



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PORTA-ENXERTOS
DE CITROS**

MAIARA DE SOUZA NUNES

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
AGOSTO DE 2004

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PORTA-ENXERTOS DE CITROS

MAIARA DE SOUZA NUNES

Engenheira Agrônoma
Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2002

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia e Fruticultura Tropical.

Orientadora: Profa. Dra. ANA CRISTINA FERMINO SOARES

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2004

FICHA CATALOGRÁFICA

N972

Nunes, Maiara de Souza.

Fungos micorrízicos arbusculares em porta-enxertos de citros/
Maiara de Souza Nunes. – Cruz das Almas, Ba, 2004.

79 p.: il., tab., graf.

Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia. Universidade
Federal da Bahia, 2004.

1. Citros – micorrizas. 2. Citros – fungos micorrízicos. I.
Universidade Federal da Bahia. II. Título.

CDD 20. Ed. 634.304

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares
Escola de Agronomia - UFBA

Dr. Walter dos Santos Soares Filho
Embrapa Mandioca e Fruticultura

Dr. Antonio Alberto Rocha Oliveira
Embrapa Mandioca e Fruticultura

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias
em.....

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em
.....

“Cada pessoa, em sua existência, pode ter duas atitudes: Construir ou Plantar. Os construtores podem demorar anos em suas tarefas, mas um dia terminam aquilo que estavam fazendo. Então param, e ficam limitados por suas próprias paredes. A vida perde sentido quando a construção acaba. Os que plantam sofrem com as tempestades, as estações e raramente descansam. Mas, ao contrário de um edifício, o jardim jamais pára de crescer. E, ao mesmo tempo em que exige a atenção do jardineiro, também permite que, para ele, a vida seja uma grande aventura.”

Paulo Coelho

Aos meus pais, **Maria** e **João**; à minha irmã, **Carla** e ao meu sobrinho, **Daniel**, por terem acreditado no meu ideal, na minha utopia, no meu sonho, por terem escutado minhas angústias e alegrias, sempre como se fosse a primeira vez. Por terem acreditado que chegaria até o final e por acreditarem que ainda chegarei a ser mais do que sonhei.

OFEREÇO

Aos meus pais, pela formação do meu caráter, e pela luta em prol da minha educação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

“O homem que preserva seus amigos jamais é dominado pelas tempestades da existência; tem forças para ultrapassar as dificuldades e seguir adiante”. Paulo Coelho.

À Deus, nosso Pai celestial, Infinito em sua bondade e perfeição, por todo o meu crescimento, por iluminar o meu caminho e me dar forças para superar as provas desta vida.

À professora Dra. Ana Cristina Fermino Soares pela orientação dedicada, pela preocupação e atenção constantes, pelos ensinamentos, incentivos, um exemplo de profissional, mãe e mulher, minha eterna gratidão.

Ao Dr. Walter do Santos Soares Filho, pelo apoio e orientação. Ao Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo, pela realização das análises estatísticas, pelos valiosos esclarecimentos e sua atenção. Os agradecimentos também são extensivos aos pesquisadores Dr. Antonio Alberto Rocha Oliveira e Dr. Antonio da Silva Souza.

À Escola de Agronomia e ao Curso de Pós-graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal da Bahia, pelos ensinamentos e pela oportunidade de realizar este curso.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura, pelo fornecimento de infra-estrutura para execução deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de estudo.

À coordenação do curso de Pós-graduação em Agronomia, na pessoa do Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho e a todos os professores, pela atenção e aprendizado.

Ao Dr. Gilberto Freire Filho, pesquisador da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), pela análise nutricional das plantas.

Aos laboratoristas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Luís, Paulo, César, Ivan, Orlando e Elaine por disponibilizarem seu precioso tempo para cooperação nos experimentos e pelos ensinamentos. Agradeço também ao Sr. Santana, pela sua ajuda indispensável, Sr. Alcides, Sr. Evangivaldo, pela cooperação na realização dos trabalhos.

Aos funcionários da área experimental, POLITENO, da Escola de Agronomia da UFBA, Sr. Alberico e Neto, pelo auxílio na obtenção do solo e dos sacos de muda, utilizados nos experimentos.

À secretaria de curso de mestrado, Sidinha, pela competência e atenção.

A todos os colegas de curso, especialmente a Rogério, Wiratan, Bruno, Elaine, Suane, Joaquim, a todos os colegas do Laboratório de Fitopatologia da UFBA, João, Jane, Marlon, Carla, Andiale, Daiane, Nailson pelo apoio e incentivo constante e pelos alegres momentos.

Às minhas amigas, Moema, Gilvânia, Adriana e Josi, por compartilharem, no dia-a-dia, as minhas ansiedades e alegrias, sempre com paciência e ternura.

Ao Prof. Joelito Rezende e sua família, por todo apoio e carinho, principalmente nos momento difíceis.

À minha amiga-irmã Flávia e minha afilhada Amanda, por sua amizade de valor inestimável, pelo afeto e pelos grandes momentos compartilhados.

À André por todo o amor e por reacender a esperança de um futuro feliz.

À minha família, por tudo na minha vida.

A Marcelo, por nunca ter me deixado desistir diante do primeiro obstáculo e persistir no meu objetivo, por sua lição de amor, de alegria, de vida. Onde quer que esteja, sei que está vibrando com essa conquista.

Finalmente, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM CAMPO.....	11
Capítulo 2	
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS, COM ADUBAÇÃO FOSFATADA	28..
Capítulo 3	
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS, SEM ADUBAÇÃO FOSFATADA	58
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PORTA-ENXERTOS DE CITROS

Autor (a): Maiara de Souza Nunes

Orientador (a): Ana Cristina Fermino Soares

RESUMO: O trabalho teve por objetivo estudar a dependência micorrízica de porta-enxertos de citros tradicionalmente utilizados nos pomares cítricos e de híbridos obtidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia, selecionados por apresentarem características importantes de adaptação ao ecossistema de Tabuleiros Costeiros, com ênfase na tolerância à seca e ao alumínio. Avaliou-se também, em campo, a colonização micorrízica de híbridos selecionados como promissores e de porta-enxertos tradicionais, oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Raízes finas foram coletadas, em novembro de 2002 e em julho de 2003, em pomares de plantas enxertadas com laranjeira 'Pêra' e de pés francos. A dependência micorrízica foi determinada para os porta-enxertos HTR 051, 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264, 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226' (*Citrus sinensis* x *P. trifoliata*), limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck) e tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.), inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares. Todos os porta-enxertos de citros apresentaram porcentagens elevadas de colonização micorrízica, variando de 42% a 83%, mesmo em condições de alto teor de fósforo no solo. Os porta-enxertos HTR-051, tangerineira 'Cleópatra' e 'Cleópatra' x citrange 'carrizo 226' apresentaram maior dependência micorrízica e 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 foi o menos dependente à micorrização. As espécies *Acaulospora* sp., *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* foram eficientes em promover o crescimento dos porta-enxertos no substrato com 32 mg.dm⁻³ de fósforo disponível, enquanto que as espécies *Gigaspora margarita* e *Gigaspora albida* inibiram ao crescimento. O fungo *Gigaspora albida* foi eficiente no substrato com 8 mg.dm⁻³ de fósforo disponível.

Palavras-chave: *Acaulospora* sp.; *Glomus*, *Gigaspora*, mudas, dependência micorrízica.

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN CITRUS ROOTSTOCKS

Author: Maiara de Souza Nunes

Advisor: Prof. Dr. Ana Cristina Fermino Soares

ABSTRACT: The present work had the objective of studying the mycorrhizal dependency of citrus rootstocks, traditionally used in citrus orchards and hybrids from the citrus breeding program from Embrapa Cassava & Fruits, in the city of Cruz das Almas, State of Bahia, Brazil, which have presented important characteristics for adaptation to the Coastal Tablelands ecosystem, with interest in drought and aluminum tolerance. In addition, the mycorrhizal colonization of hybrids selected as promising rootstocks and traditional rootstocks was determined under field conditions, in the Citrus Germplasm bank of Embrapa Cassava & Fruits. Fine roots collected in November of 2002 and July of 2003, in citrus orchards of grafted plants with Pera orange as the scion plant, and with ungrafted rootstocks HTR-051, Sunki x *Poncirus trifoliata* selection English 264, Cleopatra x Carrizo 226 citrange (*Citrus sinensis* x *P. trifoliata*), Rangpur lime (*C. limonia* Osbeck) and Cleopatra mandarin (*C. reshni* Hort. ex Tan.), inoculated with different species of arbuscular mycorrhizal fungi. All citrus rootstocks presented high percentages of root colonization, varying from 42% to 83%, even in high soil phosphorus conditions. The rootstocks HTR 051, Cleopatra mandarin e Cleopatra x Carrizo 226 citrange presented the greater mycorrhizal dependency, and Sunki x *Poncirus trifoliata* selection English 264 had the lowest mycorrhizal dependency. The species *Acaulospora* sp., *Glomus clarum*, and *Glomus etunicatum* were efficient for growth promotion of citrus rootstocks in a plant growing substrate with 32 mg.dm⁻³ of available phosphorous, while the species *Gigaspora margarita* and *Gigaspora albida* inhibited plant growth. *Gigaspora albida* was efficient for growth promotion in a plant growing substrate with 8 mg.dm⁻³ of available phosphorous.

Key-words: *Acaulospora* sp.; *Glomus*, *Gigaspora*, seedlings, mycorrhizal dependency.

INTRODUÇÃO

Os citros destacam-se no contexto nacional dentre as diversas culturas agrícolas devido ao seu grande valor de exportação, sendo o Brasil o maior exportador mundial de suco concentrado congelado de laranja, além de sua importância social, gerando milhares de empregos. O Estado maior produtor é São Paulo, com 621.392 ha de área colhida e uma produção de 15.457.818 toneladas. Em segundo lugar está a Bahia, com 53.787 ha e 966.585 t, seguida pelo Estado de Sergipe, com números similares, o que mostra a importância da cultura para a região Nordeste, segundo pesquisa realizada pelo IBGE (2004).

