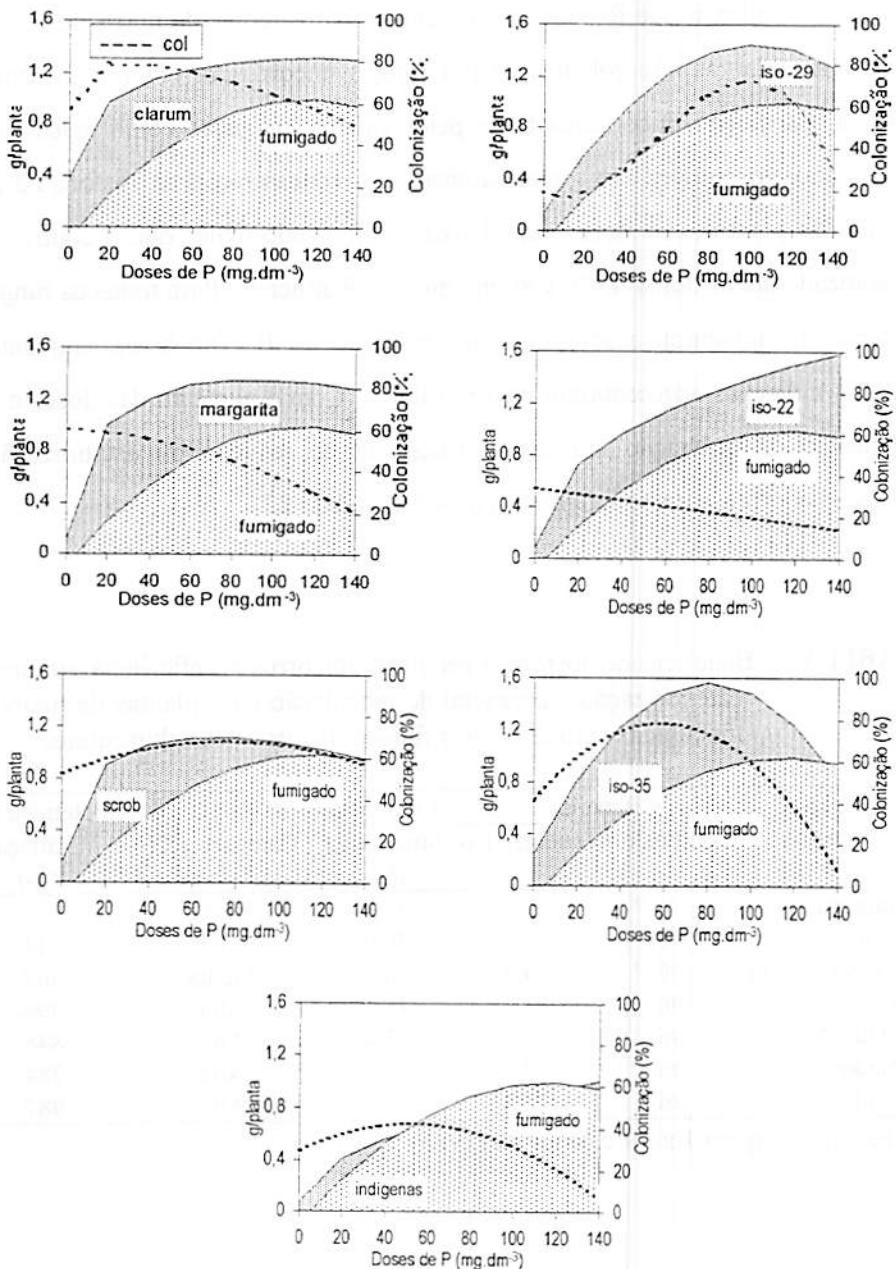


FIGURA 1. Produção de matéria seca e colonização micorrízica de plantas de mamoeiro em função da aplicação de P e inoculação de fungos MA em solo natural.

A aplicação de fósforo ao solo aumentou os teores do nutriente de forma linear nas plantas não colonizadas por fungos micorrízicos (Figura 2). Por sua vez, a associação micorrízica tanto pelos fungos indígenas como pelos fungos inoculados, promoveu um grande aumento na concentração de fósforo na parte aérea das plantas, nas doses mais baixas de P, sendo maior que o controle não colonizado até as doses de 40 a 80 mg.dm<sup>-3</sup> de P aplicado. Para todos os fungos, a inoculação aumentou a eficiência de utilização do P (Tabela 3), enquanto os fungos indígenas apresentaram baixos valores. Com o aumento das doses de P a eficiência de utilização apresentou tendência de redução ou estabilização; a exceção ocorreu para os fungos *G. clarum* e isolado 22.

TABELA 2. Benefício do fósforo e benefício micorrízico, eficiência simbiótica, categorização e potencial de inoculação para plantas de mamoeiro inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares.

Fungos	Benefício		Eficiência Simbiótica (%)	Categorização <sup>1/</sup>	Potencial de inoculação (%)
	do Fósforo	micorrízico			
indígenas	96,7	6,7	6,9	Baixa	
<i>G. clarum</i>	96,7	67,7	70,0	Alta	914
<i>A. scrobiculata</i>	96,7	44,5	46,0	Média	567
<i>Gi. margarita</i>	96,7	73,1	75,6	Alta	996
Isolado 22	96,7	63,2	65,4	Alta	848
Isolado 29	96,7	59,0	61,0	Alta	784
Isolado 35	96,7	72,5	75,0	Alta	987

<sup>1/</sup> Segundo Saggin Júnior e Siqueira (1995)

A absorção de potássio também aumentou significativamente com a colonização micorrízica, principalmente nas doses mais baixas de P e até 80 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 2). Esse efeito foi semelhante ou até mesmo maior do que o



efeito provocado pela aplicação de P ao solo. Para o cobre, a colonização das raízes aumentou os teores do nutriente na planta em todas as doses de P testadas, em pelo menos um dos tratamentos fúngicos (Tabela 4). Verifica-se comportamento bastante diferenciado entre os fungos. *Gi. margarita* praticamente não diferiu do tratamento controle não-inoculado, enquanto o fungo *G. clarum* e o isolado 22 promoveram incremento significativo até a dose 80 mg.dm<sup>-3</sup>. Espécies do mesmo gênero como *Gi. margarita* e *Gigaspora sp.*, diferiram entre si na absorção de cobre, nas maiores doses de P. A absorção de Zn foi pouco influenciada pela colonização. A associação micorrízica só aumentou a absorção do nutriente na ausência de P aplicado.

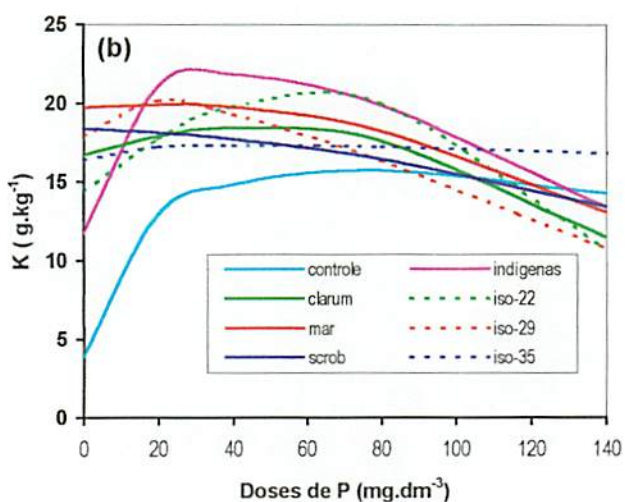
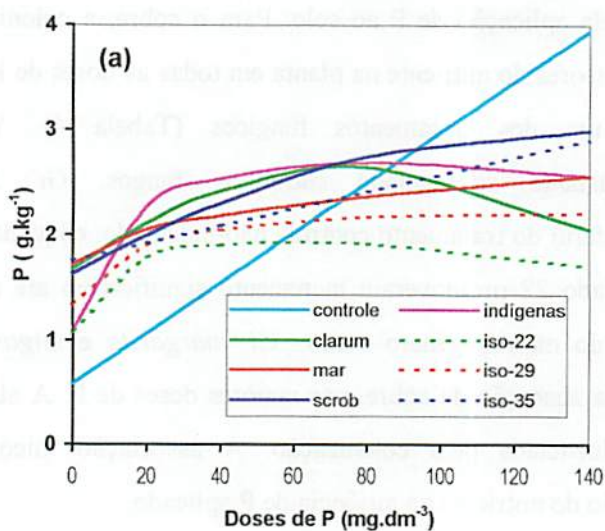


FIGURA 2. Teores de fósforo (a) e potássio (b) na parte aérea de plantas de mamoeiro inoculadas com diferentes fungos micorrízicos, exóticos e nativos, em solo não fumigado, com doses crescentes de P.

TABELA 3. Valores de eficiência de utilização de fósforo de plantas de mamoeiro inoculadas com diferentes fungos micorrízicos, em solo não-fumigado, com doses crescentes de P aplicado ao solo.

	Doses de P ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )				
	0	20	40	80	140
	Eficiência de utilização do P ( $\text{g}^2.\text{mg}^{-1}$ )				
Não-inoculado	0,045	0,126	0,275	0,411	0,228
Fungo indígenas	0,062	0,187	0,153	0,249	0,389
<i>G. clarum</i>	0,162	0,617	0,421	0,350	0,705
<i>A. scrobiculata</i>	0,113	0,392	0,474	0,440	0,299
<i>Gi. margarita</i>	0,080	0,400	0,651	0,564	0,503
Isolado 22	0,072	0,407	0,557	0,600	0,961
Isolado 29	0,073	0,317	0,490	0,657	0,557
Isolado 35	0,097	0,513	0,533	0,689	0,286

TABELA 4. Teores de Cu e Zn na parte aérea de plantas de mamoeiro inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares, em solo não-fumigado com doses crescentes de fósforo. <sup>(1)</sup>

Fungos	Doses de P ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )				
	0	20	40	80	140
	Cobre ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )				
Controle	7,2 c	6,4 c	5,7 d	5,9 b	5,5 b
Fungo indígenas	9,0 bc	10,0a	10,4 bc	5,3 b	7,4 ab
<i>G. clarum</i>	9,8 b	9,8 ab	11,4 b	9,2 a	6,6 ab
<i>A. scrobiculata</i>	9,4 bc	10,3 a	8,1 c	5,9 b	7,7 ab
<i>Gi. Margarita</i>	9,7 b	7,5 bc	5,8 d	5,5 b	5,5 b
Isolado 22	13,3 a	9,3 ab	12,0 b	9,9 a	6,1 b
Isolado 29	9,3 bc	8,1 abc	16,0 a	9,8 a	8,6 a
Isolado 35	9,2 bc	8,7 abc	9,7 bc	10,4 a	5,6 b
	Zinco ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )				
Controle	15,9 c	20,2 a	24,0 a	22,4 ab	25,3 a
Fungo indígenas	27,8 ab	18,5 a	24,6 a	33,0 a	23,1 a
<i>G. clarum</i>	24,4 abc	22,8 a	23,0 a	21,8 ab	17,6 a
<i>A. scrobiculata</i>	28,2 ab	23,8 a	16,9 a	13,0 b	21,8 a
<i>Gi. margarita</i>	24,2 abc	18,5 a	24,0 a	24,6 a	23,1 a
Isolado 22	21,8 bc	22,0 a	21,3 a	24,2 ab	17,8 a
Isolado 29	34,6 a	22,7 a	27,1 a	22,7 ab	18,3 a
Isolado 35	23,3 abc	16,1 a	23,3 a	22,3 ab	18,7 a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3.2. Experimentos 2 e 3: Interação de fungos eficientes com populações nativas do agrossistema mamoeiro

No experimento 2 a população nativa nº 35 colonizou as plantas em valores acima de 40%, mas o efeito no acúmulo de matéria seca de parte aérea não foi significativo, confirmando resultado do experimento de teste de populações, Capítulo 2 (Tabela 5). A inoculação de *Gi. margarita* foi eficiente em aumentar o crescimento das plantas mesmo na proporção de apenas 25% em relação à população. A inoculação de *Gi. margarita* aumentou a colonização significativamente em relação à inoculação isolada da população. O incremento no número de esporos de *Gi. Margarita* causou redução ou até ausência total de vesículas e um aumento no número de células auxiliares. A ocorrência de arbúsculos, entretanto, não foi alterada entre os tratamentos de inoculação.

TABELA 5. Parte aérea, colonização micorrízica total e qualitativa, em plantas de mamoeiro submetidas à inoculação conjunta de espécie de fungo micorrízico e população de fungos nativos, em diferentes proporções de inóculo.

Proporção (%)	População 35	Matéria seca da Parte aérea (g.planta <sup>-1</sup> )	Colonização <sup>1</sup>			C.A.
			total	Ves	Arb	
				(%)		
0	0	1,44	0	0	0	0
0	100	2,04	46	18	99	0
25	75	3,61	58	2	100	4
50	50	3,04	55	0	100	6
75	25	3,56	55	0	100	10
100	0	3,76	64	0	100	10
dms (5%)		1,25	12	2,7	17,7	9

<sup>1</sup> Ves = Vesículas; Arb= Arbúsculos; C.A.= Células Auxiliares.

No experimento 3 em que se testaram o fungo exótico *Gi. margarita* e o isolado 29 (*Gigaspora* sp.), tendo duas diferentes populações não avaliadas anteriormente, como competidoras, os resultados foram diferenciados. As duas populações testadas, 07-B e 09-B, foram altamente eficientes na promoção do crescimento das plantas, não diferindo entre elas (Tabela 6). A inoculação isolada dos fungos *Gi. margarita* e do Iso-29 também promoveu incrementos significativos na produção de parte aérea e igualmente não diferiram estatisticamente entre eles. As populações promoveram produção de matéria seca de parte aérea superior à inoculação de *Gi. margarita*, embora não-significativo estatisticamente, mas demonstra que o solo de onde tais populações foram obtidas, apresenta fungos eficientes para o mamoeiro. O aumento do número de esporos de *Gi. margarita* ou do Iso-29 em relação às populações, não promoveu efeito positivo significativo em relação à inoculação isolada da população. Apesar disso, o aumento até a proporção de 50/50 nas combinações com a população 07B sugere um efeito sinérgico.

A inoculação dos fungos e populações, isoladamente e nas combinações, promoveu maior teor de P na parte aérea das plantas, não havendo diferenças significativas entre esses tratamentos (Tabela 6).

Todas as populações, fungos e suas combinações, promoveram colonização significativa (Tabela 6); entretanto, a população 07B apresentou maior infectividade que os fungos e a população 09B, de forma que a combinação com os fungos tendeu a reduzir a percentagem de comprimento de raiz colonizada. Por outro lado, a combinação dos fungos com a população 09B tendeu a um efeito sinérgico, aumentando a colonização total.

TABELA 6. Peso de matéria seca de parte aérea, colonização micorrizica e teores de P de plantas de mamoeiro submetidas à inoculação conjunta de fungos e populações, em diferentes proporções de inóculo.