A citricultura encontra condições climáticas favoráveis para seu cultivo no país, porém mostra-se muito vulnerável devido à utilização quase única da combinação laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.)/limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.). Além disso, o período de vida útil de nossos pomares é relativamente baixo, em torno de doze anos na Região Nordeste, enquanto que em outros países como os Estados Unidos e Japão, esse período é mais dilatado, podendo prolongar-se por mais de 60 anos. Cabe acrescentar que a citricultura nordestina, está concentrada no ecossistema de Tabuleiros Costeiros, que apresenta como fatores limitantes à produção agrícola, solos com baixa disponibilidade de nutrientes (baixos teores de matéria orgânica, associados aos baixos valores para a soma de bases, CTC, V e baixos teores de fósforo), elevada acidez, alta saturação por alumínio e impedimento físico ao crescimento radicular nos horizontes coesos (Rezende, 2000).

A Embrapa Mandioca e Fruticultura possui um programa de melhoramento genético de citros, que objetiva a criação e seleção de porta-enxertos, tolerantes à seca e ao alumínio e adaptados às condições de cultivo da região Nordeste (Soares Filho et al., 1997). No processo de obtenção de novos porta-enxertos, é de extrema

importância estudar as interações da planta cítrica com a microbiota existente no solo, principalmente com os fungos micorrízicos arbusculares, que proporcionam relevantes respostas no desenvolvimento e adaptação da cultura.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) fazem parte da classe *Glomeromycota*, na ordem *Glomerales*, contendo duas sub-ordens, *Diversisporales* e *Glomerales*. Na *Diversisporales*, tem-se a família *Gigasporaceae*, contendo dois gêneros, *Gigaspora* e *Scutellospora*. A sub-ordem *Glomerales* inclui a família *Glomeraceae*, *Glomus* Group A e *Glomus* Group B, possui os gêneros *Glomus*, *Sclerocystis* e *Acaulosporaceae*, com os gêneros *Acaulospora* e *Entrophospora*. Recentemente, surgiram duas novas famílias, a *Archaeosporaceae*, dentro da sub-ordem *Archaeosporales* com o gênero *Archaeospora* e *Paraglomeraceae*, na sub-ordem *Paraglomerales*, com *Paraglomus* (Schübler et al., 2001).

Atualmente são descritas 180 espécies de fungos micorrízicos arbusculares, diferenciadas segundo a eficiência na absorção de fósforo, efeitos no crescimento do hospedeiro, tolerância a fatores estressantes, entre outros. Ocorrem em simbiose com quase todas as espécies de interesse agrônomo, pastoril e espécies de florestas tropicais, sendo 83 % das dicotiledôneas, 79 % das monocotiledôneas e 100% das gimnospermas (Tokeshi, 2000). Entre as plantas de maior importância agrícola que se associam com as micorrizas, têm-se milho, cenoura, tomate, pimenta, alho-poró, batata, feijão, soja, legumes, cebola, girassol, morango, citros, maçãs, pêssego, uva, algodão, café, chá, coco, espécies florestais, plantas selvagens e plantas daninhas. Repolho, crucíferas em geral e plantas aquáticas são não micorrizadas (Muchovej, 2001). A condição não micorrízica pode resultar de compostos fungistáticos presentes em crucíferas, insuficiência de fatores estimulantes ou sinais moleculares nos exsudatos de certas espécies ou deficiências na aderência ou existência de barreiras físicas na parede do hospedeiro. São biotróficos obrigatórios, sendo necessário, para verificar sua ocorrência e quantificá-las, a observação e avaliação microscópica de estruturas típicas como arbúsculos, vesículas, esporos e hifas (Moreira & Siqueira, 2002).

A relação simbiótica inicia-se a partir da germinação de esporos, de segmento de raiz infectado ou de hifas no solo, influenciados por fatores físicos e químicos do meio-

ambiente ou por estímulos oriundos de exsudatos das raízes das plantas hospedeiras (Zambolim & Siqueira, 1985). Segue-se a proliferação e ramificação de hifas e diferenciação fúngica em apressório funcional, o que se constitui na mais importante resposta de reconhecimento de um hospedeiro compatível, determinado pelo genoma da planta e afetado pelo nível de fosfato no vegetal (Moreira & Siqueira, 2002). Ocorre penetração na raiz, estabelecimento, colonização e diferenciação em arbúsculos, que se desenvolvem intra-radicularmente, produzindo ramificações dicotômicas das hifas intracelulares formando aglomerados de pequenos filamentos (Zambolim & Siqueira, 1985). Os arbúsculos são os pontos de trocas metabólicas entre os parceiros da simbiose; após sua formação ocorre a integração morfológica, bioquímica e funcional e o estabelecimento do mutualismo (Siqueira, 1994). Algumas espécies de fungos produzem nas raízes vesículas ricas em lipídios, que servem como reserva para o fungo e acredita-se que sirvam também como propágulos no solo (Moreira & Siqueira, 2002). As vesículas desenvolvem-se intra ou intercelularmente, apresentando formato oval ou piriforme ao longo ou nas extremidades das hifas externas ou internas (Zambolim & Siqueira, 1985).

Dependendo das características da planta, das condições ambientais, como solo e clima e até do próprio fungo, este pode apresentar diferentes graus de eficiência, podendo ser ineficaz ou até parasita temporário. Em condições de alto teor de fósforo no solo, a planta terá como absorvê-lo facilmente, então a micorriza perde sua função e ocorre inibição da colonização, porém o fungo, mesmo em pequenas quantidades, exige um dreno de fotossintatos da parte aérea, de onde obtém energia, e dessa forma atua como parasita, reduzindo o crescimento vegetal. Para cada cultura existe um nível crítico de P no solo, cujo conhecimento é de suma importância, pois uma certa dose de fertilizantes, em condições de alta deficiência, beneficia a simbiose (Siqueira & Franco, 1988). A eficiência do fungo é representada pela capacidade de estimular o crescimento da planta e depende da genética envolvendo os dois agentes. O melhoramento genético vem contribuindo muito para diferenciação da responsividade. Um genótipo melhorado pode apresentar baixa suscetibilidade a um determinado fungo e ótima resposta quando inoculado com outra espécie (Moreira & Siqueira, 2002).

As plantas variam quanto ao grau de benefício da micorrização, indicado pela dependência micorrízica, que por sua vez é determinada pelo quanto o organismo vegetal depende dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) para seu crescimento normal em determinadas condições de fertilidade. Culturas como citros, mandioca, café, algodão, entre outras, são altamente ou obrigatoriamente dependentes; soja, milho, tomate, feijão, braquiária são dependentes (Siqueira, 1994).

A diferença entre eficiência e dependência é que a primeira é a diferença entre a planta micorrizada e não micorrizada, variando com o fungo e com o ambiente e a dependência varia de acordo com a planta e com as condições de crescimento (Moreira & Siqueira, 2002).

O potencial da simbose é influenciado por fatores que envolvem o ambiente no qual está inserido o sistema micorrízico, o fungo simbiote e a planta hospedeira. No solo, fatores nutricionais exercem influência na germinação de esporos, colonização radicular, crescimento micelial e esporulação. É necessário que haja um equilíbrio nutricional para o princípio da simbiose, porém o máximo de colonização e esporulação é alcançado em condições de baixa fertilidade do solo. Sais de N, K, Na, Al, Cu, Zn, Mn, Cl podem inibir o crescimento micelial. Os elementos Mn, Cu e Zn possuem efeito fungistático sobre a germinação e o Al tem o potencial cinco vezes maior que do Mn para inibir a colonização radicular. O P afeta a germinação e o crescimento inicial da hifa, dependendo da fonte, devido a diferenças na solubilidade, concentração e pH. Quando aplicado em doses elevadas, o fósforo pode inibir a colonização, crescimento de hifas externas e esporulação por mecanismos genéticos, bioquímicos e fisiológicos, o que não é uma regra, dependendo da espécie vegetal, sua capacidade de absorção, translocação e exigência interna, pode resultar em efeito contrário. O N não apresenta efeitos sobre a germinação, porém altos níveis podem reduzir a colonização, principalmente se a fonte for amoniacal, que é mais inibitória que nítrica (Silveira, 1998), possivelmente devido a modificações no pH e no metabolismo de plantas hospedeiras (Zambolim & Siqueira, 1985). Certamente, os níveis de P e N exercem maiores influências na colonização e esporulação. Quanto ao pH, o valor ótimo dependerá da adaptação da espécie fúngica ao pH do meio. Os gêneros *Gigaspora*, *Acaulospora* e *Scutellospora* preferem pH em torno de 4 a 6,

enquanto que *Glomus* necessita de valores próximos aos neutros ou alcalinos (Silveira, 1998). A faixa de temperatura ideal é variável com a adaptação da espécie fúngica. De um modo geral, em torno dos 30^o C há um aumento da porcentagem de colonização e esporulação por fungos micorrízicos (Silveira, 1998). A intensidade luminosa influencia indiretamente a porcentagem, o tamanho e quantidade de vesículas e arbúsculos e o micélio externo, via a fotossíntese, crescimento e metabolismo do hospedeiro (Zambolim & Siqueira, 1985). Baixa intensidade de luz pode aumentar o número de arbúsculos e diminuir o de vesículas (Silveira, 1998). O melhor desenvolvimento das micorrizas concorda com a faixa de umidade ideal para as plantas, que é próxima à capacidade de campo do solo. Alternância de ciclos de umedecimento e secagem favorecem a esporulação do fungo (Moreira & Siqueira, 2002). A colonização é influenciada pela concentração de O₂ na atmosfera do solo, por isso, alta umidade diminui a micorrização. Zambolim (1984), citado por Zambolim & Siqueira (1985), verificou que porta-enxertos de citros, inoculados com FMAs sob condições de estresse de umidade, cresceram aproximadamente 200% em relação às plantas não micorrizadas, na mesma condição, o que sugere que esses fungos podem tornar as plantas tolerantes a períodos de seca. Práticas agrícolas podem reduzir o desenvolvimento dos FMAs em até 80%, o que afeta a produtividade e sustentabilidade das culturas. A monocultura prolongada seleciona fungos de rápido crescimento e esporulação, mas com baixa efetividade, necessitando o uso da rotação de culturas. A erosão, contaminação do solo, fogo intenso, pousio, desmatamento e compactação, são outras práticas que diminuem a ocorrência das micorrizas (Siqueira, 1994). Os agrotóxicos agem de acordo com a dose e frequência de aplicação. Normalmente herbicidas não são inibitórios, alguns até estimulam a colonização. Os nematicidas e inseticidas não causam efeitos e os fungicidas são bastante inibitórios. Estudos com pesticidas de solo em citros mostraram que brometo de metila controlou os FMAs e conseqüentemente houve redução no crescimento das mudas e dibrometo etileno e 1,3 - dicloropropeno não eliminaram os fungos e houve estímulo no crescimento de mudas (O'Bannon & Nemeč, 1978).

A microbiota presente no solo exerce influência na ocorrência dos FMAs. As bactérias produtoras de enzimas hidrolíticas facilitam a penetração de raízes pelo fungo, sendo

conhecidas como “helpers”. O rizóbio e bactérias solubilizadoras de fosfato têm relações sinergistas com as micorrizas, ao contrário de alguns microorganismos denominados colêmbolos, que reduzem a viabilidade de esporos no solo (Siqueira, 1994). Fungos fitopatogênicos e nematóides competem com as micorrizas por espaço físico na raiz, diminuindo o crescimento do micélio interno (Silveira, 1998). Actinomicetos produzem substâncias voláteis com alta atividade inibitória na germinação de esporos (Moreira & Siqueira, 2002).

Aspectos relacionados à planta hospedeira como estado nutricional, taxa de crescimento, produção de substâncias e principalmente a genética da planta e do fungo, são determinantes no desempenho da simbiose. Algumas espécies vegetais têm uma maior resposta na presença de determinado fungo e, mesmo dentro de famílias que dependem das micorrizas, como as leguminosas, o gênero *Lupinus* não forma micorrizas (Siqueira, 1994). A produção de substâncias alelopáticas pode estimular ou inibir a micorrização. Os flavonóides por exemplo, estimulam a colonização radicular (Silveira, 1998).

Existem fatores relacionados aos fungos que interferem na micorrização. A idade dos esporos e período de dormência destes, afetam a sua germinação e cada fungo possui características peculiares no crescimento da hifa e na capacidade de obter substrato carbônico da raiz do hospedeiro (Silveira, 1998).

O principal papel da micorriza no crescimento das plantas é sua ação biofertilizante, aumentando a absorção de nutrientes e utilização, equilibrando o estado nutricional, o que acarreta uma série de benefícios, como o biocontrole, tolerância a estresses abióticos, melhoria na agregação do solo e ação bioreguladora. Dessa forma, pode-se dividir os efeitos promovidos pela simbiose em nutricionais e não-nutricionais. Através de mecanismos promovidos pelos FMAs, as hifas e o micélio externo aumentam a capacidade de exploração do solo pela raiz, o que promove maior absorção de nutrientes (Moreira & Siqueira, 2002). A eficiência das hifas deve-se ao seu pequeno diâmetro e ramificação no solo, aumentando a superfície de absorção das raízes em 700%. Além disso, são capazes de excretar ácidos orgânicos que solubilizam cristais de fosfato de alumínio, ferro e cálcio (Tokeshi, 2000). Com relação aos metais pesados, plantas micorrizadas apresentam maior tolerância e há

diminuição da toxidez e de modo compensatório conferem ao fungo meios de sobreviver em locais contaminados (Siqueira et al., 1998). Dentre os efeitos não-nutricionais, o favorecimento na relação água-planta constitui num dos mais importantes, principalmente para a agricultura nos trópicos, pois aumenta a resistência das plantas à seca, devido às diversas mudanças que ocorrem na fisiologia da planta. As hifas dos FMAs e seus polissacarídeos extracelulares desempenham papel importante na agregação do solo, estabilizando-os e em troca se protegem nestes, o que resulta em maior produtividade e benefício para o meio ambiente (Moreira & Siqueira, 2002).

A ocorrência da micorriza em citros foi relatada pela primeira vez em 1933 por Reed & Fremont (1935), citados por Antunes & Cardoso (1990). A introdução da fumigação na produção de mudas de citros levou à paralisação do crescimento da planta e ao aparecimento de sintomas de deficiência de nutrientes. Kleinschmidt & Gerdemann (1972), citados por Antunes & Cardoso (1990), concluíram que tais sintomas ocorriam devido à eliminação dos fungos micorrízicos arbusculares. A partir desta data, deu-se mais importância aos fungos micorrízicos em citros. De fato, mudas cítricas paralisam o crescimento quando produzidas em solo estéril, devido à eliminação dos fungos micorrízicos, demonstrando a elevada dependência micorrízica desta cultura (Menge et al., 1978; Ortas et al., 2002).

Em estudos realizados sobre os FMAs em pomares de citros nos Estados de Bahia e Sergipe, verificou-se abundância de esporos e colonização em pomares e viveiros, predominando a espécie *Acaulospora scrobiculata*, segundo publicações de 1987 a 1997 referenciadas no Agrícola, CAB Index e Current contents, relatadas por Moreira & Siqueira (2002).

As plantas cítricas possuem um sistema radicular com pêlos absorventes pouco desenvolvidos, por isso são altamente dependentes das micorrizas para absorção de fósforo. Aliado a isso está o fato de que as condições climáticas em que nossos pomares estão inseridos, são de deficiência de fósforo e altas temperaturas, o que propicia melhor atividade do fungo. Mudas inoculadas crescem mais rapidamente, apresentam maiores teores de nutrientes e são mais tolerantes ao estresse causado por transporte e transplante no campo (Oliveira, 1999).

Em citros, fungos como *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* e *Glomus etunicatum* promoveram maior desenvolvimento das mudas e melhor nutrição (Moreira & Siqueira, 2002).

Referências Bibliográficas

ANTUNES, V.; CARDOSO, E.J.B.N. Growth and nutrient status of citrus plants as influenced by mycorrhiza and phosphorous application. **Plant and Soil**, v. 131, p. 11-19, 1990.

IBGE. Levantamento de produção agrícola, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 22 de janeiro de 2004.

MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Mycorrhizal dependence of several citrus cultivars under three nutrient regimes. **New Phytologist**, v. 81, p. 553-559, 1978.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625p.:il.

MUCHOVEJ, R.M. Importance of mycorrhizae for agriculture. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, Flórida, 2001.

O' BANNON, J.H.; NEMEC, S. Influence of soil pesticides on vesicular-arbuscular mycorrhizae in a citrus soil. **Nematropica**, Orlando, Florida, v. 8, n. 2, p. 56-81, 1978.

OLIVEIRA, A. A. R. **Micorrização de mudas cítricas**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF, 1999. (Citros em foco).

ORTAS, I.; ORTAKCI, D.; KAYA, Z.; CINAR, A.; ONELGE, N. Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. **Journal of Plant Nutrition** , v.25, n. 6, p. 1263-1279, 2002.

REZENDE, J. de O. **Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros**: limitações agrícolas e manejo. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000. 117p.: il. (Série Estudos Agrícolas).

SILVEIRA, A. P. D. da. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J.L. de. **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, p. 61-83, 1998.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, p. 151-194, 1994.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Brasília, MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988, 236p. :il..

SIQUEIRA, J.O.; POUYÚ, E.; MOREIRA, F.M.S. Micorrizas arbusculares no crescimento pós-transplante de mudas de árvores em solo com excesso de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 569 - 580, 1999.

SOARES FILHO, W. dos S.; VILARINHOS, A.D.; CUNHA SOBRINHO, A.P. da; OLIVEIRA, A.A.R.; SOUZA, A. da S.; CRUZ, J.L.; MORAIS, L.S.; CASTRO NETO, M.T. de; GUERRA FILHO, M. dos S.; CUNHA, M.A.P. da; PASSOS, O.S.; MEISSNER FILHO, P.E.; OLIVEIRA, R.P. de. **Programa de melhoramento genético de citros da Embrapa-CNPMPF**: obtenção de híbridos. Cruz das Almas, BA: 1997. 17p. (EMBRAPA-CNPMPF. Documentos , 74).

TOKESHI, H. Doenças e pragas agrícolas geradas e multiplicadas pelos agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira**, Piracicaba, 25 (suplemento), p. 264-270, 2000.

ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J. O. **Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG, 36 p., 1985. (Documentos,26).

CAPÍTULO 1

COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM CAMPO¹

¹ Artigo submetido à Comissão Editorial da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM CAMPO

RESUMO: Avaliou-se a colonização micorrízica de porta-enxertos híbridos de citros HTR-051, HTR-127, HTR-010, LVK x LCR-038, LVK x LCR-010, da tangerineira 'Sunki Maravilha' (clone mucelar mutante de 'Sunki') e dos porta-enxertos tradicionais, limoeiro 'Cravo', limoeiro 'Volkameriano' e tangerineira 'Cleópatra', no campo, em duas áreas experimentais da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia, Brasil. Os pomares eram constituídos de plantas enxertadas com laranjeira 'Pêra', com idade de dois anos e de pés francos com idade de um ano. Raízes finas de citros foram coletadas na projeção da copa das plantas, na profundidade de 0 a 20cm da superfície do solo, em novembro de 2002 (período de verão seco) e julho de 2003 (período de inverno chuvoso). Em cada local, coletou-se amostras de solo rizosférico, na projeção da copa, na profundidade de 0 a 20cm, para determinação de características químicas do solo. A colonização micorrízica foi elevada nos dois pomares amostrados, observando-se maior colonização das raízes na época em que o solo apresentou baixos teores de fósforo disponível, em plantas enxertadas. Todos os porta-enxertos de citros apresentaram porcentagens elevadas de colonização micorrízica, variado de 42% a 83%, mesmo em condições de alto teor de fósforo no solo.

Palavras-chaves: Fungos micorrízicos arbusculares, *Citrus spp.*, híbridos, fósforo, melhoramento genético.

MYCORRHIZAL COLONIZATION OF CITRUS ROOTSTOCKS UNDER FIELD CONDITIONS

ABSTRACT: The mycorrhizal colonization of the citrus rootstocks HTR-051, HTR-127, HTR-010, LVK x LCR-038, LVK x LCR-010, 'Sunki Maravilha' (mutant clone from 'Sunki'), Rangpur lime, Volkamer lemon and Cleopatra mandarin was determined under field conditions, in two experimental areas of Embrapa Cassava and Fruits, in the city of Cruz das Almas, State of Bahia, Brazil. The orchards were formed by two-year-old plants grafted with Pera orange as the scion plant, and ungrafted one-year-old plants formed the citrus orchards. Fine roots were collected from citrus plants, in the area below the plant canopy, at a depth of 0 - 20cm, in November of 2002 (dry summer period) and July of 2003 (rainy winter period). In each area, soil samples were collected around the plant canopy, for chemical analysis. The mycorrhizal colonization was high in both citrus orchards, and greater root colonization was observed in the period of low soil phosphorous concentration, in the grafted plants. All citrus rootstocks presented high percentages of root colonization, varying from 42% to 83%, even in high soil phosphorous conditions.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, *Citrus spp.*, hybrids, phosphorous, plant breeding.