Proporção fungo/população (%)	FUNGO	POPULAÇÃO					
		07B	09B	07B	09B	07B	09B
		Parte aérea (g/planta)		Teor de P (g.kg <sup>-1</sup> )		colonização (%)	
0 / 0 (controle)		0,51	0,51	0,97	0,97	1	1
0 / 100	<i>Gi. margarita</i>	3,65	3,75	1,72	1,79	62	40
25 / 75	<i>Gi. margarita</i>	3,89	3,85	1,46	1,54	42	47
50 / 50	<i>Gi. margarita</i>	4,10	3,43	1,62	1,55	51	50
75 / 25	<i>Gi. margarita</i>	2,70	3,35	1,88	1,57	52	54
100 / 0	<i>Gi. margarita</i>	2,33	2,33	1,54	1,54	35	35
0 / 100	Iso-29	3,65	3,75	1,72	1,79	62	40
25 / 75	Iso-29	4,00	2,85	1,54	1,88	52	42
50 / 50	Iso-29	4,02	3,38	1,45	1,62	56	52
75 / 25	Iso-29	3,73	3,58	1,43	1,63	50	28
100 / 0	Iso-29	3,20	3,20	1,53	1,53	41	41
dms (5%) para proporção em cada interação fungo x população		1,69		0,67		25	
dms (5%) para interação fungo x população em cada proporção		1,27		0,50		19	

Embora promovendo menor colonização total, a população 09B apresentou a mesma ocorrência de vesículas que a população 07B (Tabela 7), indicando possivelmente uma capacidade intrínseca da associação no mamoeiro. A ocorrência de vesículas, arbúsculos e células auxiliares foi usada como indicativo da participação dos fungos em competição com as populações, já que espécies de *Gigaspora* não formam vesículas, e, juntamente com o gênero *Scutellospora*, são exclusivos na formação de células auxiliares. Verifica-se que a inoculação de *Gi. margarita* em competição com a população 07B não alterou a proporção de vesículas, enquanto que quando a população competidora foi a 09B, o referido fungo reduziu significativamente a ocorrências daquelas estruturas a partir da proporção 50%. De maneira inversa, a ocorrência de células

auxiliares aumentou com a maior proporção do fungo em relação à população. Nestas condições, portanto, a inoculação de *Gi. margarita*, aparentemente apresentou algum nível de competição com a população. As mesmas comparações feitas com o isolado 29 de *Gigaspora* indicam que na competição com a população 07B o isolado reduziu a ocorrência de vesículas, aumentando concomitantemente a ocorrência de células auxiliares. A inoculação do isolado em conjunto com a população 09B comprovou a menor capacidade competitiva desta ao eliminar a presença de vesículas já na proporção 50/50. Verifica-se ainda uma intensa ocorrência de arbúsculos nas raízes das plantas, sendo, entretanto, inferior no fungo *Gi. margarita* e na população 09B. A inoculação conjunta dos fungos com a população 09B promoveu efeito sinérgico, aumentando significativamente a ocorrência de arbúsculos.

TABELA 7. Incidência de vesículas, arbúsculos e células auxiliares em raízes de mamoeiro, submetidas à inoculação conjunta de fungos e populações, em diferentes proporções de inóculo.

Proporção	FUNGO	POPULAÇÃO					
		07B	09B	07B	09B	07B	09B
Fungo/população		Vesículas (%)		Arbúsculos (%)		Cél. auxiliares (%)	
0/ 100	<i>Gi. margarita</i>	70	76	90	40	0	0
25 / 75	<i>Gi. margarita</i>	67	64	95	99	2	4
50 / 50	<i>Gi. margarita</i>	60	39	80	84	6	5
75 / 25	<i>Gi. margarita</i>	71	21	89	92	2	14
100 / 0	<i>Gi. margarita</i>	0	0	66	66	4	4
0/ 100	Iso-29	70	76	90	40	0	0
25 / 75	Iso-29	67	62	98	90	5	2
50 / 50	Iso-29	44	0	91	95	10	12
75 / 25	Iso-29	30	0	70	83	22	7
100 / 0	Iso-29	0	0	82	82	9	9
dms (5%) para proporção em cada interação fungo x população		35		18		12	
dms (5%) para interação fungo x população em cada proporção		26		13		9	

### 3.3. Experimento 4. Infectividade de fungos e populações

Aos dez dias após a repicagem/inoculação das plantas, o isolado 29 apresentou significativa taxa de colonização radicular, enquanto a população 09B não tinha estabelecido nenhum ponto de penetração (Figura 3). O fungo *Gi. margarita*, embora não colonizando efetivamente as raízes, apresentou crescimento de hifas em torno destas. A população 07B não diferiu estatisticamente do controle não-inoculado. Na segunda coleta, feita aos 20 dias, todos os fungos e populações apresentavam colonização significativa. Detectou-se a presença de vesículas nas raízes colonizadas pela população 07B. Nesses dez dias de intervalo, a população 09B passou a apresentar taxa de colonização significativamente maior do que a promovida pelos demais tratamentos. Entretanto, dez dias após, esta população diminuiu a taxa de colonização, enquanto os demais tratamentos inoculados continuaram apresentando tendência crescente.

A inoculação de *Gi. margarita* promoveu maior comprimento de raiz do que as populações, aos 20 e 30 dias após a repicagem/inoculação (Tabela 8). Com relação ao comprimento de raiz colonizado, aos dez dias o comportamento foi o mesmo já apresentado para o percentual. Aos 20 dias, entretanto, embora a população 09B tenha apresentado maior percentual de colonização, o comprimento total de raiz colonizada não diferiu em relação aos demais tratamentos inoculados. Já a inoculação de *Gi. margarita* promoveu maior comprimento de raiz colonizado que a população 07B e o isolado-29. As 30 dias os fungos promoveram maior comprimento de raiz colonizado do que as populações, o que deve ser uma característica do gênero *Gigaspora*, indicando que aqueles apresentam grande capacidade de extensão, fator que adquire especial importância em condições de campo.



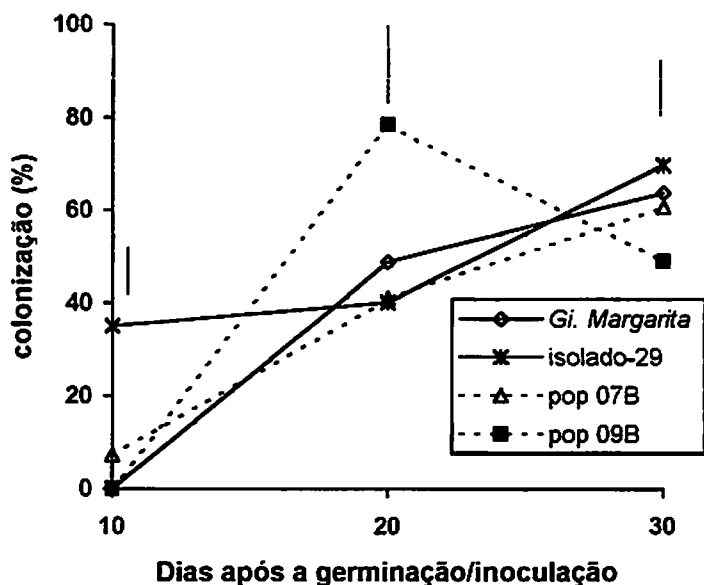


FIGURA 3. Percentual de colonização micorrizica total de diferentes fungos e população em plantas de mamoeiro, em diferentes épocas após a repicagem/inoculação. As barras verticais indicam diferença mínima significativa a 5% de probabilidades, pelo teste de Tukey.

TABELA 8. Comprimento de raiz e comprimento de raiz colonizada de plantas de mamoeiro em diferentes épocas após a germinação das sementes e inoculação de diferentes fungos e populações.

Tratamentos	Comprimento de raiz (m/planta)			Comprimento de raiz colonizada (m/planta)		
	Dias após a germinação			Dias após a germinação		
	10	20	30	10	20	30
Controle	0.58 a	1.09 bc	2.81 ab	0 b	0 c	0 c
<i>Gi. margarita</i>	0.51 a	2.84 a	4.00 a	0 b	1.41 a	2.54 a
Isolado - 29	0.51 a	0.73 c	3.27 ab	0.17 a	0.30 bc	2.26 a
População 07B	0.47 a	1.59 b	1.90 bc	0.03 b	0.67 b	1.17 b
População 09B	0.60 a	1.16 bc	1.53 bc	0 b	0.91 ab	0.75 b

#### 4. DISCUSSÃO

Os fungos indígenas mostraram-se infectivos, mas pouco agressivos e pouco eficientes, o que pode estar associado a uma baixa densidade de propágulos viáveis e/ou processo de colonização mais lento; neste caso, devido à distribuição em todo o volume de solo. Com um tempo mais longo de cultivo, entretanto, é possível que os fungos indígenas, que estão mais disseminados, passem a ter mais chances de colonizar e até mesmo de competir (Hepper et al., 1988). Os fungos eficientes em solo fumigado (Capítulos 3 e 5) também o foram em solo não-fumigado, demonstrando capacidade para competir com os fungos indígenas nas condições utilizadas.

Embora não dispondo de dados para confirmar o grau de exclusão que os fungos inoculados provocaram nos fungos indígenas, a eficiência micorrízica obtida e os valores de colonização permitem inferir que os fungos colonizaram as raízes com rapidez suficiente para superar os fungos indígenas. A localização do inóculo e sua densidade de propágulos podem ter favorecido. Supõe-se que a presença de um fungo na raiz pode tornar as células imunes à invasão por outro, fenômeno que favoreceria o iniciador da colonização (Hepper et al., 1988), explicando o padrão de colonização e efeitos observados. Esses autores verificaram que um isolado de *G. caledonium*, altamente competitivo, foi capaz de excluir os fungos que se achavam disseminados no solo. O isolado 22 (*G. etunicatum*) promoveu valores de colonização próximos aos apresentados pelos fungos indígenas; entretanto, a elevada resposta na produção de parte aérea indica que a colonização foi dominada por esse fungo, confirmando a baixa capacidade competitiva dos fungos indígenas.

A baixa eficiência da população indígena e concomitantemente a elevada eficiência dos fungos inoculados, geraram elevados valores de potencial de inoculação (PI), superiores àqueles detectados em trabalho com café, que

originou a metodologia (Saggin Júnior. e Siqueira, 1995). O PI, que indica a capacidade do fungo em promover o crescimento da planta em solo não-fumigado, contendo populações indígenas de fungos, sugere então que todos os fungos testados apresentariam potencial para inoculação nas condições do solo usado, sendo, entretanto, menor para *A. scrobiculata*. É um parâmetro que pode ser utilizado em solos onde se pretende efetuar inoculação, como um índice de previsão de sucesso da inoculação.

A diferença entre os fungos no comportamento da curva ajustada para matéria seca da parte aérea, pode ser reflexo de uma maior adaptação dos fungos nativos a doses mais elevadas de P, em função da condição predominante dos locais de onde foram isolados. Essas diferenças ficaram bem exemplificadas na comparação de *Gi. margarita* com o isolado 29, pertencente ao mesmo gênero, os quais apresentaram comportamento distinto quanto à colonização e eficiência micorrízica em função das doses de P aplicadas. Considerando-se que no experimento de dependência (Capítulo 5) a inoculação promoveu maior produção de matéria seca da variedade Tainung n<sup>o</sup>. 1 até a maior dose testada, 280 mg.dm<sup>-3</sup> de P, verifica-se que o isolado 35 apresenta uma estreita faixa de mutualismo, o que, em condições de campo pode significar que a sua presença venha a causar efeitos depressivos, os quais não são considerados quando do cálculo e uso da adubação. Aparentemente isto vai contra os dados obtidos por Saggin Júnior. e Siqueira (1995), nos quais houve correlação positiva e significativa entre o potencial de inoculação e o limite superior da faixa de mutualismo (P aplicado) para os diferentes fungos testados em solo não-fumigado. Entretanto, fungos mais agressivos e infectivos podem tornar-se parasitas em doses elevadas de fósforo devido à demanda por carboidratos da planta (Graham et al., 1996). É importante ter fungos que possam expressar sua eficiência em uma maior amplitude de P no solo. Em intervalo de doses que propiciem a expressão de eficiência micorrízica,

como no presente trabalho, é necessário que os fungos mostrem-se infectivos e agressivos, expressando sua eficiência. Dos fungos avaliados, *G. clarum*, *Gi. margarita* e o isolado 29 foram os que melhor se encaixaram nessas características. O isolado 22, apesar da elevada eficiência micorrízica, mesmo em doses elevadas de P, apresentou valores baixos de colonização, decrescentes com a aplicação de P ao solo, indicando uma baixa taxa de disseminação, não acompanhando o crescimento radicular (Thomson et al., 1990) ou um efeito direto de inibição do fósforo (Thomson et al., 1991). Essa baixa infectividade pode comprometer sua introdução em condições de maior competição. Teste de campo demonstrou que fungos pouco infectivos e competitivos são excluídos do sistema em pouco tempo (Harinikumar e Bagyaraj, 1996).

Apesar da elevada concentração de nutrientes na planta, promovida pelos fungos indígenas, o mesmo não ocorreu com o crescimento, podendo ser reflexo de um maior dreno de carboidratos por parte dos fungos, explicando sua baixa eficiência micorrízica. Por sua vez, *G. clarum* promoveu as maiores concentrações de P na planta nas doses baixas de P no solo, com aumento concomitante no crescimento das plantas, indicando um fungo com grande capacidade de absorção do nutriente e menor custo relativo para a planta, como demonstrado pelos elevados valores de eficiência de utilização do P. A maior eficiência de utilização pelas plantas inoculadas pode explicar o maior crescimento destas, mesmo em doses elevadas de P.

Ficou evidenciado que os fungos micorrízicos promovem maior absorção de potássio pela planta, podendo ser uma característica intrínseca do mamoeiro, dados já comprovados nos outros experimentos que compõem este trabalho (capítulo 5). Esse efeito parece estar associado à maior absorção de P pelos fungos, já que o aumento do fornecimento de P ao solo, via fertilizante, teve efeito semelhante nas plantas controle não-colonizadas, passando a não mais haver

diferenças estatísticas. Trabalhos têm demonstrado que plantas micorrizadas podem promover maior absorção de K do solo de fontes de baixa solubilidade (Siqueira e Ribeiro, 1983), o que não é o caso, já que o nutriente foi fornecido em forma solúvel (KCl). Sobre a necessidade de K para o mamoeiro, Manica (1982) observa que é o nutriente mais absorvido e exportado pela cultura. Como também verificado nos outros experimentos, os efeitos da colonização micorrízica na absorção de Cu e Zn não parecem ter relação direta com a eficiência simbiótica, visto que os teores desses nutrientes na parte aérea foram pouco influenciados pela adubação fosfatada.

Verifica-se que por meio do uso de fungos competitivos e eficientes é possível obter melhor desenvolvimento do mamoeiro em solo não-fumigado, quando este apresenta população pouco competitiva. Embora a eficiência seja uma característica intrínseca da interação fungo-planta, esta não poderá expressar-se caso o fungo não seja competitivo. Apesar de poucos, os trabalhos realizados com outras culturas, em condições de solo não-fumigado, inclusive em campo, demonstram a possibilidade de se obterem efeitos da inoculação de fungos competitivos e eficientes (Manjunath et al., 1983; Saggin Júnior. e Siqueira, 1994; Daniels-Hylton e Ahmad, 1994).

No experimento 2 avaliou-se a competitividade de fungos frente a populações nativas inoculando-se em conjunto e no mesmo tempo, possibilitando a expressão do grau de disseminação de cada fungo no sistema radicular. Segundo Abbott e Robson (1981), o procedimento de pré-inocular plantas com fungos MA e transplantá-las para o solo a ser testado elimina o fator de início da colonização ou crescimento no solo, e, portanto, pode não ser de utilidade para selecionar fungos eficientes no aumento do crescimento das plantas em situações em que esses atributos são importantes.

Informações da habilidade competitiva dos fungos são escassas em função da similaridade morfológica das estruturas fúngicas na raiz. Assim, usando-se fungos de gêneros diferentes, que tenham como característica a produção exclusiva de estruturas na raiz pode ser usada como uma alternativa simples para se avaliar a competitividade entre certas espécies. Nos experimentos de competição entre fungos pré-selecionados e populações nativas obtidas de solo sob cultivo de mamoeiro, *Gi. margarita* mostrou-se mais competitivo que a população 35, o que ficou comprovado pela ausência de vesículas e ocorrência de células auxiliares com o aumento da proporção do fungo no inóculo. Dentre os fatores que conferem maior competitividade a um fungo está sua agressividade (Wilson e Trinick, 1983), a qual se refere à colonização relativa de uma espécie, em uma mistura, quando comparada com a performance isoladamente. Não houve efeito sinérgico na colonização total, o que pode ser interpretado, em conjunto com os outros dados, que houve uma substituição de um fungo (ou fungos) pelo outro, no caso o *Gigaspora*, embora se considere que a exclusão total é uma situação rara de acontecer (Lopez-Aguillon e Mosse, 1987). Esses efeitos tiveram reflexo no crescimento das plantas. Fatores como emissão múltipla de tubos germinativos e o grande tamanho dos esporos favorecem a viabilidade e capacidade de infecção das espécies de *Gigaspora* (Brundrett e Juniper, 1995). Dentre os indicadores de colonização, apenas a ocorrência de arbúsculos não foi alterada entre os tratamentos de inoculação, o que sugere ser uma característica da planta e comprova a elevada capacidade do mamoeiro de formar e se beneficiar da associação micorrizica.