INTRODUÇÃO

A associação simbiótica entre citros e fungos micorrízicos do tipo arbuscular (FMAs) tem sido amplamente estudada em condições de campo e casa de vegetação (Melloni & Cardoso, 1999; Graham et al. 1997; Menge et al., 1978). A cultura dos citros é altamente dependente da associação micorrízica, podendo ocorrer a paralisação do crescimento das plantas, quando cultivadas em solo estéril, com baixa fertilidade (Ortas et al., 2002; Menge et al., 1978). A dependência micorrízica varia entre os genótipos de citros, a espécie fúngica e em função da fertilidade do solo, principalmente do nível de fósforo (Melloni & Cardoso, 1999; Graham & Eissenstat, 1998; Peng et al., 1993). Em condições de baixo teor de fósforo no solo, a associação micorrízica favorece o crescimento e nutrição das plantas. Contudo, em solos ricos em fósforo a simbiose deixa de ser mutualística e torna-se parasítica, devido ao elevado custo de carbono para a manutenção do fungo na raiz e o baixo benefício em termos de absorção de nutrientes. Os citros apresentam taxas altas de colonização micorrízica, mesmo em solos com alto teor de fósforo, o que causa um decréscimo no crescimento das plantas, principalmente em genótipos com crescimento lento e baixa dependência (Graham & Eissenstat, 1998). Espécies de FMAs isoladas de áreas fertilizadas com altas doses de fósforo causam pouco benefício às plantas cultivadas em solos de baixa fertilidade e tornam-se parasíticas em solos de alta fertilidade (Johnson, 1993). O sistema de produção agrícola com alta fertilização fosfatada pode estar selecionando espécies de FMAs menos eficientes e mais parasíticas, causando decréscimo na produção vegetal. Estes aspectos devem ser mais investigados (Johnson et al., 1997), devendo inclusive se repensar nas recomendações altas de fósforo para os plantios de citros (Graham & Eissenstat, 1998).

Nos Estados da Bahia e Sergipe, os pomares de citros apresentam baixa longevidade e concentram-se em solos de Tabuleiros Costeiros, que apresentam fatores limitantes à produção agrícola, como baixa disponibilidade de nutrientes, elevada acidez, alta saturação por alumínio e impedimento físico ao crescimento radicular nos horizontes coesos (Rezende, 2000).

De um modo geral, plantas cultivadas em solos ácidos, distróficos, com níveis tóxicos de Al^{3+} necessitam de fungos micorrízicos para tolerar tais condições. (Lambais e Cardoso, 1988; Siqueira, 1994). Plantas de citros micorrizadas demonstram melhor recuperação após condições de estresse hídrico, quando comparadas a plantas não micorrizadas (Fidelibus et al., 2001).

A importância das associações micorrízicas no crescimento, nutrição e tolerância a estresses bióticos e abióticos dos citros tem sido relatada por diversos autores e para que este benefício ocorra nos plantios de citros é necessário se estudar a dependência micorrízica dos genótipos utilizados como porta-enxertos e o seu comportamento em casa de vegetação e campo, em resposta à colonização micorrízica, em diferentes dosagens de adubação fosfatada.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a colonização micorrízica de diferentes porta-enxertos de citros, gerados e selecionados pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura, como potenciais porta-enxertos tolerantes à seca, plantados em campo, como pés-francos e enxertados com laranjeira 'Pera' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas, Bahia, em duas áreas experimentais do Programa de Melhoramento Genético de Citros. O clima da região é do tipo sub-úmido, na classificação de Thornthwaite, a altitude de 200m, localizada a 12° 40' 19" Latitude Sul, 39° 06' 22" Longitude Oeste de Greenwich, com umidade relativa do ar de 80%,

temperatura média anual de 24,2° C e precipitação pluvial média anual de 1206 mm, com variações entre 1000 e 1300 mm.

Raízes finas de citros (uma amostra constituída de três subamostras) foram coletadas na projeção da copa das plantas, em pontos escolhidos ao acaso, na profundidade de 0 a 20 cm da superfície do solo. As coletas foram realizadas em novembro de 2002 (período de verão seco) e julho de 2003 (período de inverno chuvoso).

A área 1 era formada por plantas com aproximadamente dois anos de idade, enxertadas com copa de laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) e os seguintes porta-enxertos: limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck) (LCR), limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Hort. ex Tan.) (LVK), tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan) (CLEO), os híbridos LVK x LCR-038, HTR-051 e HTR-127. Cada combinação laranjeira 'Pêra'/porta-enxerto apresentava dez plantas distribuídas ao acaso, no espaçamento 5,0m x 3,0m. A área 2 era formada por pés-francos, com aproximadamente um ano de idade, dos seguintes porta-enxertos: limoeiro 'Cravo', limoeiro 'Volkameriano', a tangerineira 'Sunki Maravilha' (clone nucelar mutante de 'Sunki') e os híbridos LVK x LCR-010, HTR-010, HTR-051 e HTR-127, distribuídos ao acaso, com 6,0m x 4,0m e três plantas de cada porta-enxerto. Os porta-enxertos com abreviação HTR são híbridos trifoliados obtidos de cruzamentos envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra', como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino.

As amostras de raízes foram lavadas e conservadas em álcool etílico diluído a 50% com água destilada. Para avaliação da colonização micorrízica, as raízes foram lavadas com água corrente e submetidas ao clareamento por imersão em solução de 10% KOH a 90°C, por 20 minutos, em banho maria, seguido de imersão em solução H₂O₂ alcalina (3ml de NH₄OH a 20% em 30ml de H₂O₂ a 3%) por 10 minutos, a temperatura ambiente e posterior coloração com azul de metila a 0,05% em glicerol ácido (700ml de glicerol + 250ml de água destilada + 50ml de 1% HCl) a 90°C por 20 minutos (Grace & Stribley, 1991). Após a coloração, as raízes foram preservadas em glicerol ácido. A contagem da colonização micorrízica foi feita de acordo com a metodologia descrita por Melloni & Cardoso (1999). Foram preparadas 10 lâminas

microscópicas para cada tratamento, cada lâmina com 10 segmentos de raízes com aproximadamente 1cm de comprimento e estas visualizadas em microscópio ótico com a objetiva 10X, para observação das estruturas dos FMAs. A porcentagem de colonização micorrízica foi calculada com base no número de segmentos de raízes com a presença de estruturas do fungo.

Adicionalmente, foram retiradas 10 amostras simples para formar uma amostra composta de solo das áreas 1 e 2, na profundidade de 0 a 20cm, nas duas épocas de coleta, para análise química, realizada conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1979). Os dados de colonização micorrízica foram submetidos à análise de variância. Considerando o modelo estatístico do delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos para a área 1 e 7 tratamentos para a área 2, com 10 repetições, foi feita a comparação de médias pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade, com o programa SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características químicas do solo das áreas 1 e 2 estão descritas na Tabela 1. Os teores de fósforo no solo variaram entre as épocas do ano, com valores altos em novembro e baixos em julho, para ambas as áreas. As adubações nessas áreas foram realizadas em junho de 2002, com superfosfato simples.

Todos os porta-enxertos de citros apresentaram porcentagens elevadas de colonização micorrízica, variando de 42% a 83% em novembro, época de verão seco, em que o nível de fósforo no solo se encontrava alto (90 mg.kg⁻¹ de solo) e variando de 58% a 83% em julho, época de inverno chuvoso, em que o nível de fósforo no solo se encontrava baixo (12 mg.kg⁻¹ de solo), na área 1 (Tabela 2). Na área 2, a colonização micorrízica variou de 34% a 82%, em solo com teores altos de fósforo (100 mg.kg⁻¹ de solo) e de 55% a 77% em julho, época em que o teor de fósforo do solo foi mais baixo (5 mg.kg⁻¹ de solo) (Tabela 3). Taxas altas de colonização micorrízica têm sido observadas em pomares de citros nos Estados da Bahia e Sergipe, variando de 60% a 80% (Weber e Oliveira, 1994), na Itália, acima de 80 % (Schubert et al.,1993) e na Flórida, variando de 55% a 90% (Graham & Eissenstat,

1998). As Figuras 1 e 2 ilustram as estruturas de fungos micorrízicos nativos, observadas nas raízes dos porta-enxertos limoeiro 'volkameriano' e o híbrido HTR-127, em campo.

Tabela 1. Características químicas de um Latossolo Amarelo, na profundidade de 0 a 20 cm, na área com plantas cítricas enxertadas e em pés francos.

Época	pH (H ₂ O)	P mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	Cmolc.dm ⁻³			H+ Al	S	CTC	V %	M.O. g.Kg ⁻¹
						Ca + Mg	Al	Na					

Área experimental 1: plantas de citros enxertadas com laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L.) Osb)

Nov	5,6	90	0,25	2,0	0,9	2,9	0,1	0,03	2,75	3,18	5,93	54	8,66
Julho	5,5	12	0,18	2,3	1,2	3,5	0,1	0,05	2,86	3,73	6,59	57	10,1

Área experimental 2: plantas de citros pés francos.

Nov	5,7	100	0,22	3,4	0,9	4,3	0,1	0,07	2,64	4,59	7,23	63	7,32
Julho	6,5	5	0,22	2,9	0,9	3,8	0,0	0,03	1,43	4,05	5,48	74	9,14

Tabela 2. Colonização micorrízica de plantas de citros enxertadas com laranjeira Pêra (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), da área experimental 1, em duas épocas do ano. Cruz das Almas, Ba.

Porta-enxerto	Colonização (%)		Total
	Novembro 2002	Julho 2003	
Limoeiro 'Cravo' (<i>C. limonia</i> Osbeck)	83,33 a	65,22 b	74,28 a
Limoeiro 'Volkameriano' (<i>C. volkameriana</i> Hort. ex Tan.)	59,60 b	57,60 b	58,60 b
Tangerineira 'Cleópatra' (<i>C. reshni</i> Hort. ex Tan)	53,56 b	60,56 b	57,06 b
LVK x LCR-038*	42,40 b	83,20 a	62,80 b
HTR-051*	50,25 b	83,25 a	66,75 a
HTR-127*	48,71 b	69,14 b	58,93 b
Total	56,51 B	69,62 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de F a 5 % de probabilidade.

* LVK - Limoeiro 'Volkameriano'; LCR - Limoeiro 'Cravo'; HTR - híbridos trifoliados obtidos de cruzamentos envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino.

As taxas de colonização variaram entre os genótipos, com interação entre porta-enxertos e épocas, nas plantas enxertadas com laranjeira 'Pêra' (Tabela 2). De modo geral, a colonização micorrízica foi mais alta no mês de julho, época em que o solo apresentou baixo teor de fósforo. Os porta-enxertos LVK x LCR-038 e HTR-051 apresentaram redução na colonização, em condições de fósforo alto no solo, o que não ocorreu com os outros porta-enxertos. O limoeiro 'cravo' apresentou a maior taxa de colonização na época de fósforo alto. No plantio de pés-francos (área 2), a variação na taxa de colonização micorrízica foi significativa apenas com relação aos genótipos, sendo mais elevada nos genótipos limoeiro 'cravo', limoeiro 'volkameriano', LVK x LCR-010 e HTR-051 (Tabela 3).

Tabela 3. Colonização micorrízica de pés-francos de plantas de citros, da área experimental 2, em duas épocas do ano. Cruz das Almas, Ba.

Porta-enxerto	Novembro 2002	Julho 2003	Total
Limoeiro 'Cravo' (<i>C. limonia</i> Osbeck)	58,67 a	67,67 a	63,17 a
Limoeiro 'Volkameriano' (<i>C. volkameriana</i> Hort. ex Tan.)	81,67 a	70,33 a	76,00 a
Tang. 'Sunki Maravilha' (clone nucelar mutante 'Sunki')	34,33 b	60,67 a	47,50 b
LVK x LCR-010*	68,67 a	61,33 a	65,00 a
HTR-010*	42,67 b	64,67 a	53,67 b
HTR-051*	71,67 a	77,33 a	74,50 a
HTR-127*	51,33 b	55,33 a	53,33 b
Total	58,43 A	65,33 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de F a 5 % de probabilidade.

* LVK - Limoeiro 'Volkameriano'; LCR - Limoeiro 'Cravo'; HTR - híbridos trifoliados obtidos de cruzamentos envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como

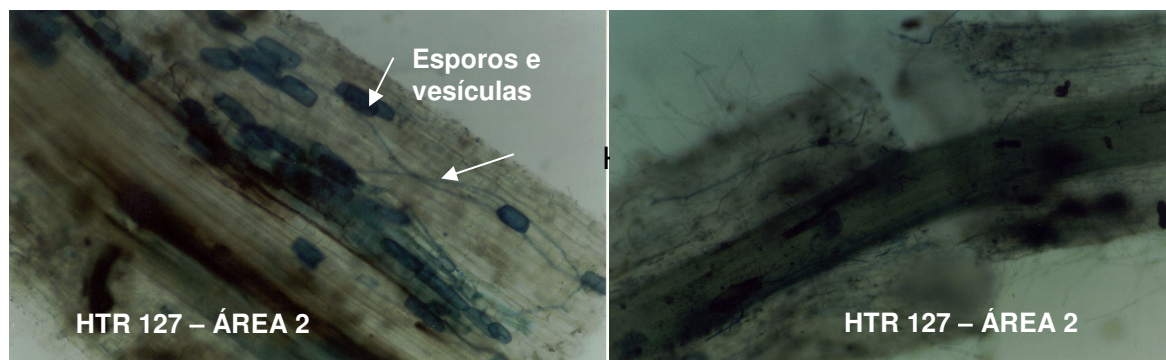


Figura 1. Raiz de citros (Híbrido HTR 127), colonizadas por espécies nativas de fungos micorrízicos arbusculares, no campo. Plantio de pés francos oriundos de mudas não inoculadas (microscópio ótico com aumento de 10X).

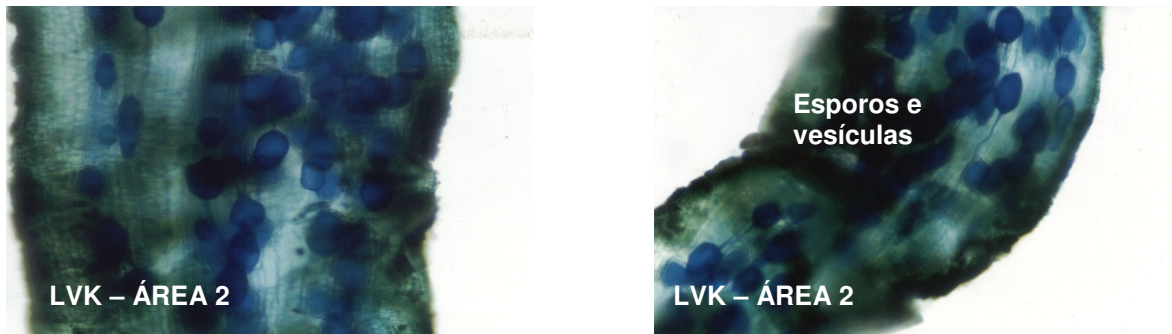


Figura 2. Raiz de limoeiro 'Volkameriano', colonizadas por espécies nativas de fungos micorrízicos arbusculares, no campo. Plantio de pés francos oriundos de mudas não inoculadas

As doses de P consideradas inibitórias para o desenvolvimento da associação micorrízica dependem de características inerentes à espécie do fungo, à planta hospedeira e ao substrato utilizado (Marschner & Dell, 1994).

Plantas de citros apresentam taxas elevadas de colonização mesmo em solos com níveis altos de fósforo. Estudos utilizando o benomyl para inibir a colonização micorrízica em plantas de citros, no campo, mostraram que nessas condições de fertilidade a associação micorrízica pode se tornar parasítica, causando um decréscimo no crescimento das plantas (Graham & Eissenstat, 1998).

A tangerineira 'Cleópatra' e o limoeiro 'Volkameriano' são indicados como genótipos com alta dependência micorrízica (Melloni & Cardoso, 1999; Graham & Eissenstat, 1998; Rocha et al., 1994). Em estudos sobre a dependência micorrízica de LCR, CLEO e HTR-051, o LCR foi considerado o porta-enxerto com maior taxa de crescimento e menor dependência micorrízica, enquanto que o híbrido HTR-051 apresentou a menor taxa de crescimento e maior dependência micorrízica (dados não publicados). Essas observações sugerem maior relação custo/benefício da colonização micorrízica para o híbrido HTR-051, podendo esta prejudicar o seu crescimento no campo, conforme proposto por Graham & Eissenstat, (1998), após terem estudado o custo de alocação de carbono nas raízes micorrizadas em plantios

de citros. Rocha et al. (1994) também não detectaram diferenças expressivas na colonização micorrízica por *Glomus clarum*, *Acaulospora morrowae* e *Glomus etunicatum* em tangerineira 'Cleópatra' com o aumento da adubação fosfatada. Peng et al. (1993) mostraram que o limoeiro 'Volkameriano' micorrizado teve uma taxa maior de colonização radicular, em concentrações baixas de fósforo, o que não foi observado no presente trabalho para condições de campo (Tabelas 2 e 3). A presença da copa de laranjeira 'Pêra' nas plantas da área 1 pode alterar o balanço de carbono na planta e, conseqüentemente, alterar a colonização micorrízica e o benefício desta associação.

O híbrido LVK x LCR-010 apresentou taxas elevadas de colonização micorrízica (acima de 60%), semelhante ao LCR e LVK, possivelmente por características herdadas pelo cruzamento (Tabela 3). Essa interação do híbrido LVK x LCR-010 com FMAs pode ser importante para a adaptação da planta a condições de estresses bióticos e abióticos.

Cerqueira et al. (2003a; 2003b) citaram o LVK, HTR-010, HTR-051 entre os porta-enxertos que apresentaram maior poder de recuperação após o déficit hídrico. O limoeiro 'Cravo', comparado ao limoeiro 'Volkameriano' e tangerineira 'Cleópatra', foi indicado como sendo o porta-enxerto mais sensível ao alumínio (Pereira et al., 2003). Os FMAs podem aumentar a tolerância das plantas ao alumínio. Maluf et al. (1988) observaram que plantas de *Leucaena leucocephala* intolerantes ao alumínio beneficiaram-se mais da micorrização que plantas tolerantes, principalmente em acúmulo de fósforo. Com relação à tolerância ao déficit hídrico, Moreira & Siqueira (2002) citam que as micorrizas arbusculares aumentam a tolerância da planta ao estresse hídrico pela melhora no estado nutricional da planta, mas que existem alguns trabalhos com resultados conflitantes. Graham et al. (1987) observaram que mudas de citros micorrizadas apresentaram maior densidade de raízes, com aumento na relação raiz/parte aérea, maior demanda por carbono na raiz e menor condutividade hidráulica na raiz, concluindo que raízes colonizadas, quando comparadas a raízes não-colonizadas, mas com teores adequados de fósforo, podem ter menor eficiência na absorção de água sob condições de estresse. A tolerância pode estar associada à melhor nutrição da planta e foi observada uma correlação inversa entre a

dependência micorrízica e a condutividade hidráulica das raízes, transpiração e assimilação de carbono (Graham & Syvertsen, 1985). Plantas micorrizadas de pimenta (*Capsicum annum* L. cv. San Luis), sob déficit hídrico, apresentaram alta relação raiz/parte aérea, maior absorção de fósforo, maior potencial hídrico da folha e maior tolerância à seca, dependendo da população de fungos nativos utilizada como inóculo (Davies Jr. et al., 2002). As altas taxas de colonização micorrízica em campo, principalmente em condições de fósforo baixo, podem ou não refletir em maior crescimento e tolerância à seca para o LVK, HTR-010, HTR-051 e maior crescimento e tolerância ao alumínio para o LCR, dependendo da eficiência da população nativa de fungos e da adubação fosfatada.