Apesar da padronização do número de esporos fornecidos por planta, não se pode desconsiderar a existência de possíveis diferenças na viabilidade de cada inóculo que teria influências na infectividade. A infectividade está relacionada com vários fatores, entre eles a habilidade do fungo em promover colonização

inicial rápida e intensa (Sanders et al., 1977; Abbott e Robson, 1978) e qualidade do inóculo (Smith e Walker, 1981). Por outro lado, a inoculação feita em um recipiente pequeno (60 cm<sup>3</sup>) exerceu uma maior pressão para que aquele fungo mais infectivo se expressasse. Posteriormente, com a repicagem para vasos maiores, a capacidade de disseminação também foi expressa, quando *Gi. margarita* mostrou-se superior, resultando em maior competitividade.

No segundo experimento, os fungos inoculados foram eficientes, confirmando outros resultados deste trabalho. Diferentemente da população 35, as populações 07B e 09B promoveram elevada eficiência micorrizica. Essas populações apresentam dominância de *G. etunicatum*, sendo que a 09B apresenta também em sua composição esporos de *Gigaspora* sp. e *Acaulospora* spp. As diferenças na infectividade e capacidade competitiva entre as populações foram provavelmente resultantes dessa composição diferenciada, embora não alterando a eficiência micorrizica e absorção de fósforo. A predominância de *G. etunicatum* parece ter propiciado uma maior agressividade à população 07B, como se pode ver pela não alteração do percentual de vesículas e células auxiliares quando da inoculação conjunta com *Gi. margarita*. O isolado 29 apresentou maior agressividade que *Gi. margarita*, diminuindo a ocorrência de vesículas e aumentando a de células auxiliares, quando em combinação com as populações. Apesar da agressividade apresentada pela população 07B, a inoculação dos fungos *Gi. margarita* e Iso-29 tendeu a um efeito sinérgico na produção de parte aérea, o que pode ser resultado do aumento das alternativas de estratégias exibidas por fungos diferentes e eficientes. Além da composição qualitativa, os dados demonstram que a capacidade competitiva está diretamente relacionada com a proporção do inóculo ocupada pelo fungo em questão, comportamento também verificado por Wilson e Trinick (1983) em experimento no qual foi usada metodologia similar.

A metodologia empregada na obtenção da população, na qual se faz cultivo armadilha nos solos de interesse, tenta simular uma condição de população nativa; esta, entretanto, como resultado do cultivo com gramíneas e leguminosas, passa a apresentar um potencial de inóculo diferenciado daquele que seria originalmente encontrado em campo. Os dados mostram que se trata de população infectiva e eficiente, a qual se pode expressar em campo por meio de um manejo que favoreça sua composição e aumente o número de propágulos. Situação diferente foi apresentada pela população 35, a qual se mostrou infectiva, mas pouco competitiva e eficiente.

Os resultados demonstram a grande importância de se conhecer a caracterização de colonização em termos quantitativos, mas principalmente em termos qualitativos. Trabalhando-se com espécies de gêneros diferentes é possível chegar a inferências sobre capacidade competitiva e eficiência individual, cujo conhecimento se deve tornar rotina, via métodos específicos, se o objetivo for o manejo e/ou inoculação visando o desenvolvimento das culturas.

No experimento de evolução de colonização, verificou-se uma rápida colonização inicial pelo isolado 29, o que pode explicar seu maior poder competitivo, em comparação a *Gi. margarita*, frente às populações. A habilidade competitiva está relacionada não só com a proporção do fungo no inóculo, mas também com sua capacidade em colonizar mais rapidamente as raízes (Abbott e Robson, 1985). A maior velocidade inicial de colonização pelo isolado 29 corrobora com seu efeito sinérgico quando em competição com a população 07B no experimento anterior. Dentre as populações, a ocorrência de vesículas já aos 20 dias, na população 07B, comprova a predominância de esporos de *G. etunicatum* e uma elevada infectividade, o que pode ter-se refletido na sua capacidade de colonização final e eficiência micorrízica, verificada no experimento anterior. Por outro lado, a presença de espécies de *Gigaspora* na



população 09B pode ter sido importante para o estabelecimento rápido da colonização.

O percentual de colonização promovido pelos fungos e populações foi estabelecido logo nas três primeiras semanas após contato com as raízes do mamoeiro. A rapidez na colonização depende das características do inóculo como a densidade e taxa de germinação de propágulos, bem como da espécie de fungo e planta. Culturas como o milho (Sanders e Sheikh, 1983) e pepino (Bruce et al., 1994) também são intensamente colonizadas logo nas primeiras semanas de inoculação.

Os dados demonstram que o mamoeiro é fácil e rapidamente colonizado por fungos micorrízicos e que esta rapidez e intensidade vai depender inicialmente da(s) espécie(s) presente(s), podendo ter efeito no desenvolvimento posterior da planta, como já demonstrado na comparação entre os dois isolados de *Gi. margarita*. Entretanto, é necessário que seja mantida e, obviamente, que os fungos sejam eficientes, como no caso da população 07B, a qual apresentou menor infectividade inicial, mas manteve uma colonização final elevada. É importante a presença de fungos que colonizem rapidamente as plantas e que sejam eficientes, porém, sua associação com fungos mais eficientes, mesmo que menos infectivos, pode significar uma população altamente eficiente, de estratégias diversificadas, reduzindo as variações e dando benefícios mais consistentes às plantas.

## 5. CONCLUSÕES

- Todos os fungos inoculados apresentaram eficiência simbiótica em solo não-fumigado, destacando-se *G. clarum*, *Gi. margarita* e isolado 29 (*Gigaspora* sp), sendo a eficiência relacionada com a absorção e utilização de fósforo;
- os isolados nativos foram mais eficientes em doses mais elevadas de fósforo no solo;
- plantas micorrizadas apresentaram teores mais elevados de potássio que aquela sem micorriza;
- *Gi. margarita* mostrou-se mais competitiva que a população 35, enquanto nas populações que apresentavam *G. etunicatum* como espécie dominante, os fungos *Gi. margarita* e isolado 29 mostraram-se menos competitivos;
- Isolado 29 de *Gigaspora* coloniza as raízes rapidamente e mostrou-se mais competitivo que *Gi. margarita*.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Growth of subterranean clover in relation to the formation of endomycorrhizas by introduced and indigenous fungi in a field soil. *The New Phytologist*, Oxford, 81(4):575-585, 1978.
- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D.. Infectivity and effectiveness of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi: Effect of inoculum type. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, 32(5): 631-639, 1981.

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *The New Phytologist*, Oxford, 99(2):245-255, 1985.
- AMBLER, J.R.; YOUNG, J.L. Techniques for determining root length infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 4(3):551-556, 1977.
- AULER, P.A.M. Desenvolvimento inicial do mamoeiro (*Carica papaya* L.) relacionado à disponibilidade de fósforo no solo e à colonização pelo fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus macrocarpum*. UNESP, 1995, 94p (Tese Mestrado)
- BALAKRISHNA, R.; D.J. BARARAJ; MALLESNA, B.C.; REDDY, B. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for papaya. *Biological Agriculture and Horticulture*, 13(1):1-6, 1996.
- BRUCE, A.; SMITH, S.E.; TESTER, M. The development of mycorrhizal infection in cucumber: effects of P supply on root growth, formation of entry points and growth of infection units. *The New Phytologist*, Oxford, 127(4):507-514, 1994
- BRUNDRETT, M.; JUNIPER, S. Non-destructive assessment of spore germination of VAM fungi and production of pot cultures from single spores. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 27(1):85-91. 1995.
- DANIELS-HYLTON, K.D.M.; AHMAD, M.H. Inoculation response in kidney beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia in non-sterilized soil. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, 18(1): 95-98, 1994.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of British Mycological Society*, Cambridge, 46(2):235-244, 1963.
- GRAHAM, J.H.; DROUILLARD, D.L.; HODGE, N.C. Carbon economy of sour orange in response to different *Glomus* spp. *Tree Physiology*, Victoria, 16(11/12): 1023-1029, 1996
- HAAS, J.H.; KRIKUN, J. Efficacy of endomycorrhizal fungus isolates and inoculum quantities required for growth response. *The New Phytologist*, Oxford, 100(5): 613-621, 1985

- HARINIKUMAR, K.M.; BAGYARAJ, D.J. Persistence of introduced *Glomus intraradices* in the field as influenced by repeated inoculation and cropping system. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, 21(2):184-188, 1996
- HEPPER, C.M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROSENDAHL, S.; SEN, R. Competition between three species of *Glomus* used as spatially separated introduced and indigenous mycorrhizal inocula for leek (*Allium porrum* L.). **The New Phytologist**, Oxford, 110(2):207-215, 1988.
- INVAM. Disponível: Site Invam (08 jun. 1996). URL: [http://invam.caf.wvu.edu/myc\\_info/methods/cultures/monosp.htm](http://invam.caf.wvu.edu/myc_info/methods/cultures/monosp.htm). Consultado em 12 fev., 1997.
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **The New Phytologist**, Oxford, 117(3): 365-86, 1991.
- LOPEZ-AGUILLON, R.; MOSSE, B. Experiments on competitiveness of three endomycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, 97(2):155-170, 1987.
- MANJUNATH, A.; MOHAN, R.; BAGYARAJ, D.J. Response of citrus to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation in unsterile soils. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, 61(10): 2729-2732, 1983.
- MANICA, I. **Fruticultura Tropical: 3. Mamão**. São Paulo, SP; Ceres, 1982. 255p.
- MEDINA, O.A.; SYLVIA, D.M.; KRETSCHMER Jr., A.E. Response of siratro to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: II. Efficacy of selected vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi at different phosphorus levels. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 52(3):420-423, 1988.
- MOHANDAS, S. Effect of VAM inoculation on plant growth, nutrient level and root phosphatase activity in papaya (*Carica papaya* cv. Coorg Honey Dew). **Fertilizer Research**, Dordrecht, 31(3):263-267, 1992
- NEWMAN, E. I. A method os estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**, 3(2):139-145, 1966.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid

- assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society, Cambridge*, 55(1):158-161, 1970.
- PLENCHETTE, C.; FURLAN, V.; FORTIN, J.A. Growth stimulation of apple trees in unsterilized soil under field conditions with VA vesicular-arbuscular mycorrhiza inoculation includes effects of phosphorus fertilizers. *Canadian Journal of Botany, Ottawa*, 59(11): 2003-2008, 1981.
- POWELL, C.L.; GROTES, M.; METCALFE, D. Mycorrhizal inoculation of barley crop in the fiels. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 23(1): 107-109.1980.
- RAMIREZ, B. N.; MITCHELL, D. J. & SCHENCK, N. C. Establishment and growth effects of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on papaya. *Mycologia, New York*, 67(10):1039-1041,1975.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Interação fungos micorrizicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. *Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, 18(1): 27-36, 1994.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J & SIQUEIRA, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrizicos para o cafeeiro. *Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, 19(2):221-228, 1995.
- SANDERS, F.E.; SHEIKH, N.A. The development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in plant root systems. *Plant and Soil, The Hague*, 71(2):223-246, 1983.
- SANDERS, F.E.; TINKER, P.B.; BLACK, R.L.B.; PALMERLEY, S.M. The development of endomycorrhizal root systems. I. spread of infection and growth-promoting effects with four species of vesicular-arbuscular endophyte. *The New phytologist, Oxford*, 78(3):257-268, 1977.
- SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition, New York*, 4(3):289-302, 1981.
- 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 micorrizicos vesidulo-arbusculares. *Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, 15(3):283-288, 1991

- SIQUEIRA, J.O. **Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo.** In: Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 4., Mendes, 1991. Programa e Resumos. Itaguai, EMBRAPA-CNPMB/UFRRJ, 1991. p. 105-131.
- SIQUEIRA, J.O. & RIBEIRO, M.A.V. Efeito da micorriza vesicular-arbuscular (MVA) na produção de matéria seca e absorção de potássio do sienito nefelínico de Poços de Caldas pelo Milho e Soja., *Ciência e Prática*, Lavras, 7(3): 197-204, 1983.
- SMITH, S.E.; WALKER, N.A. A qualitative study of mycorrhizal infection in *Trifolium*: separate determination of the rates of infection and of mycelial growth. *The New Phytologist*, Oxford, 89(2):225-240, 1981
- THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. Mycorrhizas formed by *Gigaspora calospora* and *Glomus fasciculatum* on subterranean clover in relation to carbohydrate concentration in roots. *The New Phytologist*, Oxford, 114(2):217-225, 1990
- THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. Soil mediated effects of phosphorus supply in the formation of mycorrhizas by *Scutellispora calospora* (Nicol. & Gerd.) Walker and Sanders on subterranean clover. *The New Phytologist*, Oxford, 118(4):463-469, 1991
- WEBER, O. & AMORIM, S.M.C. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mamoeiro "solo". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 18(2):187-191, 1994
- WILSON, J.M. Competitions for infection between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *The New Phytologist*, Oxford, 97(4):427-435, 1984.
- WILSON, J.M.; TRINICK, M.J. Infection development and interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *The New Phytologist*, Oxford,, 93(5):543-553, 1983

## CAPÍTULO 5

### DEPENDÊNCIA MICORRÍZICA DE VARIEDADES COMERCIAIS DE MAMOEIRO

TRINDADE, Aldo Vilar. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. Lavras, UFLA, 1998. Cap. 5. 39 p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)\*

#### RESUMO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruteira tropical que apresenta elevada resposta à associação com os fungos micorrízicos arbusculares e por isto apresenta grandes possibilidades para a aplicação destes nesta cultura. Como o genótipo da planta é fator preponderante na resposta à colonização micorrízica por fungo eficiente, avaliou-se neste trabalho o grau de dependência micorrízica de variedades de mamoeiro. O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*. Cruz das Almas, BA, com quatro variedades, combinadas com seis doses de P: 0, 20, 40, 80, 140, 280 mg.dm<sup>-3</sup> e três tratamentos fúngicos (um controle não-inoculado e a inoculação de *Glomus clarum* ou *Gigaspora margarita*) totalizando 72 tratamentos distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela constou de um recipiente contendo 1 dm<sup>3</sup> de um latossolo amarelo álico textura franco argilo-arenosa, com uma planta, que foi cultivada por 41 dias após a repicagem. A partir dos dados da matéria seca da parte aérea estimaram-se os seguintes parâmetros: dose de P para máxima eficiência micorrízica, valor T', benefício da aplicação do P, benefício micorrízico, eficiência simbiótica e dependência micorrízica. As plantas não-inoculadas apresentaram resposta quadrática ao P aplicado, enquanto que as inoculadas seguiram modelo raiz-quadrático, indicando grande incremento com doses baixas. A máxima eficiência micorrízica para o mamoeiro foi atingida com doses na faixa de 23 a 30 mg.dm<sup>-3</sup>. A colonização radicular foi máxima nas doses 20 e 40 mg.dm<sup>-3</sup> de P, atingindo valores na faixa de 50% a 90% para *G. clarum* e 38% a 45% para *Gi. margarita*. Essa maior colonização por *G. clarum* não se refletiu em eficiência simbiótica diferenciada. Os valores de T' foram maiores para as variedades Baixinho de Santa Amália e

---

\* Comitê Orientador: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Orientador). Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA

Tainung n° 1, em que micorriza foi eficiente mesmo na maior dose de P aplicada. O benefício de fósforo foi maior nas variedades Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo – Line 72/12, enquanto que as variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1 apresentaram um benefício micorrízico proporcionalmente maior, o que resultou em maior eficiência simbiótica. As variedades estudadas apresentaram a seguinte classificação quanto à dependência micorrízica: Baixinho de Santa Amália = Tainung n° 1 > Sunrise Solo = Improved Sunrise Solo – Line 72/12. O grau de dependência relacionou-se com a capacidade da variedade em produzir raízes e da proporção destas em relação a parte aérea.