CONCLUSÃO

A colonização micorrízica dos porta-enxertos de citros em campo, mostrou-se elevada, variando entre os genótipos e as épocas de avaliação, sendo alta mesmo em épocas sob influência da adubação com dosagens altas de fósforo. A dependência micorrízica varia com o genótipo da planta e os benefícios da associação micorrízica em citros têm sido amplamente relatados. Tanto o limoeiro 'Cravo' como o híbrido HTR-051 apresentaram taxas elevadas de colonização, apesar das diferenças marcantes na dependência micorrízica desses dois genótipos e, dependendo da relação custo/benefício dessa colonização, a planta pode ou não ser beneficiada pela presença do fungo na raiz. Portanto, é necessário avaliar o efeito da colonização micorrízica no crescimento desses híbridos em campo, a eficiência das populações nativas de fungos micorrízicos, analisar as recomendações de adubação fosfatada e o efeito no crescimento destes genótipos, em condições de campo, para que se possa definir estratégias de manejo da cultura que permitam o estabelecimento de uma associação simbiótica mutualística entre citros e fungos micorrízicos arbusculares.

Referências Bibliográficas

CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T. de; PEIXOTO, C. P. et al. Avaliação de porta-enxertos de citros quanto a tolerância ao déficit hídrico. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 15, p.410. 2003a.

CERQUEIRA, E. C.; PEIXOTO, C. P.; CASTRO NETO, M. T. de et al. Parâmetros fisiológicos de cinco porta-enxertos de citros sob efeito do estresse hídrico. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 15, p.410. 2003b.

DAVIES Jr., F.T.; OLALDE-PORTUGAL, V.; AGUILERA-GOMEZ, L.; ALVARADO, M.J.; FERRERA-CERRATO, R.C.; BOUTTON, T.W. Alleviation of drought stress of Chile ancho pepper (*Capsicum annum* L. cv. San Luis) with arbuscular mycorrhiza indigenous to Mexico. **Scientia Horticulturae**, v. 92, p. 347-359, 2002.

EMBRAPA . Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. 2000^a, São Carlos, **Programa e resumos**. São Carlos: UFSCar, 2000a, p. 255-258.

FIDELIBUS, M.W., MARTIN, C.A.; WRIGHT, G.C.; STUTZ, J.C. Effects of mycorrhizal (AM) fungal communities on growth of 'Volkamer' lemon in continually moist or periodically dry soil. **Scientia Horticulturae**, v. 84, p.127 -140, 2001.

GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, p. 1160 -1162, 1991.

GRAHAM, J. H.; DUNCAN, L. W.; EISSENSTAT, D. M. Carbohydrate allocation patterns in citrus genotypes as affected by phosphorus nutrition, mycorrhizal colonization and mycorrhizal dependency. **New Phytologist**, v. 135, p. 335-343, 1997.

GRAHAM, J.H.; EISSENSTAT, D.M. Field evidence for carbon cost of citrus mycorrhizas. **New Phytologist**, v. 140, p. 103 -110, 1998.

GRAHAM, J.H.; SYVERSTEN, J. P.; SMITH Jr., M.L. Water relations of mycorrhizal and phosphorus-fertilized non-mycorrhizal *Citrus* under drought stress. **New Phytologist**, v. 105, p. 411 - 419, 1987.

GRAHAM, J.H.; SYVERSTEN, J.P. Host determinants of mycorrhizal dependency of citrus rootstock seedlings. **New Phytologist**, v. 101, p. 667 - 676, 1985.

JOHNSON, N.C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? **Ecological Applications**, v. 3, p. 749 - 757, 1993.

JOHNSON, N. C.; GRAHAM, J. H.; SMITH, F. A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. **New Phytologist**, v. 135, p. 575 - 585, 1997.

MALUF, A. M.; SILVEIRA, A . P. D. da; MELO, I. S. de. Influência da calagem e da micorriza vesículo-arbuscular no desenvolvimento de cultivares de leucena tolerante e intolerante ao alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, p. 17 - 23, 1988.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v. 159, p. 89 -102, 1994.

MELLONI, R.; CARDOSO, E.J.B.N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares de plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes

espécies cítricas e endófitos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 59 -67, 1999.

MENGE, J. A.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Mycorrhizal dependence of several citrus cultivars under three nutrient regimes. **New Phytologist**, v. 81, p. 553 - 559, 1978.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625p.:il.

ORTAS, I.; ORTAKCI, D.; KAYA, Z.; CINAR, A.; ONELGE, N. Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n. 6, p. 1263 -1279, 2002.

PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K.; HODGE, N. Growth depression in mycorrhizal citrus at high – phosphorus supply. **Plant Physiology**, v.101, p. 1063 -1071, 1993.

PEREIRA, W.E.; SIQUEIRA, D.L.de; PUJATTI, M. et al. Growth of citrus rootstocks under aluminium stress in hydroponics. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 31-41, 2003.

REZENDE, J. de O. **Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros**: limitações agrícolas e manejo. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000. 117 p.:il. (Série Estudos Agrícolas).

ROCHA, M. B. da; OLIVEIRA, E. de; CORRÊA, G. de C.N. Efeitos de doses de fósforo e fungos MVA no crescimento e nutrição mineral da tangerina 'Cleópatra' (*Citrus reshni* HORT ex TAN.) em sementeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 725 -731, 1994.

SCHUBERT, A.; AIASSA, A.; PALZZO, D.; VANADIA, S. Occurrence of mycorrhiza in citrus orchards in the metaponto area of basilicata (Italy). **Acta Horticulturae**, v. 324, p.61 - 66, 1993.

WEBER, O. B.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo arbusculares em citros nos estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.12, p. 1905 - 1914, 1994.

CAPÍTULO 2

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PORTA-ENXERTOS DE CITROS, COM ADUBAÇÃO FOSFATADA

¹ Artigo submetido ao Comitê Editorial do periódico científico da Revista Brasileira de Fruticultura

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS, COM ADUBAÇÃO FOSFATADA

RESUMO: O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a dependência micorrízica e a influência dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora* sp., *Gigaspora margarita* e *Gigaspora albida* no crescimento e nutrição de cinco porta-enxertos de citros (limoeiro 'Cravo', tangerineira 'Cleópatra' e os híbridos HTR-051, 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226' e 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264). Concluiu-se que os fungos *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora* sp. foram os mais eficientes em promover o crescimento, enquanto que *Gigaspora margarita* e *Gigaspora albida* causaram redução do crescimento das mudas, no substrato com 32 mg.dm⁻³ de fósforo disponível. Os porta-enxertos HTR-051, tangerineira 'Cleópatra' e 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226', foram os que apresentaram maior dependência micorrízica, enquanto que 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 foi o menos dependente à micorrização. Para plantios em áreas de baixa fertilidade fosfatada, as espécies *Gigaspora margarita* e *Gigaspora albida* são mais recomendadas e em áreas de elevada fertilidade fosfatada as espécies *Acaulospora* sp., *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*, são mais recomendadas.

Palavras-chave: micorrizas, *Citrus* spp., nutrição, mudas, híbridos

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND GROWTH OF CITRUS ROOTSTOCKS, WITH PHOSPHATE FERTILIZATION

ABSTRACT: The present work had the objective of evaluating the mycorrhizal dependency and the effect of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora sp.*, *Gigaspora margarita*, and *Gigaspora albida* in growth and nutrition of five citrus rootstocks (Rangpur lime, Cleopatra mandarin, and the hybrids HTR-051; Cleopatra x Carrizo 226 citrange, and Sunki x *Poncirus trifoliata* selection English 264). It was concluded that the fungi *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, and *Acaulospora sp.* were the most efficient for plant growth promotion, while *Gigaspora margarita* and *Gigaspora albida* inhibited the plant growth, in substrate with 32 mg.dm⁻³ of available phosphorous. The rootstocks HTR-051, Cleopatra mandarin, and Cleopatra x Carrizo 226 citrange presented the greater mycorrhizal dependency, and Sunki x *Poncirus trifoliata* selection English 264 had the lowest mycorrhizal dependency. In low fertility areas, the species *Gigaspora margarita* and *Gigaspora albida* should be recommended, while for areas of high phosphate fertility, the species *Acaulospora sp.*, *Glomus clarum*, and *Glomus etunicatum* should be recommended.

Key words: *mycorrhiza*, *Citrus spp.*, *nutrition*, *seedlings*, *hybrids*

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas cítricas e ocupa, atualmente, a primeira posição em produção e exportação de suco concentrado congelado de laranja. O Nordeste, por sua vez, detém, após o Estado de São Paulo, a citricultura de maior expressão, com a liderança nesse setor dos Estados da Bahia e Sergipe, que hoje praticamente se igualam na produção de citros (IBGE, 2002). Apesar de sua importância, a vulnerabilidade da citricultura brasileira é muito grande, pela presença quase única da combinação laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) / limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.) na sustentação dos pomares, tornando urgente a necessidade de diversificação de variedades.

A citricultura nordestina está concentrada no ecossistema de Tabuleiros Costeiros que apresenta solos com baixa disponibilidade de nutrientes (baixos teores de matéria orgânica associados a baixos valores para a soma de bases, CTC, V e baixos teores de fósforo), elevada acidez, alta saturação por alumínio e impedimento físico ao crescimento radicular e à disponibilidade de água para as plantas nos horizontes coesos (Rezende, 2000).

No tocante à obtenção de novos porta-enxertos, a expressiva variabilidade genética presente em citros vem sendo explorada pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia, visando a obtenção de variedades adaptadas a condições de estresse de natureza biótica e abiótica, a exemplo da tolerância à seca e ao alumínio e tolerância/resistência à gomose de *Phytophthora*, de modo a viabilizar a citricultura nestas regiões tropicais, sujeitas a tais restrições ambientais (Soares Filho et al., 1997).

Além da exploração da ampla variabilidade genética presente em *Citrus* e gêneros afins, deve-se atentar para a necessidade de se estudar as interações simbióticas com microrganismos do solo, a exemplo das associações micorrízicas, importantes para a sustentabilidade da cultura frente a estresses abióticos e bióticos (Baylis, 1975; Menge et al., 1978).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) associam-se a raízes de plantas mantendo uma relação mutualística simbiótica, não patogênica, promovendo benefícios significativos ao crescimento, nutrição e adaptação a condições adversas bióticas e abióticas (Siqueira, 1994). Os efeitos benéficos dos fungos micorrízicos no crescimento de plantas são amplamente documentados, havendo indicações de variações de 50 a 8000%, existindo espécies vegetais que nem mesmo crescem quando não são micorrizadas (Siqueira & Franco, 1988).

A paralisação no crescimento de mudas cítricas, devido à eliminação de fungos micorrízicos nos substratos utilizados para a produção de mudas, tem sido observada por diversos autores, demonstrando a elevada dependência micorrízica desta cultura (Menge et al., 1978; Melloni & Cardoso, 1999; Ortas et al., 2002).

Mudas de citros respondem bem à inoculação com FMA, com crescimento superior, comparado às mudas não micorrizadas e com redução na necessidade de fertilizantes para a obtenção do seu potencial de crescimento máximo (Melloni & Cardoso, 1999; Ortas et al., 2002).

As plantas cítricas possuem sistema radicular com pêlos absorventes pouco desenvolvidos, o que mostra o quanto são dependentes das micorrizas para a absorção de fósforo (Oliveira, 1999). As hifas de FMA podem aumentar a superfície de absorção das raízes em 700% (Tokeshi, 2000).

A eficiência micorrízica em citros varia com o nível de fósforo no solo, o genótipo e a espécie do fungo (Edriss et al., 1984). A dependência micorrízica mede o quanto a micorriza estimulou o crescimento da planta em um determinado nível de P no solo (Moreira & Siqueira, 2002). O crescimento de citros com elevada taxa de colonização micorrízica, em solos com teores elevados de fósforo pode diminuir (Peng et al., 1993). As micorrizas afetam a alocação de carbono nas raízes de plantas de citros e, sem o efeito compensatório do crescimento da parte aérea e o aumento

da assimilação de carbono pela planta micorrizada, a colonização micorrízica causa redução no crescimento da planta, quando comparada à muda não micorrizada, para o mesmo nível de fósforo (Graham & Eissenstat, 1998; Peng et al. 1993).

Diante dos benefícios promovidos pelos fungos micorrízicos arbusculares e da dependência da cultura dos citros a essa simbiose, o presente trabalho teve o objetivo de estudar o crescimento e estado nutricional de cinco porta-enxertos de citros inoculados com fungos micorrízicos arbusculares e determinar a dependência micorrízica de diferentes porta-enxertos do Programa de Melhoramento Genético de Citros da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas, Bahia, no período de abril a novembro de 2003, sob condições de casa de vegetação. O clima da região é do tipo sub-úmido, na classificação de Thornthwaite, a altitude de 200 m, localizada a 12° 40' 19" Latitude Sul, 39° 06' 22" Longitude Oeste de Greenwich, com umidade relativa do ar de 80%, temperatura média anual de 24,2°C e precipitação pluvial média anual de 1206 mm, com variações entre 1000 e 1300 mm.

O substrato utilizado para o plantio das mudas foi uma mistura de solo (Latosolo Amarelo distrófico) com areia lavada na proporção de 3:1(v:v), esterilizado por fumigação com brometo de metila, para a eliminação da microbiota existente no solo. O substrato apresentava as seguintes características químicas: pH = 5,3; P = 8,0 mg.dm⁻³; K = 0,23 mg.dm⁻³; Ca = 1,6 Cmolc.dm⁻³; Mg = 0,9 Cmolc.dm⁻³; Al = 0,1 Cmolc.dm⁻³; H = 2,64 Cmolc.dm⁻³. Com base nos trabalhos de Melloni & Cardoso (1999), o nível de fósforo no substrato foi ajustado para 50 mg.dm⁻³ de substrato, com a fonte disponível de fósforo KH₂PO₄. O fósforo foi dissolvido em água destilada e cada saco de muda com 3 kg de substrato foi adubado individualmente, para garantir uniformidade da adubação fosfatada, uma vez que cada muda foi considerada uma

parcela experimental. Após a adubação, o substrato apresentou as seguintes características: pH = 6,2; P = 32 mg.dm⁻³; K = 0,23 mg.dm⁻³; Ca = 1,3 Cmolc.dm⁻³; Mg = 0,6 Cmolc.dm⁻³; Al = 0,0 Cmolc.dm⁻³; H = 1,65 Cmolc.dm⁻³.

Mensalmente, as plantas foram adubadas com 100 ml da solução nutritiva de Hoagland, com omissão de fósforo (Hoagland & Arnon, 1950).

Para a produção de mudas, sementes dos porta-enxertos foram retiradas de frutos maduros originados de plantas matrizes do pomar da Embrapa Mandioca e Fruticultura. As sementes foram submetidas ao tratamento térmico a 52° C por 10 minutos (Oliveira et al., 2001), colocadas para secar à sombra e acondicionadas em sacos de plástico em geladeira até a época de semeadura. Foram avaliados diferentes híbridos de citros, identificados em trabalhos na Embrapa Mandioca e Fruticultura, como porta-enxertos promissores para o ecossistema dos Tabuleiros Costeiros (Soares Filho et al., 1997). Dentre estes, destacam-se os híbridos HTR-051 (híbrido trifoliado obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra' (*Citrus reshni* Hort. ex Tan), limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck) e laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino), 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 (SxE264) e 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226' (CxC226), obtidos pelo USDA, United States Department of Agriculture. Foram avaliados também os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' (LCR) e tangerineira 'Cleópatra' (CLEO).

A semeadura foi feita em bandejas de plástico, contendo areia lavada, esterilizada em autoclave por uma hora e meia, a 120° C duas vezes, em dias consecutivos. Dois meses após a germinação, foi feito o transplante para sacos de mudas com 6 litros do substrato descrito acima.

As espécies de fungos foram obtidas da coleção de FMAs da Escola de Agronomia da UFBA, onde foram multiplicadas por cinco meses, com *Brachiaria decumbens* como planta hospedeira, em vasos contendo uma mistura de solo e areia (3:1), esterilizada em autoclave por uma hora a 120° C, duas vezes em dias consecutivos. Foram utilizadas as seguintes espécies: *Glomus clarum* (Gl.cla.), *Glomus etunicatum* (Gl.etu.), *Glomus manihotis* (Gl.man.), *Acaulospora* sp. (Acaul.),

Gigaspora margarita (Gi.mar.) e *Gigaspora albida* (Gi.alb.). O tratamento testemunha constituiu-se de plantas não inoculadas.

O inóculo constituiu-se de alíquotas de solo contendo hifas, raízes colonizadas e aproximadamente 200 esporos. A inoculação foi feita no ato do transplante das mudas e o inóculo foi colocado ao redor das raízes.

Mensalmente, foram avaliados os seguintes caracteres: altura da planta, número de folhas e diâmetro do caule. Cinco meses após o transplante, foi feita a coleta das plantas e avaliados os seguintes caracteres: altura da planta (com auxílio de régua milimetrada), diâmetro do caule obtido a 1 cm da superfície do solo (com auxílio de um paquímetro digital), porcentagem de colonização radicular pelo fungo, pelo método de coloração com azul de metila, conforme descrito por Koske & Gemma (1989) e contagem em microscópio ótico com 10 segmentos de raízes coloridas por lâmina microscópica, 10 lâminas por tratamento, conforme descrito por Melloni & Cardoso, (1999), massa seca da parte aérea e raiz, após secas em estufa a 65°C até a obtenção de peso constante. O fósforo foi determinado colorimetricamente pelo método do molibdato e o potássio por espectrofotometria de emissão de chama, após submeter a parte aérea da planta, seca e moída, à oxidação pela digestão sulfúrica (Malavolta et al., 1989). A dependência micorrízica dos porta-enxertos de citros foi determinada pela relação entre a massa seca da parte aérea de plantas micorrizadas e a massa seca de plantas não micorrizadas, conforme descrito por Graham & Syversten (1985).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições e os tratamentos em arranjo fatorial 7 x 5 (7 tratamentos fúngicos x 5 porta-enxertos).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Scott e Knott, ao nível de 5% de probabilidade, com o programa SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os porta-enxertos de citros avaliados apresentaram taxas elevadas de colonização micorrízica, destacando-se o LCR e o híbrido CxC 226, com valores de colonização micorrízica acima de 60% (Figura 1). Com relação às espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), a colonização foi mais elevada nas mudas inoculadas com *Acaulospora* sp., seguido de *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* (Figura 2). Fungos dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora* são favorecidos por condições de alumínio baixo e fósforo alto (Siqueira & Franco, 1988). Essas condições de fertilidade assemelham-se às encontradas no substrato utilizado neste trabalho, implicando em maior colonização radicular por esses fungos.

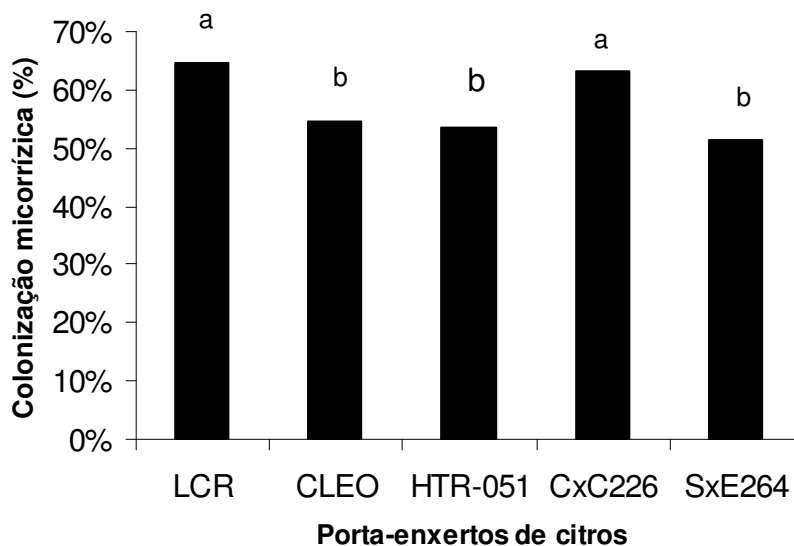


Figura 1. Colonização micorrízica de porta-enxertos de citros inoculados com fungos micorrízicos arbusculares. LCR - limoeiro 'cravo' (*C. limonia* Osbeck), CLEO - tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.), HTR-051 - híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino), CxC226 - 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226', SxE264- 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264. Valores seguidos por letras minúsculas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade. Cruz das Almas, Ba, 2003.