## ABSTRACT

### MYCORRHIZAL DEPENDENCY OF COMMERCIAL VARIETIES OF PAPAYA\*

Papaya (*Carica papaya* L.) is a tropical fruit crop with high response to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), therefore presenting good possibilities for application of the AMF. Because plant genotype is an important factor in plant response to AMF, this work was designed to evaluate the degree of mycorrhizal dependency of different varieties of papaya. The experiment was performed under greenhouse conditions of the National Center of Research of Cassava and Tropical Fruits, Cruz das Almas, Brazil, using four papaya varieties, six P-rates (0, 20, 40, 80, 140 and 280 mg.dm<sup>-3</sup>) and two AMF (*G. clarum* and *Gi. margarita*) and one uninoculated control, representing 72 treatments, with four replicates in a randomized block design. Each plot was composed by a pot with 1 dm<sup>3</sup> of a Yellow Oxisol, containing one plant which was cultivated for 41 days after transplanting. With data of shoot dry weight we estimated the following parameters: P-dose for maximum mycorrhizal efficiency; T' value; P-benefit, mycorrhizal benefit, symbiotic efficiency and mycorrhizal dependency. Control plants had a quadratic response to applied P while those inoculated had a root-quadratic response, because of an enhanced growth at low P-rates. Maximum mycorrhizal efficiency of papaya was obtained with 23 to 30 mg.dm<sup>-3</sup> of applied P. Root colonization was maximum at 20 and 40 mg.dm<sup>-3</sup> of P, with values of 50% to 90% for *G. clarum* and 38% to 45% for *Gi. margarita*. Higher colonization of *G. clarum* didn't reflect in higher symbiotic efficiency. T' values were higher in Baixinho de Santa Amália and Tainung n<sup>o</sup> 1 varieties, reflecting a mycorrhizal efficiency at the highest rate of applied P. Phosphorus benefit was higher in Sunrise Solo and Improved Sunrise Solo - Line 72/12 varieties while the other two varieties showed a higher mycorrhizal benefit, resulting in a higher symbiotic efficiency. Papaya varieties showed the following classification of mycorrhizal dependency: Baixinho de Santa Amália = Tainung n<sup>o</sup> 1 > Sunrise Solo = Improved Sunrise Solo Line 72/12. The degree of dependency was related to the ability of the varieties to produce roots and its proportion to shoots.

---

\* Guidance Committee: José Oswaldo Siqueira - UFLA (Orientador), Antônio Alberto Rocha Oliveira - EMBRAPA.

## 1. INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) ocorrem em mais de 90% das plantas terrestres, tendo como característica marcante a ubiqüidade nos agroecossistemas. O grau de interação entre o fungo e a planta depende mais da espécie de planta cujo principal fator controlador da associação é o estado nutricional do vegetal. É certo que, de acordo com o fungo considerado, a resposta da planta pode sofrer alterações, mas o seu potencial de resposta à colonização deve ser uma característica intrínseca, de herança genética (Janos, 1988). Características morfológicas, fisiológicas ou fenológicas do hospedeiro controlam a demanda e suprimento de P e assim o grau de dependência da planta (Koide, 1991). Baseado nisto, o teor de P no solo mais apropriado para a resposta à micorriza é altamente variável entre as culturas. Mesmo em plantas muito próximas geneticamente, como em populações de meio-irmãos, pode haver diferenças (Lackie et al, 1988). Assim, em adição a vários fatores, o genótipo do hospedeiro é um importante componente no controle da taxa e extensão de formação dos fungos micorrízicos, pois características do sistema radicular, taxa de crescimento e alocação de carboidratos exercem forte influência na formação das associações micorrízicas (Manjunath e Habte 1991; Amijee et al, 1993).

Como as plantas apresentam graus de dependência naturalmente variáveis, os trabalhos de melhoramento também podem gerar genótipos com diferentes exigências nutricionais e capacidade de absorção. Deduzindo-se que um dos grandes benefícios da colonização micorrízica é o aumento da absorção de nutrientes, é razoável, portanto, esperar que diferenças genotípicas para simbiose micorrízica e respostas possam também existir.

A seleção de cultivares ou genótipos que são prontamente colonizados por fungos MA pode ser um passo importante no sentido de se chegar a uma menor

dependência dos fertilizantes fosfatados. Plantas mais dependentes seriam um alvo mais apropriado para o emprego de um programa de inoculação que vise à redução das doses de fósforo aplicadas ao solo.

Diversos trabalhos têm mostrado elevada responsividade micorrizica de espécies citricolas, café e mandioca entre outras (Menge et al., 1978; Saggin Júnior e Siqueira, 1994; Sieverding, 1991). Em função da viabilidade técnica da inoculação de fungos na fase de produção de mudas, diversas culturas apresentam possibilidades para uso da inoculação. As fruteiras de maneira geral apresentam grande potencial, principalmente aquelas que possuem sistema radicular pouco ramificado, com poucos pêlos radiculares e crescimento rápido. O mamoeiro se enquadra nestas condições apresentando possibilidades de aplicação de fungos MA, já que diversos trabalhos, desde o de Ramirez et al (1975), demonstraram elevada resposta da planta à colonização que pode atingir valores da ordem de 90% (Silva e Siqueira, 1991; Mohandas, 1992; Weber e Amorim, 1994; Azevedo e Silveira, 1994; Jaizme-Vega e Azcon, 1995; Auler, 1995).

Este trabalho objetivou avaliar a responsividade de variedades comerciais de mamoeiro à micorriza, em diferentes doses de fósforo no solo e identificar o grau de dependência micorrizica dessas variedades.

## 2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em condições de casa-de-vegetação nos meses de fevereiro e março de 1997 na *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, utilizando-se três variedades do grupo Solo: Sunrise Solo, Improved Sunrise Solo Line 72/12, Baixinho de Santa Amália e uma do grupo Formosa: Tainung n° 1 (híbrido de procedência de Taiwan). Para cada variedade empregou-se um esquema fatorial composto por seis doses de P aplicadas ao solo: 0, 20, 40, 80,

140 e 280 mg/dm<sup>3</sup> e três tratamentos fúngicos sendo um controle e inoculação de dois fungos pré-selecionados – *G. clarum* e *Gi. margarita*. Foram empregadas quatro repetições em um delineamento de blocos casualizados, em que cada parcela foi representada por um saco plástico preto com furos, com 1 dm<sup>3</sup> de solo, contendo uma planta.

Utilizou-se um latossolo amarelo álico textura franco argilo-arenosa (58 % de areia, 12 % de silte e 30 % de argila), sob vegetação de pastagem nativa (gramíneas), coletado em área experimental da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, na profundidade de 10 a 30 cm, apresentando as seguintes características químicas: pH 4,4; 3 mg.dm<sup>-3</sup> de P; 31 mg.dm<sup>-3</sup> de K; 8 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup>.dm<sup>-3</sup> de Ca; 4 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup>.dm<sup>-3</sup> de Mg; 8 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup>.dm<sup>-3</sup> de Al e 1,61g.kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. O solo foi passado em peneira com malha de abertura de 4mm sendo em seguida seco ao ar livre, antes da fumigação, a qual foi feita com bromex, na dosagem de 393 cm<sup>3</sup> (uma lata)/ m<sup>3</sup> de solo, em aplicação única, por 48 horas. Posteriormente fez-se a correção do pH com base nos teores de Al<sup>3+</sup> trocável, aplicando-se uma dose equivalente a 1,6 t/ha de calcário na forma de uma mistura de CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub>, P.A. (proporção de 4:1 em mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> de Ca : Mg). Após incubação por cinco dias, o solo foi novamente seco ao ar para receber a adubação. O fósforo foi aplicado na forma de superfosfato triplo (41 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17,9% de P) previamente moído em almofariz e passado em peneira de abertura de 0,2 mm para promover reação mais rápida no solo. Fez-se uma aplicação básica de potássio na dose de 80 mg.dm<sup>-3</sup> de solo, utilizando KCl. As características do solo após a calagem e adubação encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Caracterização química do solo após aplicação de calcário, P e K.

Doses											
de P	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Na	S	CTC	V	M.O.
mg.dm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O	--mg.dm <sup>-3</sup> --								(%)	g.kg <sup>-1</sup>
				-----mmol <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> -----							
0	6,2	1	198	32	10	1	0,6	47,7	59,8	79,8	1,39
20	6,2	11	174	40	10	0	0,8	55,3	68,5	80,7	1,36
40	6,2	20	144	31	16	0	0,7	51,4	64,6	79,6	1,43
80	6,0	41	180	32	13	0	0,8	50,4	64,7	77,9	1,36
140	6,1	76	162	35	13	0	0,8	52,9	70,5	75,1	1,32
280	6,0	228	168	42	14	1	0,9	61,2	81,0	75,6	1,32

A relação entre P adicionado e P-disponível (extrator Mehlich-1) revelou a seguinte equação:  $P \text{ disponível} = 0,908 + 0,508.P - 0,000666.P^2 + 0,00000623.P^3$  ( $R^2 = 0,999$ ).

As plântulas foram obtidas por pré-germinação. Para o Tainung n<sup>o</sup> 1 foram utilizadas sementes provenientes da geração F2 de plantios comerciais da Empresa Agronol, da região de Barreiras. As sementes das variedades do grupo Solo foram produzidas também em plantios comerciais, sendo fornecidas pela Emcapa (Linhares, ES).

A inoculação foi realizada com solo-inóculo depositado em orifício central feito no recipiente de cultivo, sendo em seguida feita a repicagem da muda de mamoeiro de forma que as raízes ficaram em contato íntimo com o inóculo. O fungo *G. clarum* foi obtido da Universidade Federal de Lavras, tendo sido isolado de plantios de café de Minas Gerais; *Gi. margarita* foi obtido junto à Empresa Maguari, do município de Araguari-MG (local de isolamento não informado). As plantas foram sempre irrigadas com água destilada, de acordo com a necessidade.

Durante o experimento ocorreu ataque de ácaro branco, sendo estes controlados manualmente por meio de catação diária.

Adubações de nitrogênio, enxofre e micronutrientes foram realizadas em cobertura via solução nutritiva totalizando  $30 \text{ mg.dm}^{-3}$  de N,  $36,8 \text{ mg.dm}^{-3}$  de S, parcelados em cinco aplicações e  $0,81 \text{ mg.dm}^{-3}$  de B,  $3,6 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Mn,  $1,3 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Cu,  $3,9 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Zn,  $0,15 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Mo e  $1,6 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Fe em aplicação única aos dez dias após a repicagem. Aos 41 dias de cultivo (após a repicagem) coletou-se a parte aérea para obtenção do peso de matéria seca e determinação dos teores de nutrientes. Com esses dados fez-se o cálculo da eficiência de utilização de fósforo (Siddiqui e Glass, 1981). Do sistema radicular foram coletadas todas as raízes para avaliação do comprimento utilizando-se o método da placa reticulada (Newman, 1966). Posteriormente fez-se uma amostragem de raízes para coloração e avaliação da colonização micorrizica total (Ambler e Young, 1977).

Os dados de cada variedade em separado foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa SAEG (Saeg, 1993). Fez-se o desdobramento das doses de P dentro de cada tratamento fúngico, avaliando-se o efeito por análise de regressão, testando-se o coeficiente que designa a equação, pelo teste F. Com base nas curvas de resposta de crescimento em função dos teores de P no solo foi calculado o requerimento externo de P tendo como base 90% do crescimento máximo calculado. O mesmo foi efetuado para se chegar ao requerimento interno, tendo no eixo Y os valores de concentração de P na parte aérea. Ainda com base nas curvas de resposta a P, foram calculados os seguintes índices: 1) teor de P no solo para máxima eficiência micorrizica; 2) valor T' (nível de P acima do qual as plantas não micorrizadas não crescem diferentemente das micorrizadas, sendo o ponto onde há encontro das curvas do tratamento controle, não-inoculado e do tratamento inoculado) que representa a dependência

micorrizica de acordo com Janos (1988); quando não houve cruzamento tomou-se a maior dose de P utilizada como referência; 3) eficiência micorrizica, [(inoculado - não inoculado)/ inoculado] x 100; 4) benefício do P = área formada entre o eixo X (doses de P) e os pontos plotados pela equação de regressão do tratamento controle não-inoculado (Saggin Júnior e Siqueira, 1995); 5) benefício micorrízico = área formada pela diferença entre a curva do tratamento inoculado e do controle não-inoculado (Saggin Júnior e Siqueira, 1995). Os valores referentes aos índices 4 e 5 correspondem às seguintes funções:

$$\text{Benefício do P (BP)} = \int_0^{280} g(x) dx$$

$$\text{Benefício micorrízico (BM)} = \int_{x_2}^{x_1} |f(x) - g(x)| dx$$

em que  $f(x)$  é a função ajustada para plantas micorrizadas e  $g(x)$ , a função ajustada para plantas não micorrizadas. Os valores  $x_1$  e  $x_2$  referem-se ao intervalo de doses de P em que a planta micorrizada apresenta maior crescimento que a não micorrizada.

De posse dos valores de benefício micorrízico e do fósforo, calculou-se a eficiência simbiótica para cada fungo de acordo com a expressão:

$$ES(\%) = \frac{BM}{BP} \times 100$$

Com estes valores, os fungos testados para cada variedade foram enquadrados em categorias de Eficiência Simbiótica (Saggin Júnior e Siqueira, 1995).

Com base na curva de fósforo absorvido pelas plantas fez-se o cálculo do valor na dose de P que promoveu produção máxima de parte aérea do tratamento

controle, sendo considerado a demanda de P de cada variedade (Koide, 1991). O mesmo cálculo foi feito para os três tratamentos fúngicos em função das doses de P, obtendo-se um gradiente de fósforo absorvido, que foi tido como suprimento do nutriente. Por meio do uso de cálculo de integral, como demonstrado para as variáveis de eficiência simbiótica, estimou-se a demanda, suprimento e por diferença o déficit de P.



### 3. RESULTADOS

Os efeitos dos tratamentos de inoculação e aplicação de fósforo na produção de matéria seca da parte aérea das plantas de mamoeiro encontram-se na Figura 1. A interação inoculação x fósforo foi significativa pelo teste F, em todas as variedades. Plantas sem inoculação apresentaram resposta quadrática indicando aumento gradual no crescimento das plantas em função da elevação nas doses, com tendência de queda nas doses mais elevadas de P. Em todas as variedades, o acúmulo de matéria seca da parte aérea em função dos níveis crescentes de P seguiu um modelo raiz-quadrático para as plantas inoculadas, evidenciando resposta acentuada nas doses mais baixas de P.

Com a aplicação de P o padrão de resposta de eficiência micorrízica foi semelhante para ambos os fungos, evidenciado por um pico em  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$ , decréscimo até  $80 \text{ mg.dm}^{-3}$ , seguindo-se uma estabilização ou novo decréscimo até a maior dose,  $280 \text{ mg.dm}^{-3}$  (Figura 2). Para ambos os fungos a relação com a planta tornou-se parasítica na variedade Sunrise Solo quando da aplicação da dose máxima de P. A máxima eficiência micorrízica observada atingiu valores na faixa de 80 a 90% considerando-se as quatro variedades. O cálculo do P aplicado para máxima eficiência micorrízica (Tabela 2) revelou no conjunto das quatro variedades valores entre 23 e  $30 \text{ mg.dm}^{-3}$  (representando valores da ordem de 12 a  $16 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P-disponível). Para as variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n<sup>o</sup> 1, nessas doses e na presença da inoculação de fungos MA, foi possível atingir valores de até 86% da produção física máxima calculada das plantas não-inoculadas.

O teor de P no solo onde as curvas de produção de matéria seca das plantas controle e inoculadas se cruzam, ou seja, a dose em que ambas as plantas apresentam a mesma massa, foi tido como o valor T'. De acordo com Janos

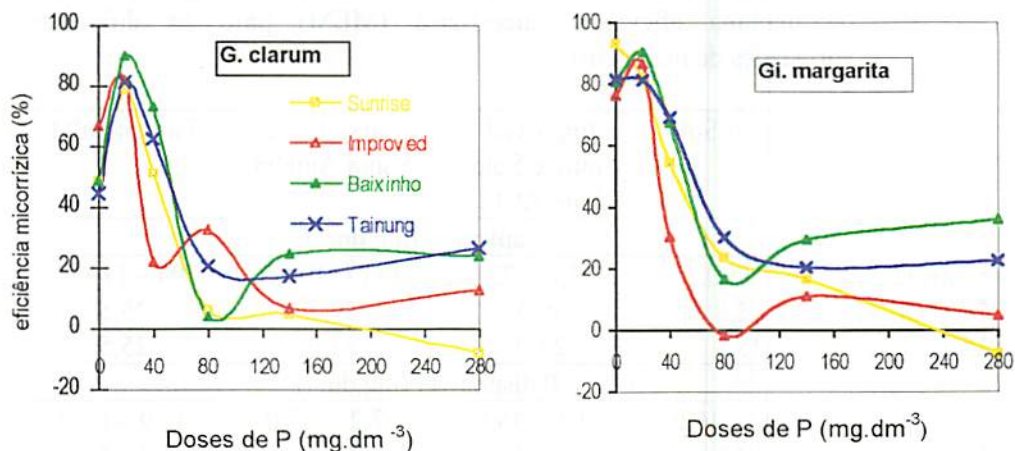


FIGURA 2. Eficiência micorrízica [(Inoculado - Não inoculado)/Inoculado]x100 de diferentes variedade de mamoeiro submetidas à inoculação de fungos micorrízicos em doses crescentes de P aplicadas ao solo (dados observados).

(1988), quanto maior esse valor, maior a dependência micorrízica da planta. Entretanto, esse cruzamento só ocorreu para as variedades Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12 (Figura 1 e Tabela 3). Em Sunrise Solo, *Gi. margarita* promoveu maior valor  $T'$ , enquanto que Improved Sunrise Solo Line 72/12 foi mais responsivo a *G. clarum*, cuja eficiência prolongou-se até a maior dose de P aplicada, sendo esse o valor  $T'$ . Para as variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n<sup>o</sup> 1 as plantas inoculadas produziram maior biomassa em todas as doses de P testadas para ambos os fungos, sendo o valor  $T'$  o limite superior do intervalo de doses utilizado (280 mg.dm<sup>-3</sup> de P aplicado e 228 mg.dm<sup>-3</sup> disponível).

TABELA 2. Doses de P aplicadas e P-disponível no solo para atingir a produção de máxima eficiência micorrízica (MEM) para as diferentes variedades de mamoeiro.

	Sunrise Solo	Improved Sunrise Solo, Line 72/12	Baixinho de Santa Amália	Tainung n° 1
	P aplicado (mg.dm <sup>-3</sup> )			
controle <sup>1/</sup>	67 - 90,5	77,8 - 73	111 - 106,5	94 - 119,5
<i>Clarum</i>	23,8	30,5	29,3	25,5
<i>Margarita</i>	25,5	27,0	23,9	25,5
	P disponível (mg.dm <sup>-3</sup> )			
controle <sup>1/</sup>	33,8 - 46,0	39,3 - 36,9	57,2 - 55,0	47,9 - 62,7
<i>Clarum</i>	12,7	16,0	15,4	13,5
<i>Margarita</i>	13,5	14,3	12,7	13,5

1/ Primeiro e segundo valores correspondem ao P aplicado no tratamento controle não-inoculado, necessário para atingir produção equivalente aos tratamentos de inoculação com *G. clarum* e *G. margarita*, respectivamente

O benefício de fósforo foi maior nas variedades Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12, enquanto que as variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1 apresentaram maior benefício micorrízico (Tabela 3). Disto resultou uma maior eficiência simbiótica nas variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1 sendo maior para *Gi. margarita*.

Baseando-se na concepção de Habte e Manjunath (1991) de condição deficiente, de máximo benefício da micorriza e ótima de P para as plantas, procedeu-se ao cálculo da dependência micorrízica das variedades. Desta forma, as variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n°1 se enquadraram como extremamente dependentes da micorriza, enquanto que Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12 estariam num patamar inferior, mas ainda seriam altamente dependentes. Esta categorização corrobora com os valores encontrados de T' (Janos, 1988) e de eficiência simbiótica (Saggin Júnior e Siqueira, 1995).

TABELA 3. Dados referentes à resposta micorrízica das variedades de mamoeiro estudadas, em função da inoculação de *G. clarum* ou *Gi. margarita*, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

Fungo	Benefício		Eficiência simbiótica (%)	Classificação de eficiência <sup>1/</sup>	Valor T <sup>2</sup> mg.dm <sup>-3</sup>
	P (adimensional)	Micorriza			
SUNRISE SOLO					
Controle	218,11				
<i>G. clarum</i>		27,0	12,4	Baixa	128
<i>Gi. margarita</i>		44,0	20,2	Baixa	165
IMPROVED SUNRISE SOLO LINE 72/12					
Controle	224,07				
<i>G. clarum</i>		39,6	17,7	Baixa	280
<i>Gi. margarita</i>		27,0	12,0	Baixa	132
BAIXINHO DE SANTA AMÁLIA					
Controle	177,6				
<i>G. clarum</i>		62,1	35,0	Alta	280
<i>Gi. margarita</i>		81,0	45,6	Alta	280
TAINUNG N <sup>o</sup> 1					
Controle	197,4				
<i>G. clarum</i>		68,3	34,6	Alta	280
<i>Gi. margarita</i>		79,5	40,3	Alta	280

<sup>1/</sup> De acordo com Saggin Júnior e Siqueira (1995)

Baseando-se no crescimento relativo (Figura 3), verifica-se que o requerimento externo de P (teor no solo necessário para obtenção de 90% da produção máxima) diminuiu com a inoculação para todas as variedades. Também em todas as variedades, o potencial máximo de crescimento só foi expresso na presença dos fungos micorrízicos, sendo que para Baixinho de Santa Amália e Tainung n<sup>o</sup> 1, as plantas não-inoculadas tiveram seu crescimento limitado a um máximo em torno de 75%. Considerando-se este crescimento máximo em todas as variedades, a inoculação diminuiu a necessidade de P, atingindo um percentual de redução de mais de 70% para Baixinho de Santa Amália e Tainung n<sup>o</sup> 1.

Ao contrário da parte aérea, onde a taxa de crescimento se mostrou semelhante para todas as variedades, o comprimento radicular foi bem menor na variedade Tainung-1 (Figura 4). No grupo Solo a variedade Baixinho de Santa Amália apresentou os menores valores.

A interação variedade x fungo foi significativa para a relação parte aérea/comprimento de raiz. Pela Figura 5 verifica-se que a inoculação diminuiu a relação na variedade Tainung n<sup>o</sup> 1. O efeito da inoculação nas demais variedades não foi significativo. Entre as variedades, Tainung n<sup>o</sup> 1 apresentou relação parte aérea/comprimento de raiz significativamente maior que as demais. A aplicação de fósforo diminuiu a proporção de parte aérea / raiz .

A Figura 6 revela um padrão de colonização semelhante para *G. clarum* nas quatro variedades, qual seja: o de aumento no percentual de colonização com a aplicação de 20 mg.dm<sup>-3</sup> de P. Entretanto, considerando-se todas as doses de P, a variedade Tainung no. 1 apresentou uma menor taxa de colonização por este fungo. Em todas as variedades o fungo *G. clarum* promoveu maior percentual de colonização que *Gi. margarita* , atingindo maiores valores em Sunrise Solo. A colonização por *Gi. margarita* aumentou com a dose de 20mg.dm<sup>-3</sup> de P nas variedades Improved Sunrise Solo Line 72/12 e Tainung n<sup>o</sup> 1, diferentemente do que ocorreu para Sunrise Solo e Baixinho de Sta. Amália. Para os dois fungos, principalmente para *Gi. margarita*, o aumento das doses de P acima de 20 mg.dm<sup>-3</sup> reduziu a colonização em todas as variedades, tendendo a zero na maior dose de P (280 mg.dm<sup>-3</sup>) em Baixinho de Santa Amália.

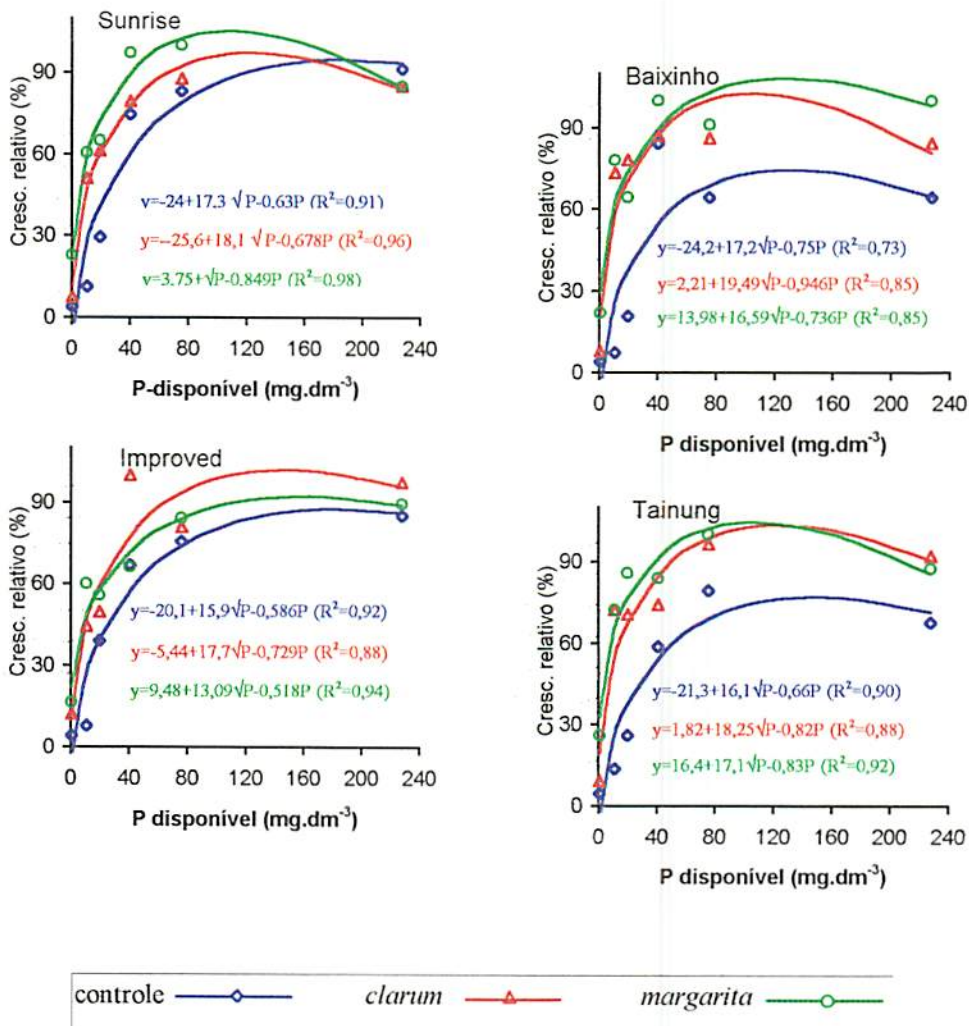


FIGURA 3. Crescimento relativo de plantas de mamoeiro de diferentes variedades submetidas à inoculação de fungos micorrízicos em diferentes valores de P-disponível no solo.

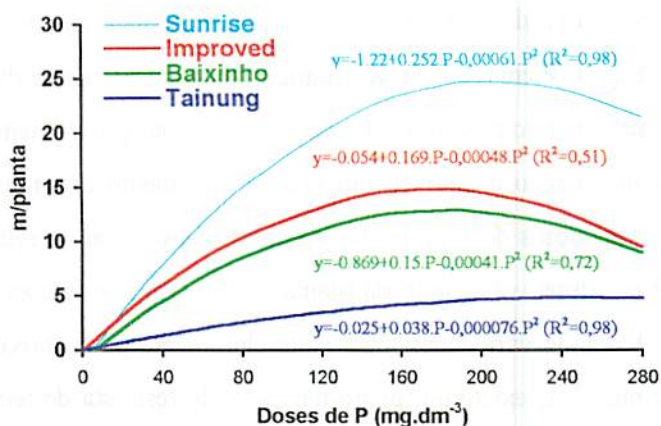


FIGURA 4. Comprimento de raiz de plantas de diferentes variedades de mamoeiro não-inoculadas, em doses crescentes de P.

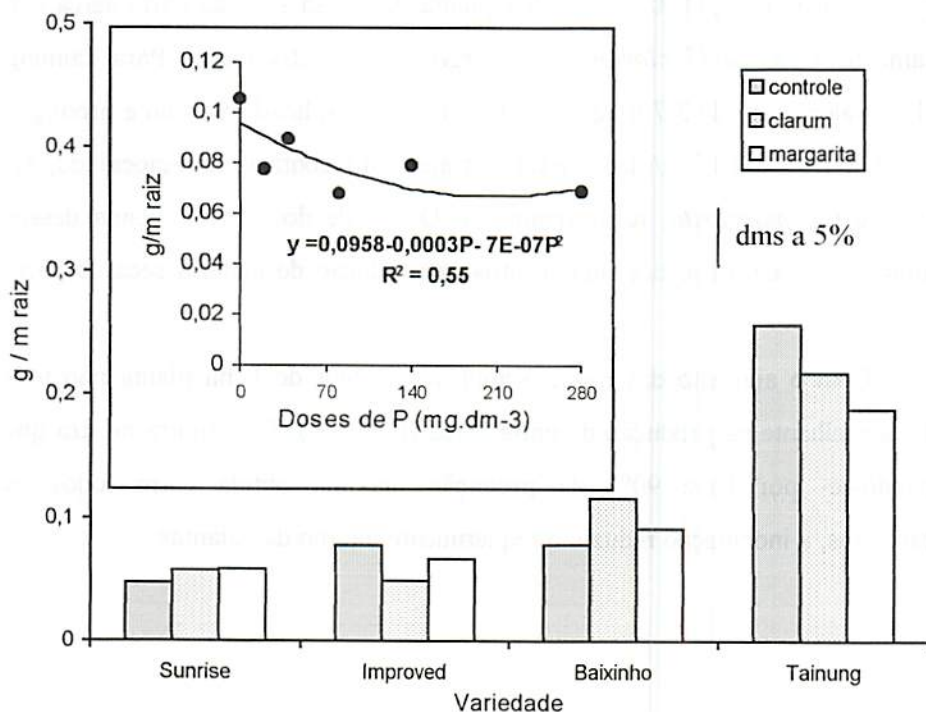


FIGURA 5. Relação entre parte aérea e comprimento de raízes de plantas de mamoeiro de diferentes variedades submetidas à inoculação de fungos micorrizicos, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

A concentração de fósforo na parte aérea das plantas aumentou com o aumento nas doses de P em todas as variedades, independentemente da inoculação (Figura 7). Semelhante ao padrão observado para a produção de matéria seca da parte aérea, a inoculação promoveu um grande incremento nos teores de P na planta nas menores doses de P aplicadas no solo, demonstrando relação entre a absorção de P e o desenvolvimento da planta no intervalo das doses de 0 a 140 mg.dm<sup>-3</sup>. Para todas as variedades, mas mais claramente para Baixinho de Sta. Amália e Tainung n<sup>o</sup> 1, existe um ponto na curva de resposta de teores de P na planta ao P no solo, a partir do qual os valores das plantas inoculadas são inferiores àqueles das plantas não-inoculadas. No caso de Baixinho de Santa Amália esse valor é de 4,1 g.kg<sup>-1</sup>, correspondendo à aplicação de 120 mg.dm<sup>-3</sup> de P e à produção de 0,74, 0,94 e 0,98 g/planta de massa seca da parte aérea dos tratamentos controle, *G. clarum* e *Gi. margarita*, respectivamente. Para Tainung n<sup>o</sup> 1 os valores são de 3,7 g.kg<sup>-1</sup>, 135 mg.dm<sup>-3</sup> de P aplicado ao solo e produção de 0,85, 1,03 e 1,07 g/planta para o tratamento controle não-inoculado, *G. clarum* e *Gi. margarita*, respectivamente. O uso de doses de P acima desses valores resulta em pequenos incrementos na produção de matéria seca da parte aérea.

Com o aumento das doses o aumento no teor de P na planta não teve efeito semelhante na produção de parte aérea (Figura 8). Esta figura mostra que tomando-se por base 90% da produção máxima obtida entre todos os tratamentos, a inoculação reduziu o requerimento interno das plantas.



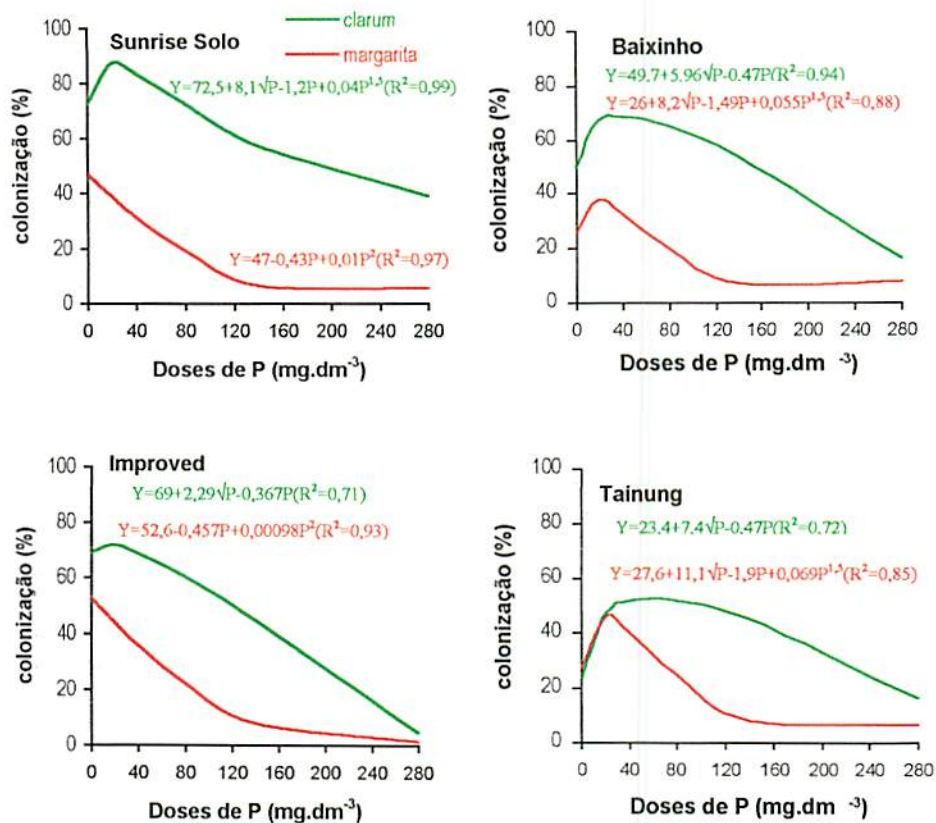


FIGURA 6. Percentagem de colonização micorrizica em diferentes variedades de mamoeiro, submetidas à inoculação de fungos micorrizicos, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

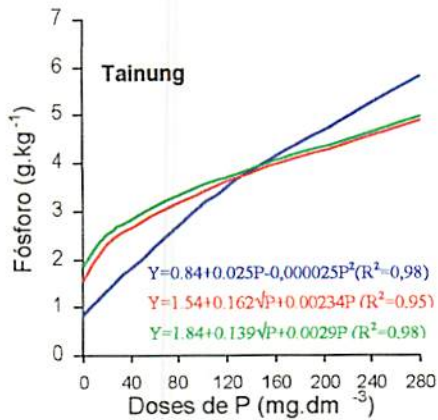
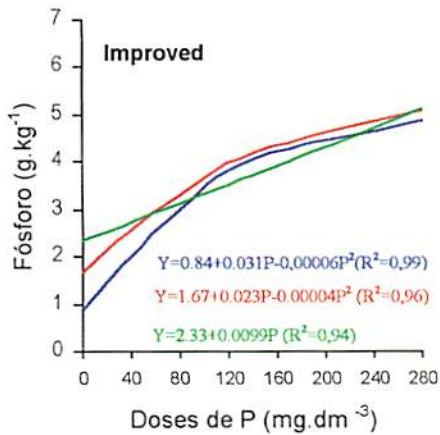
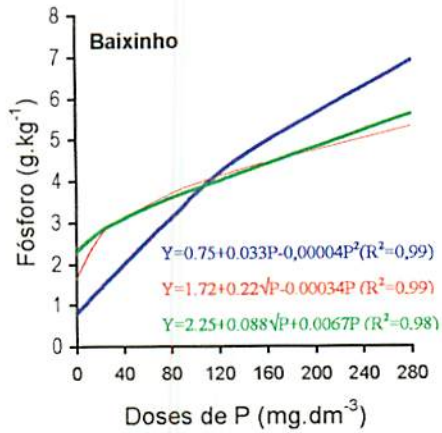
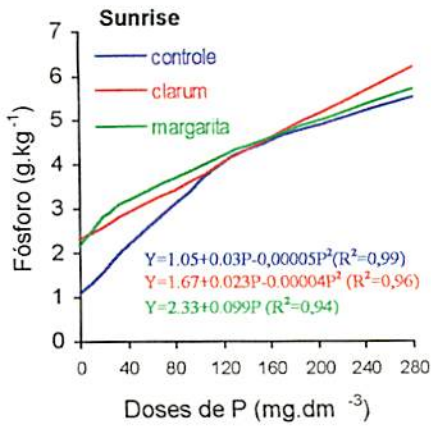


FIGURA 7. Teores de P na parte aérea de plantas de mamoeiro de diferentes variedades, submetidas à inoculação de fungos micorrízicos, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

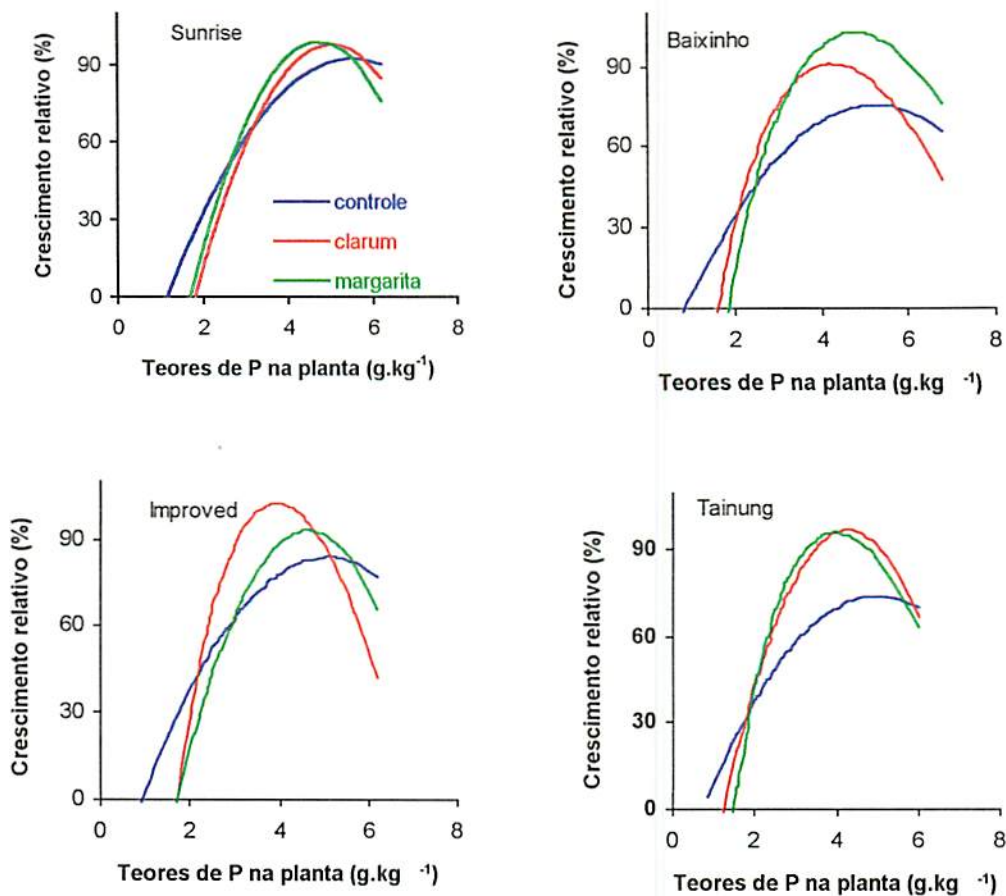


FIGURA 8. Relação entre teores de P e crescimento relativo da parte aérea de plantas de mamoeiro submetidas à inoculação de fungos micorrízicos, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

A absorção de potássio foi grandemente aumentada pela inoculação nas doses baixas de P (Tabela 4). Também nas menores doses de P a inoculação aumentou a absorção de Cu. Esse efeito se estendeu para as demais doses de P na variedade Tainung n° 1. Para o Zn o efeito não foi consistente. Independente desses efeitos, aparentemente não houve relação com o desenvolvimento das plantas, possivelmente pelo nível crítico de Zn na planta ter sido atingido com o teor natural do solo ou com a adição do nutriente via solução nutritiva.

Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12 apresentaram maior demanda em relação à Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1, enquanto estas apresentam um suprimento intrinsecamente menor (Figura 9). O gráfico mostra também que a inoculação promoveu maior suprimento de P às plantas de todas as variedades. Os valores da tabela 5 confirmam essas observações e mostram que proporcionalmente o déficit representou um mesmo valor da demanda (relação  $D/d$ ), para todas as variedades; porém, a redução nesse déficit com a inoculação foi maior para as variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1, verificando-se, nestas, que a demanda foi atingida em doses menores para os dois fungos.

TABELA 4. Teores de K, Cu e Zn na parte aérea de plantas de mamoeiro submetidas à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

Dose de P	Fungo <sup>1</sup>	Sunrise Solo			Improved Sunrise Solo Line 72/12			Baixinho de Santa Amália			Tainung n° 1		
		K	Cu	Zn	K	Cu	Zn	K	Cu	Zn	K	Cu	Zn
mg.dm <sup>-3</sup>		g.kg <sup>-1</sup>	-mg.kg <sup>-1</sup> -	g.kg <sup>-1</sup>	-mg.kg <sup>-1</sup> -	g.kg <sup>-1</sup>	-mg.kg <sup>-1</sup> -	g.kg <sup>-1</sup>	-mg.kg <sup>-1</sup> -	g.kg <sup>-1</sup>	-mg.kg <sup>-1</sup> -	g.kg <sup>-1</sup>	-mg.kg <sup>-1</sup> -
0	Con	4,5c	9,4b	21,0b	04,1b	10,7b	47,6b	14,1c	7,6c	28,2b	6,9c	7,6b	32,6ab
0	Cla	26,2b	15,9a	26,2b	36,7a	13,7a	32,3c	26,8b	12,1b	36,3b	22,4b	9,7ab	41,4a
0	Mar	38,8a	14,1a	35,4a	33,6a	14,6a	58,3a	40,6a	16,1a	49,7a	31,0a	11,7a	30,8b
20	Con	24,5a	8,0a	27,1a	14,6b	7,4a	47,2a	19,5a	6,0b	37,9a	12,2b	5,8b	28,6a
20	Cla	27,7a	8,2a	23,5a	27,7a	7,2a	26,3b	26,0a	6,2b	24,7b	27,7a	10,9a	24,7a
20	Mar	25,1a	9,0a	24,2a	29,5a	7,4a	23,0b	25,1a	19,2a	27,4ab	27,7a	7,0b	22,8a
40	Con	34,9a	7,7a	32,0a	38,0a	8,5a	24,5a	31,4a	9,4a	37,2a	34,0a	6,8b	43,1a
40	Cla	27,3b	5,7a	21,6b	28,2b	9,7a	23,1a	26,0ab	6,0b	21,8b	27,7b	11,6a	22,4b
40	Mar	26,4b	7,7a	25,1ab	29,5b	7,9a	24,1a	22,9b	11,2a	25,5b	30,4ab	6,1b	20,0b
80	Con	25,1a	6,0a	23,6a	29,9a	5,2a	43,4a	23,8a	4,9a	22,2a	28,6a	3,5a	18,9a
80	Cla	28,6a	5,7a	24,2a	29,0a	4,5a	22,4b	25,1a	4,7a	19,5a	27,3a	4,7a	24,2a
80	Mar	27,3a	5,8a	22,2a	26,8a	6,0a	21,7b	25,5a	6,9a	22,3a	24,2a	6,0a	22,6a
140	Con	26,4a	4,8a	22,0a	26,4a	4,8a	24,9b	26,8a	5,6	30,9a	25,1a	4,2b	20,6a
140	Cla	28,2a	4,8a	22,7a	26,8a	5,6a	41,6a	26,4a	5,4	21,0a	24,2a	5,3b	20,3a
140	Mar	29,1a	5,3a	22,2a	26,4a	5,7a	22,7b	25,5a	6,8	22,7a	24,2a	14,9a	25,1a
280	Con	27,3a	19,3a	32,1a	29,0a	5,8a	20,8b	25,1a	10,8	29,2a	23,3a	7,0b	24,9a
280	Cla	27,7a	5,8b	21,8b	26,0a	4,8a	18,9b	26,4a	5,4	20,7a	25,5a	6,1b	22,0a
280	Mar	26,4a	7,1b	24,3ab	26,4a	5,5a	40,8a	26,0a	5,6	22,5a	26,4a	15,2a	26,6a

<sup>1</sup>Con = Não-inoculado; cla = *G. clarum*; mar = *Gi. margarita*

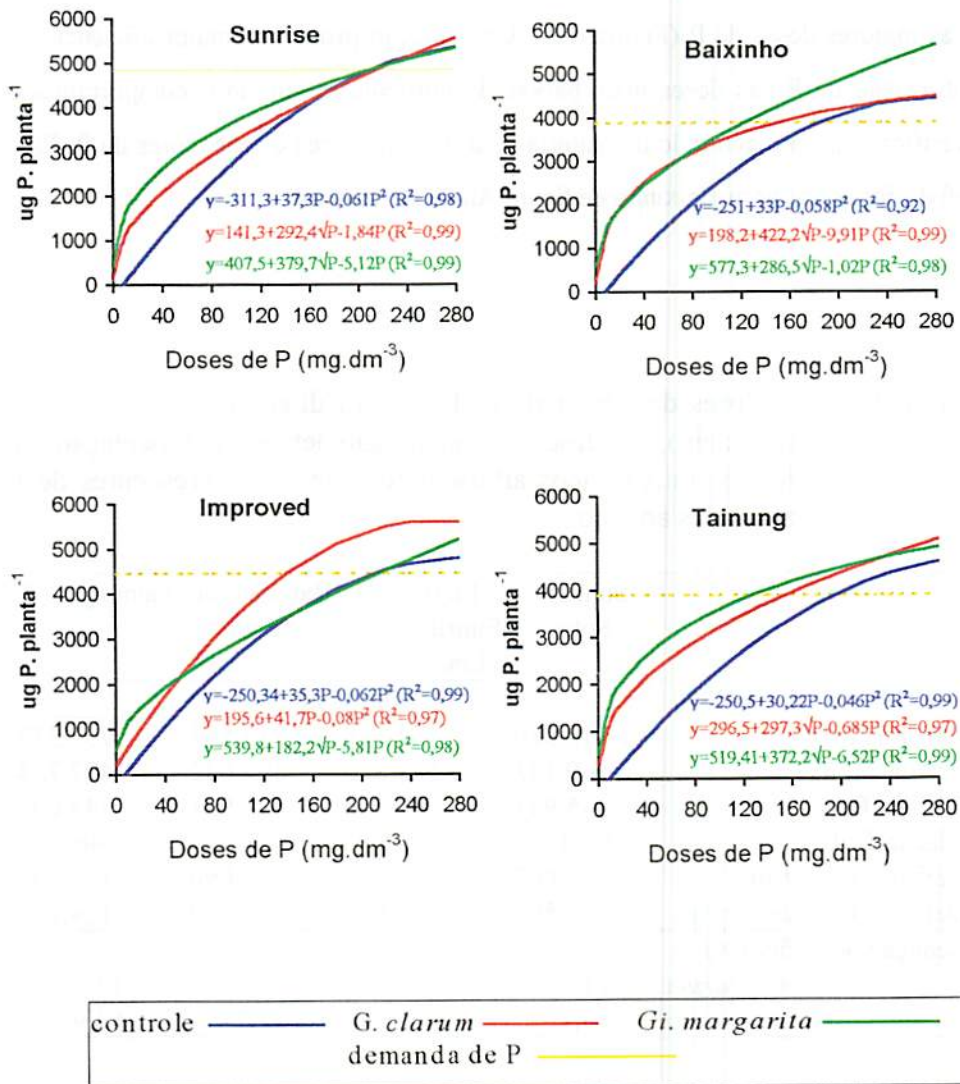


FIGURA 9. Representação gráfica da demanda e suprimento de P em plantas de diferentes variedades de mamoeiro submetidas à inoculação de fungos micorrizicos, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

Para todas as variedades a eficiência de utilização de P (EUP) diminuiu nas maiores doses de P (Figura 10). A inoculação promoveu maior eficiência de utilização de P nas doses mais baixas do nutriente, seguindo o comportamento verificado para o acúmulo de matéria seca da parte aérea e seus teores de P. Esse efeito foi maior para Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1.

TABELA 5. Valores de déficit de fósforo para diferentes variedades de mamoeiro, na fase de muda; submetidas à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

	Sunrise	Improved	Baixinho de Tainung n° 1	
	Solo	Sunrise Solo, Line 72/12	Santa Amália	
Adimensional				
demanda (d)	1.015.089	941.118	715.563	752.332
suprimento (s)	569.142	541.372	395.642	407.724
Déficit (D)	445.947	399.746	319.921	344.608
relação D/d	0,44	0,43	0,45	0,46
Déficit – <i>G. clarum</i>	351.067	261.027	145.090	181.163
Déficit – <i>Gi. margarita</i>	271.506	324.549	136.729	124.245
Redução no déficit(%)				
<i>G. clarum</i>	21,3	34,7	54,6	47,4
<i>Gi. margarita</i>	39,1	18,8	57,3	63,9

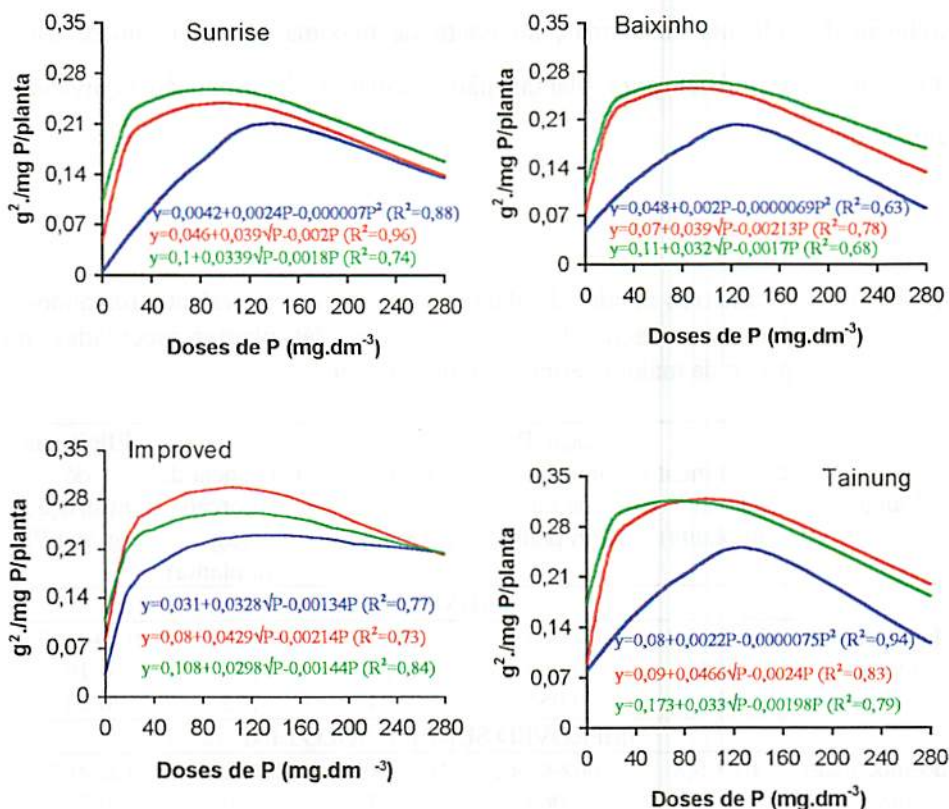


FIGURA 10. Eficiência de utilização de fósforo por plantas de diferentes variedades de mamoeiro submetidas à inoculação de fungos micorrízicos em doses crescentes de P aplicadas ao solo.

O comportamento diferenciado de cada variedade em função da inoculação pode ser melhor evidenciado ao se tomar os valores dos parâmetros em plantas não-inoculadas e inoculadas de mesma produção de parte aérea. É importante isolar o efeito direto do fungo MA devido ao suprimento de nutrientes,



do efeito indireto promovido pelo maior crescimento da planta. Tomando-se a produção das plantas inoculadas, no ponto de máxima eficiência micorrízica, obtiveram-se os índices para plantas não-inoculadas de produção equivalente (Tabela 6).

**TABELA 6.** Parâmetros obtidos de plantas de produção equivalente, tomando-se por base o acúmulo de matéria seca das plantas inoculadas, no ponto de máxima eficiência micorrízica.

Fungo <sup>1/</sup>	comprimento de raiz (m/planta)	relação PA/ Comprimento de raiz (g/m/planta)	Fósforo absorvido (µg/planta)	Eficiência de absorção (µg P/m/planta)	Eficiência de utilização (g <sup>2</sup> /mg P)
<b>SUNRISE SOLO</b>					
Não-inoculado	12.7-16.3	0.043-0.043	1912-2560	150-157	0.14-0.17
<i>G. clarum</i>	8.8	0.065	1523	173	0.19
<i>Gi. margarita</i>	12.5	0.056	2194	175	0.22
<b>IMPROVED SUNRISE SOLO LINE 72/12</b>					
Não-inoculado	10.3-9.8	0.062-0.062	2124-2000	206-204	0.22-0.21
<i>G. clarum</i>	9.3	0.069	1392	150	0.25
<i>Gi. margarita</i>	7.6	0.081	1643	216	0.22
<b>BAIXINHO DE SANTA AMÁLIA</b>					
Não-inoculado	10.7-10.4	0.066-0.066	2697-2605	252-250	0.19-0.19
<i>G. clarum</i>	6.7	0.106	2194	327	0.23
<i>Gi. margarita</i>	6.8	0.100	2002	294	0.23
<b>TAINUNG 1</b>					
Não-inoculado	2.9-3.4	0.236-0.232	2184-2704	753-795	0.22-0.24
<i>G. clarum</i>	3.7	0.183	1780	481	0.27
<i>Gi. margarita</i>	4.6	0.175	2232	485	0.29

<sup>1/</sup> O primeiro e segundo valores do tratamento não-inoculado referem-se àqueles tomados por base as doses de máxima eficiência para *G. clarum* e *Gi. margarita*, respectivamente

Para todas as variedades do Grupo Solo a inoculação reduziu o comprimento de raiz, aumentando a relação parte aérea/comprimento de raízes. A inoculação no Tainung n° 1 teve efeitos diferenciados onde plantas inoculadas de produção equivalente ao controle apresentaram maior produção de raízes, resultando em maior absorção total de P, mas uma menor eficiência de absorção. Plantas inoculadas apresentaram maior eficiência de utilização de P em todas as variedades, sendo maior em Tainung n° 1.

#### 4. DISCUSSÃO

O solo utilizado no experimento apresentou baixa capacidade máxima de adsorção de fósforo, CMAP ( $229 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), o que torna o sistema mais facilmente saturável com o uso de doses crescentes de P, demonstrado pela resposta quadrática ao P nos tratamentos não-inoculados. Com solos de maior CMAP o mamoeiro pode responder a doses maiores que  $280 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (Auler, 1995). Entretanto, nas grandes regiões produtoras da cultura predominam solos com elevados teores de areia (capítulo 2), o que sugere a necessidade de menores doses a serem aplicadas. A resposta à micorriza, do tipo raiz-quadrática, demonstra o grande incremento em doses iniciais de P, comportamento observado para outras culturas e que reflete o nível de fertilidade do solo (Saggin Júnior e Siqueira, 1994; Trindade et al., 1996). Esse padrão permitiu que o requerimento externo de P fosse reduzido para as plantas inoculadas.

O valor da máxima eficiência micorrizica calculado corrobora com dados obtidos por Weber e Amorim (1994) e Auler (1995), ocorrendo em teores de P-disponível semelhante para todas as variedades, o que indica ser uma característica sob maior controle da planta. Esse teor de P-disponível deve ser influenciado tanto pelo tipo de solo, especificamente sua CMAP, como pelo

extrator usado na análise do nutriente já que, diferentemente do método da Resina, o valor obtido pelo Mehlich-1 é dependente da capacidade tampão do solo. Os valores de eficiência micorrízica observada para o mamoeiro se equivalem aos estimados para plantas com elevada dependência micorrízica, como citros (Menge et al., 1978) e café (Siqueira e Colozzi-Filho, 1986), sendo superiores a outras fruteiras, como abacate e manga (Silva e Siqueira, 1991), banana (Declerck et al., 1995), maçã (Hoepfner et al., 1983) e abacaxi (Jaizme-Vega e Azcon, 1991).

Embora diminuindo com o aumento das doses de P, a eficiência micorrízica se manteve positiva para Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1, indicando serem as variedades mais dependentes da micorriza, de acordo com o parâmetro T' sugerido por Janos (1988), corroborando com a classificação de Habte e Manjunath (1991) e com a eficiência simbiótica (Saggin Júnior e Siqueira, 1995). A determinação do benefício micorrízico, tomando-se por base toda a amplitude de resposta é mais completa, estando provavelmente menos sujeita a imprecisões e refletindo, portanto, o grau de dependência, já que essa característica está intrinsecamente relacionada com a disponibilidade de P no solo. Entretanto, o cálculo do efeito do fungo no ponto de máxima eficiência micorrízica apresentou elevada correlação com a eficiência simbiótica estabelecida pelo método gráfico ( $r = 0,999^{**}$ ), tomando-se a média dos efeitos dos dois fungos. Ou seja, o ponto de máxima eficiência micorrízica se mostrou um excelente indicador do grau de dependência de cada variedade de mamoeiro testada.

A maior eficiência simbiótica para as variedades Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1 foi o reflexo conjunto de um menor benefício de P e um maior benefício micorrízico. Ou seja, as variedades apresentam uma capacidade semelhante de produção de parte aérea, mas essa capacidade só é plenamente

expressa com a inoculação. Por outro lado, a produção de raízes é inferior nessas variedades gerando uma maior relação parte aérea / raiz, o que, de acordo com Koide (1991), é uma das características que confere uma maior resposta da planta à micorrização, pois reduz o suprimento de P e aumenta o déficit desse elemento na planta.

A estimativa feita da demanda e suprimento de P na planta revelou que é necessário analisar os dados em conjunto, pois, variedades que apresentaram maior déficit em termos absolutos, foram menos dependentes da micorriza, em função de que a grande demanda estava associada a um suprimento proporcionalmente maior. Ou seja, em termos proporcionais, as variedades se comportaram de forma semelhante. O que fez a diferença foi o efeito dos fungos, os quais promoveram uma maior redução do déficit naquelas variedades mais dependentes, Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1. Pelo menos, numa primeira abordagem, a extensão na qual a colonização micorrízica influencia a performance da planta deve ser uma função da diminuição do déficit de P mediante o aumento do suprimento do nutriente pelo fungo (Koide, 1991). Isto pode ser verdade quando se têm variedades ou espécies de demanda equivalentes, o que não foi o caso, necessitando-se avaliar em termos proporcionais.

As relações que envolvem parte aérea e raiz como Parte aérea/comprimento de raízes são uma aproximação da habilidade e/ou necessidade de aquisição de fósforo (suprimento) em relação à sua utilização para crescimento (demanda). Assim, plantas com relações elevadas devem apresentar menor capacidade de satisfazer o déficit de P, apresentando maior resposta à colonização micorrízica. Os dados mostram que para as variedades com menor aparato de absorção, na forma de raízes finas (Baixinho de Santa Amália e Tainung n° 1), a inoculação tem um maior efeito no suprimento de P para a planta, justificando a maior dependência micorrízica dessas variedades. Portanto,

apesar de apresentar a menor demanda absoluta de P, a variedade Tainung n<sup>o</sup>. 1 tem sua capacidade de suprimento reduzida pela baixa produção de raízes (comprimento), o que lhe confere uma elevada relação parte aérea / comprimento de raízes, ou seja, uma elevada demanda relativa. No mesmo raciocínio, a variedade Baixinho de Santa Amália apresenta-se com menor capacidade de suprimento que Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12.

A diferença de colonização entre as espécies fúngicas não influenciou no benefício micorrízico promovido por cada uma, comprovando que a medição de colonização interna total pode não refletir o grau de resposta da planta, pois nem sempre representa características importantes para o efeito do fungo como a capacidade de produção de micélio externo (Abbott e Robson, 1985). Entretanto, para um mesmo fungo, a colonização diferenciada em função do nível de P no solo e na planta assume maior importância sobre a eficiência micorrízica, já que ambas as características são reguladas pelo suprimento de fósforo, o que ficou demonstrado para os dados aqui obtidos. Na faixa de máxima eficiência micorrízica ocorreram os maiores percentuais de colonização, indicando a importância de se ter a combinação de doses de P suficientemente baixas para propiciar um elevado percentual de colonização micorrízica e sua expressão. Considerando-se uma situação de campo, a colonização exibida por *G. clarum* seria importante pela possibilidade de manter maior taxa em doses mais elevadas de P. Os dados mostram que doses de P acima de 140 mg.dm<sup>-3</sup> reduzem a colonização a taxas muito baixas, sem promover incremento na produção de parte aérea. É provável que com o tempo a colonização nessas doses seja reduzida a valores muito baixos.

A inoculação reduziu não só o requerimento externo das plantas, mas também o interno, indicando uma maior eficiência de utilização, a qual ficou caracterizada em todas as doses de P aplicadas. Uma maior eficiência de

utilização de P, inclusive em plantas de produção equivalente de parte aérea, deve compensar pelo gasto energético para manutenção da associação. Em outras palavras, para manter um mesmo status nutricional as plantas não-inoculadas tiveram um maior gasto energético, o que vai contra a afirmação de Nemeç e Vu (1990), de que plantas micorrizadas com teor de P equivalente àquelas não-micorrizadas apresentam menor eficiência de uso do P. Acima de um determinado teor de fósforo no solo, que variou entre as diferentes variedades, a manutenção do mesmo nível de absorção de P, pois, resulta em gasto energético sem aumento no acúmulo de biomassa, ou seja, há consumo de luxo. Para as plantas inoculadas os teores de fósforo na planta em que isso aconteceu são menores, comprovando que em condições de solo de textura mais grosseira, a aplicação de doses acima de  $140 \text{ mg.dm}^{-3}$  se mostraram ineficientes. A manutenção de uma maior eficiência de utilização de P pelas plantas inoculadas, mesmo em doses altas de P no solo, indica que a micorriza favorece o equilíbrio nutricional e que o uso de fósforo em doses elevadas reduz a eficiência do sistema. A comparação, feita no ponto de máxima eficiência micorrízica, é conhecida como “comparação horizontal” (Smith, et al., 1993) e ilustra a influência do suprimento de P efetuado pela presença da micorriza na planta. Dos demais nutrientes avaliados, o potássio teve sua absorção consistentemente aumentada com a inoculação, nas doses mais baixas de fósforo, podendo, juntamente com o P, ter influenciado no melhor desenvolvimento das plantas, principalmente quando se considera que não houve alteração nos teores de K nas plantas com o aumento das doses de P acima de  $40 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P. O potássio, juntamente com o nitrogênio, é o nutriente mais exigido pelo mamoeiro (Cunha, 1980); entretanto, foi aplicada uma dose básica de  $80 \text{ mg.dm}^{-3}$  no solo. Portanto, essa maior absorção do elemento com a inoculação pode ser um efeito sinérgico da maior absorção de fósforo.

Dentre os mecanismos avaliados pelos quais a micorriza pode contribuir

para a maior absorção de P pelas plantas, a resposta de Tainung n° 1 à inoculação se mostrou mais relacionada com o aumento da produção de raízes, resultado verificado em outros trabalhos (Hooker et al., 1992; Berta et al., 1995), já que a taxa de absorção se mostrou intrinsecamente mais elevada nas plantas não-inoculadas, sendo maior do que nas demais variedades. Este, entretanto, parece ser o principal mecanismo responsável pela resposta das variedades do grupo Solo, embora, no caso de Baixinho de Santa Amália, sua produção de raízes é inferior às demais variedades do grupo, apresentando maior relação parte aérea/comprimento de raízes. Assim, de acordo com os dados, pode-se inferir que Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12, materiais geneticamente semelhantes, têm sua dependência micorrízica governada pela maior eficiência de absorção pelos fungos; no mesmo grupo, mas, geneticamente mais distante, Baixinho de Santa Amália apresentaria dois mecanismos de resposta à inoculação que seria um aumento na eficiência de absorção e também no comprimento radicular; por último, o híbrido Tainung n° 1 pertencente ao grupo Formosa, tem no aumento da produção de raízes o mecanismo responsável pela grande resposta micorrízica. Esse híbrido, portanto, se apresenta naturalmente mais eficiente na alocação de recursos para a produção de parte aérea, apresentando ainda um sistema radicular intrinsecamente eficiente. A presença do fungo aumenta a capacidade da planta de absorver mais nutrientes, na forma de maior produção de raízes, resultando em maior produção de parte aérea. Disso resulta a dificuldade em se estabelecer um mecanismo ou relação causa-efeito único para a resposta da planta ao fungo MA, mesmo a nível de espécie de planta. As diferenças existentes entre variedades são suficientes para exibir responsividade diferente à micorriza, tendo também causas diferentes.

Considerando-se plantas de mesma produção de parte aérea em Tainung n° 1 a inoculação diminuiu a eficiência de absorção. Isto não é surpreendente

considerando-se que as plantas não inoculadas foram adubadas com doses de P bem maiores para atingir a equivalência no status do nutriente. Assim, devido à elevada concentração de P nos tecidos, as plantas não inoculadas têm um menor custo de C para absorção de P.

Em todas as variedades do grupo Solo, para manutenção de mesma biomassa de parte aérea, as plantas não-inoculadas precisaram ter proporcionalmente maior produção de raiz, sem, entretanto, manter a mesma eficiência de absorção. Isto ocorreu provavelmente pelo papel das hifas micorrízicas em substituição à formação de raiz. Se a formação da micorriza resulta em redução no crescimento radicular, comparado com uma planta não micorrizada equivalente, então o custo para a planta em termos de perda de carbono para o fungo pode ser menor do que o custo resultante da formação adicional de raízes na planta não-micorrizada (Johnson et al., 1997).

A maior eficiência de utilização de P devido à inoculação mostrou ser um mecanismo comum às quatro variedades estudadas, diferentemente de informações de trabalhos com outras culturas (Stribley et al., 1980; Nemeč e Vu, 1990), embora este também possa ser considerado um mecanismo de resposta à colonização (Koide, 1991).

## 5. CONCLUSÕES

- A máxima eficiência micorrízica atingiu valores de 90% tendo sido obtida com doses de P na faixa de 23 a 30 mg.dm<sup>-3</sup>;
- plantas de mamoeiro colonizadas tiveram seu requerimento externo e interno e déficit de fósforo reduzido, apresentando maior eficiência de utilização de P, que aquelas sem inoculação;
- as variedades de mamoeiro apresentaram a seguinte classificação quanto à



dependência micorrízica: Baixinho de Sta. Amália = Tainung > Sunrise Solo = Improved Sunrise Solo, sendo as duas primeiras classificadas como de alta e as duas últimas como de baixa dependência;

- o grau de dependência relacionou-se com a capacidade da variedade em produzir raízes, e não foi influenciado pelos fungos estudados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *The New Phytologist.*, Oxford, 99:245-255, 1985.
- AMBLER, J.R.; YOUNG, J.L. Técnicas for determining root length infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 4:551-556, 1977.
- AMIJEE, F.; STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B. The development of endomycorrhizal root systems: effects of soil phosphorus and fungal colonization on the concentration of soluble carbohydrates in roots. *The New Phytologist*, Oxford, 123(2):297-306, 1993.
- AULER, P.A.M. Desenvolvimento inicial do mamoeiro (*Carica papaya* L.) relacionado à disponibilidade de fósforo no solo e à colonização pelo fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus macrocarpum*. UNESP, 1995, 94p (Tese Mestrado)
- AZEVEDO, I.C.; SILVEIRA, A.P.D. Efeito da adubação fosfática e de fungos micorrízicos arbusculares na produção de muda de mamoeiro. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, XIII, vol. 2, Salvador, 1994. Resumos ... Salvador, SBF, 1994. p. 685-686
- BERTA, G.; TROTTA, A.; FUSCONI, A.; HOOKER, J.E.; MUNRO, M.; ATKINSON, D.; GIOVANNETTI, M; MORINI, S; Arbuscular mycorrhizal induced changes to plant growth and root system morphology in *Prunus cerasifera*. *Tree Physiology*, Victoria, 15(5): 281-293. 1995.
- CUNHA, R.J.P. Adubação do mamoeiro. In: Simpósio sobre a cultura do mamoeiro, 1., Jaboticabal, 1980. Anais. Jaboticabal, FCAV, 1980. p. 121-126.

- DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D.G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, The Hague, 176 (1): 183-187, 1995.
- HABTE, M.; MANJUNATH, A. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. **Mycorrhiza**, Heidelberg, 1(1):3-12, 1991
- HOEPFNER, E.F.; KOCH, B.L.; COVEY, R.P. Enhancement of growth and phosphorus concentrations in apple seedlings by vesicular-arbuscular mycorrhizae *Glomus mosseae*. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, 108(2): 207-209, 1983.
- HOOKE, J.E.; MUNRO, M.; ATKINSON, D. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi induced alteration in poplar root system morphology. **Plant and Soil**, The Hague, 145(2):207-214, 1992.
- JAIZME, V.M.C.; AZCON, R. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) in the Canary Islands. **Fruits**, Paris, 46(1): 47-50, 1991.
- JAIZME-VEGA, M.C. e AZCON, R. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, Heidelberg, 5(2): 213-217, 1995
- JANOS, D.P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate? In: NG, F.S.P. **Trees and mycorrhiza**. Kuala Lumpur, Forest Research Institute, 1988. p.133-188
- JOHNSON, N.C.; GRAHAM, J.H.; SMITH, F.A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. **The New Phytologist**, Oxford, 135(4):575-585, 1997
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **The New Phytologist**, Oxford, 117(3):365-386, 1991
- LACKIE, S.M.; BOWLEY, S.R.; PETERSON, R.L. Comparison of colonization among half-sib families of *Medicago sativa* L. by *Glomus versiforme* (Daniels and Trappe) Berch. **The New Phytologist**, Oxford, 108(4):477-482, 1988
- MANJUNATH, A.; HABTE, M. Root morphological characteristics of host species having distinct mycorrhizal dependence. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, 69(5):671-676, 1991.
- MENGE, J.A.; LABANAUSKAS, C.K.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G.A. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in the greenhouse culture of citrus. **Soil Science Society of American Journal**,

- Madison, 42(7): 926-930, 1978.
- MOHANDAS, S. Effect of VAM inoculation on plant growth, nutrient level and root phosphatase activity in papaya (*Carica papaya* cv. Coorg Honey Dew). **Fertilizer Research**, Dordrecht, 31(3):263-267, 1992
- NEMEC, S.; VU, J.C.V. Effects of soil phosphorus and *Glomus intraradices* on growth, nonstructural carbohydrates, and photosynthetic activity of *Citrus aurantium*. **Plant and Soil**, The Hague, 128(3):257-263, 1990.
- NEWMAN, E. I. A method of estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**, 3(2):139-145, 1966.
- POWELL, C.LI. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, 68(1):3-9, 1982
- RAMIREZ, B. N.; MITCHELL, D. J. e SCHENCK, N. C. Establishment and growth effects of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on papaya. **Mycologia**, New York, 67(10):1039-1041, 1975.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas. Fundação Arthur Bernardes, Versão 5.0. 1993.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. 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, 18(1): 27-36, 1994.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J e SIQUEIRA, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 19(2):221-228, 1995.
- SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, 4(3):289-302, 1981.
- 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 do Solo**, Campinas, 15(3):283-288, 1991
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 10(3):207-211, 1986.
- SMITH, S.E.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. The involvement of

**mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use.** In RANDALL et al (eds). Genetic aspects of plant mineral nutrition. Kluwer Academic Publishers. 1993. p:221-231.

**STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B.; SNELLGROVE, R.C.** Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the relations of plant growth, internal phosphorus concentrations and soil phosphate analyses. *Jornal of Soil Science, Oxford*, 31(6):655-672, 1980.

**THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.** The effect of long-term applications of phosphorus fertilizer on populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pastures. *Australian Journal of Agricultural Research, Victoria*, 43(9): 1131-1142, 1992.

**TRINDADE, A.V.; VILDOSO, C.E.A.; MUCHOVEJ, R.M.C.; COSTA, L.M.** Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrízicos na nutrição e crescimento do milho. *Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, 20(2):199-208, 1996.

**WEBER, O. B.; AMORIM, S.M.C.** Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mamoeiro "solo". *Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, 18(2):187-191, 1994

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como já demonstrado para outros sistemas, a colonização micorrízica das plantas de mamoeiro em campo correlacionou-se negativamente com o teor de fósforo no solo. Isto foi confirmado nos experimentos de casa-de-vegetação, com variações em função da origem dos fungos e variedades. Nos experimentos foi demonstrado que é possível reduzir a adubação fosfatada e não perder rendimento, desde que as plantas estejam colonizadas por fungos eficientes, pois estes reduzem o déficit do nutriente à planta. Ao mesmo tempo, ficou comprovado que existem populações nativas eficientes para a cultura. Pode-se inferir, entretanto, que a expressão dessas a campo vai depender do controle da aplicação de adubos e de um manejo que possa aumentar o número de propágulos viáveis. Além de promover redução na colonização micorrízica, teores elevados de P disponível no solo tenderam a reduzir a riqueza de espécies de fungos MA, o que pode ter reflexos na expressão da associação, partindo-se do princípio de que populações com a participação de fungos com diferentes estratégias de atuação podem ser mais benéficas para o desenvolvimento das plantas.

Assim como o fósforo, o pH do solo mostrou-se ser um outro modulador da eficiência micorrízica, nos experimentos, em condições controladas, ao mesmo tempo em que também influencia na composição e riqueza de espécies nos plantios comerciais. Disto resulta que a viabilidade de um programa de inoculação deve considerar como pré-requisito a correção do solo a ser cultivado. Ou então, que se usem as espécies mais adaptadas às condições, no caso, principalmente as do gênero *Acaulospora*. Nos testes realizados, estas, entretanto, nem sempre foram as mais eficientes.

O trabalho revelou a existência de populações e isolados nativos eficientes para a cultura. Além da adequação de variáveis edáficas, sua plena expressão

deverá estar condicionada a um aumento do potencial de inóculo, o qual pode ser feito por um manejo de cultura. Alternativamente, esses fungos podem ser multiplicados e reintroduzidos por meio de mudas colonizadas, no sentido de promover numa primeira instância a colonização rápida, característica que se mostrou importante para a expressão da eficiência do fungo. Entre as populações eficientes detectou-se a presepça dominante dos fungos *G. etunicatum* e *Gigaspora spp*, espécies de grande ocorrência nos solos cultivados com o mamoeiro.

As mudas, entretanto, não estão sendo levadas a campo previamente colonizadas, mesmo que por inóculo indígena, provavelmente por fatores como elevada fertilidade do substrato, uso de fumigantes e de solo com baixo potencial de inóculo. Portanto, a utilização de fungos via inoculação na fase de mudas deve passar por uma readequação do substrato, principalmente, visando as condições que favoreçam a colonização e sua expressão. Os trabalhos mostraram que o tempo de produção dessas mudas em sistema comercial é suficiente para que a inoculação já expresse seus efeitos, os quais começam a partir da terceira semana. Portanto, atenção deve ser dada àqueles fungos que sejam mais infectivos e agressivos, promovendo uma rápida colonização.

Os experimentos em condições de competição revelaram que, mesmo em solo contendo população indígena, o uso de fungos infectivos, agressivos e eficientes pode resultar em benefícios para a cultura. Ficou comprovado que isto dependerá da população considerada em termos qualitativos e quantitativos. É de se esperar que as condições utilizadas nos experimentos superestimam a capacidade dessas populações nativas quando estas são multiplicadas em vasos de pré-cultivo. Ou seja, em campo sua condição deve ser inferior, tendo a seu favor, entretanto, o tempo de contato e a disseminação no solo. Portanto, aqueles fungos com maior taxa de disseminação terão mais chance de sucesso a campo, num possível programa de inoculação. Em função disto, foram selecionados os

fungos *G. clarum*, *Gigaspora margarita* e o isolado 29, também do gênero *Gigaspora* para testes posteriores. Além destes, deve-se fazer o isolamento e multiplicação da espécie *Glomus etunicatum* presente nas populações 07B e 09B as quais apresentaram elevada capacidade de infectividade e eficiência micorrízica.

Dentre as regiões amostradas houve variação quanto à dominância de espécies e intensidade da associação em termos de colonização e densidade de esporos. Devem-se levar em consideração diferenças ao nível de características edafo-climáticas originais, bem como de manejo e variedades empregadas. Pelos resultados obtidos, a região do Oeste da Bahia apresentou índices mais baixos da associação micorrízica, sugerindo que atualmente seria a região com maior aptidão para que um programa de inoculação fosse desenvolvido.

O trabalho demonstrou a elevada dependência micorrízica do mamoeiro e que dentre as variedades mais usadas atualmente existem características que conferem um maior ou menor grau de dependência. Isto sugere que em trabalhos de melhoramento da cultura pode-se dar atenção à obtenção de genótipos que apresentem maior resposta à micorriza e que conseqüentemente sejam mais eficientes na absorção e uso do fósforo, trazendo como resultado prático a redução na adubação fosfatada. As variedades com menor produção de raízes, Baixinho de Santa Amália e Tainung-1, foram as mais dependentes. O híbrido Tainun, representante do grupo formosa, é cultivado principalmente no Oeste da Bahia, região que apresentou os menores índices relativos à ocorrência da associação micorrízica no mamoeiro. Essas características fazem dessa região um alvo mais objetivo para se direcionar um possível programa de inoculação. Para as variedades Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo, o benefício do fósforo foi proporcionalmente maior, diminuindo o benefício micorrízico, mantendo-se entretanto em patamares elevados, sugerindo que a expressão da associação

micorrízica pode resultar em um manejo com menor uso de adubos fosfatados. No momento, o esquema de adubação nas regiões produtoras dessas variedades, em cujos solos predominam aqueles de textura grosseira, de baixa capacidade de adsorção de fósforo, se baseia no uso de doses elevadas e frequentes de adubo fosfatado. É provável que esse esquema seja ineficiente em termos agronômicos e econômicos. O uso dos fungos micorrízicos, seja através do manejo dos nativos, seja por meio da concretização de um programa de inoculação, pode redimensionar o uso de adubos e a sustentabilidade da cultura.

Em função do exposto, propõe-se que novas ações de pesquisa sejam executadas, com base nos resultados aqui obtidos.

- Ensaios com o uso de diversos tipos de solo, em condições originais como forma de avaliar suas condições de potencial de inoculação;

- avaliação da densidade de propágulos em solos sob cultivo do mamoeiro, em diversas épocas do ano;

- ensaios de campo, utilizando-se mudas pré-inoculadas com os fungos selecionados no presente trabalho, que demonstrem a validade da inoculação das mudas, indicando, nesse caso, o reflexo imediato na produção de frutos e o tempo de duração desses efeitos. O acompanhamento da presença dos fungos inoculados no sistema radicular deverá ser feito por meio de técnicas de biologia molecular;

- ensaios de campo, com diferentes doses de fósforo aplicadas ao solo;

- avaliação de maior número de genótipos de mamoeiro para se estabelecerem parâmetros de variabilidade e herdabilidade quanto às características que conferem maior ou menor dependência micorrízica.