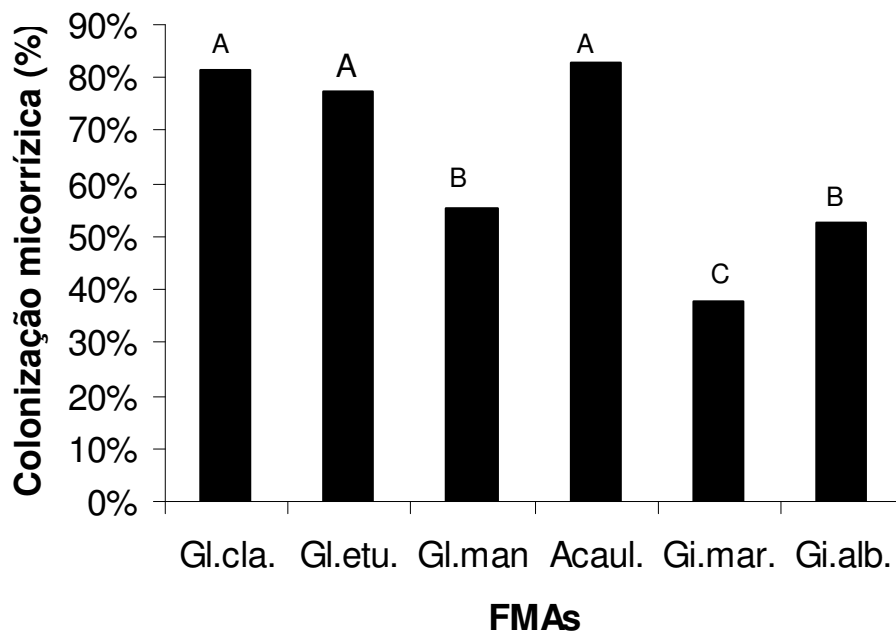


Figura 2. Colonização micorrízica de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em porta-enxertos de citros. Gl.cla. - *Glomus clarum*, Gl.etu. - *Glomus etunicatum*, Gl.man. - *Glomus manihotis*, Acaul. - *Acaulospora* sp., Gi.mar. - *Gigaspora margarita* e Gi.alb. - *Gigaspora albida*. Valores seguidos de letras maiúsculas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade. Cruz das Almas, Ba, 2003.

Espécies de *Glomus* preferem solos pouco ácidos a neutros, enquanto que espécies de *Acaulospora* são indiferentes à acidez do solo (Moreira & Siqueira, 2002). Silveira et al. (2003), estudando o efeito de fungos micorrízicos na produção de mudas de maracujazeiro- amarelo em diferentes substratos, observaram que o

gênero *Acaulospora* mostrou-se menos suscetível às variações na disponibilidade de nutrientes e o gênero *Gigaspora* foi o mais suscetível. No presente trabalho, as menores taxas de colonização também foram observadas nas plantas inoculadas com *Gigaspora margarita* e *Gigaspora albida* (Tabela 1).

TABELA 1. Colonização micorrízica de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMAs ²	Porta-enxertos ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
Colonização micorrízica (%)						
Gl.cla.	91,0 Aa	67,5 Ab	91,8 a	78,5 Aa	78,0 Aa	81,3 A
Gl.etu.	90,0 Aa	58,5 Bb	67,8 Ba	94,8 Aa	75,5 Ba	77,3 A
Gl.man.	56,5 Ab	58,7 Ab	45,8 Ab	72,8 Aa	42,5 Ab	55,2 B
Acaul.	94,3 Aa	90,7 Aa	79,8 Aa	77,2 Aa	72,5 Aa	82,9 A
Gi.mar.	46,7 Ab	32,5 Ac	24,0 Ab	37,2 Ab	49,5 Ab	38,0 C
Gi.alb.	57,2 Ab	58,5 Ab	39,8 Ab	65,2 Aa	40,8 Ab	52,5 B
Média	72,6 a	61,1 b	58,2b	71,0 a	60,0 b	64,5

¹LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranja 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMAs – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora* spp.; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

A inoculação com os fungos do gênero *Gigaspora* causou um decréscimo no crescimento para todos os porta-enxertos (Tabela 2). Esse gênero predomina em solos de elevada acidez e baixa fertilidade (Moreira & Siqueira, 2002). Nas condições de fertilidade do substrato utilizado, esses fungos tiveram um efeito parasítico, provavelmente devido ao nível de fósforo no solo (32 mg.kg⁻¹ de solo).

Em mudas de abacateiro, a correção do pH do substrato para 6,0 beneficiou as espécies *Acaulospora scrobiculata*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus clarum* e *G. etunicatum* em detrimento da *Gigaspora margarita*, que foi prejudicial às mudas, principalmente na fase de porta-enxerto (Silveira et al., 2002).

TABELA 2. Altura de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, BA, 2004.

FMAs ²	Porta-enxertos ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
	Altura (cm)					
Testemunha	17,6 Aa	8,9 Bb	9,3 Ba	15,5 Aa	15,7 Aa	13,4 B
Gl.cla.	16,3 Aa	13,8 Ba	10,4 Ba	18,0 Aa	16,2 Aa	14,9 A
Gl.etu.	14,7 Aa	11,7 Ba	9,5 Ba	15,7 Aa	13,3 Aa	13,0 B
Gl.man.	16,4 Aa	10,6 Ba	9,0 Ba	15,3 Aa	15,0 Aa	13,3 B
Acaul.	13,9 Aa	13,4 Aa	13,4 Aa	18,3 Aa	15,9 Aa	15,0 A
Gi.mar.	13,7 Aa	7,1 Bb	10,9 Ba	15,3 Aa	12,8 Aa	12,0 B
Gi.alb.	11,8 Ba	8,4 Bb	11,4 Ba	17,6 Aa	12,0 Ba	12,2 B
Média	14,9 b	10,6 c	10,6 c	16,5 a	14,4 b	13,4

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMAs – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora* spp.; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

Peng et al. (1993), trabalhando com fracionamento de carbono em limoeiro 'Volkameriano' colonizado com *Glomus intraradices*, em condições de alto fornecimento de P, constataram que a associação micorrízica pode diminuir o crescimento da planta, devido ao maior dreno de carbono pelas raízes colonizadas. As doses de P consideradas inibitórias para o desenvolvimento da associação micorrízica dependem de características inerentes à espécie de fungo, às plantas hospedeiras e ao substrato utilizado (Marschner & Dell, 1995). O baixo desempenho da espécie *G. manihotis* pode estar relacionado à baixa eficiência simbiótica deste fungo em promover o crescimento de mudas de citros em condições de elevada fertilidade, conforme observado em mudas de abacateiro por Silveira et al. (2002). Outro aspecto importante é o controle da colonização radicular por fatores genéticos, pois tanto o genótipo da planta como o do fungo têm influência sobre o grau de colonização das raízes e sobre o desempenho da simbiose (Silveira, 1998). A

micorrização altera o metabolismo de carbono da raiz e de toda a planta devido ao aumento na demanda pela presença do fungo. O pool total de carboidratos não estruturais nos genótipos de citros está relacionado à dependência micorrízica (Graham & Eissenstat, 1998). Estes autores concluíram que existem evidências preliminares de que a alocação de carboidratos afeta a colonização micorrízica e que esta alocação está sob o controle genético da planta. Jifon et al. (2000) observaram um decréscimo de 18% no crescimento de laranjeira azeda, sob condições de P elevado, inoculada com *G. intraradices* e com o suprimento de CO₂. O crescimento dessas mudas aumentou em 15%, indicando que houve uma compensação pelo carbono utilizado pelo fungo.

Já é bem conhecido o efeito do fósforo na colonização micorrízica e no crescimento das plantas colonizadas (Marschner & Dell, 1995). Souza et al. (1992), verificaram que altas doses de fósforo (0,73 t P₂O₅.ha⁻¹) interferiram na colonização por *Glomus clarum* e *Acaulospora morrowae* em limoeiro 'Cravo'. Rocha et al. (1994) não detectaram diferenças expressivas na colonização micorrízica por *Glomus clarum*, *Acaulospora morrowae* e *Glomus etunicatum* em tangerineira 'Cleópatra' com o aumento da adubação fosfatada.

O limoeiro 'Cravo' (LCR) é o principal porta-enxerto utilizado no Brasil, presente em cerca de 80% dos pomares cítricos (Schäfer et al., 2001) e apresentou a maior taxa de colonização micorrízica, em torno de 65% (Tabela 1). Este genótipo apresentou valores mais elevados para todas as variáveis analisadas, independentes da colonização micorrízica (Tabelas 2,3,4,5,6,7,8). Fonseca et al. (1994) observaram que os teores de potássio em LCR foram maiores que em tangerineira 'Cleópatra' (CLEO), independente da colonização micorrízica, mesmo tendo ocorrido um efeito benéfico da colonização micorrízica e das doses de fósforo sobre a nutrição dos dois porta-enxertos. Pereira et al. (2003) mostraram que o LCR é mais suscetível ao alumínio, comparado ao limoeiro 'Volkameriano' (LVK) e CLEO e que altas concentrações de alumínio causam redução no crescimento de plantas de citros.

A citricultura na Bahia está concentrada em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, elevada acidez, alta saturação por alumínio e impedimento físico ao crescimento radicular nos horizontes coesos (Rezende, 2000). A taxa elevada de

colonização micorrízica pode aumentar a tolerância aos efeitos deletérios do alumínio (Moreira & Siqueira, 2002).

TABELA 3. Diâmetro do caule de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das almas, Ba, 2004.

FMAs ²	PORTA-ENXERTO ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
	Diâmetro (mm)					
Testemunha	3,5 Aa	2,4 Ca	2,4 Cb	2,8 Ba	3,2 Aa	2,9 A
Gl.cla.	3,1 Ab	2,6 Ba	2,4 Bb	2,9 Aa	3,1 Aa	2,8 A
Gl.etu.	3,6 Aa	2,5 Ca	2,2 Cb	2,9 Ba	3,0 Ba	2,8 A
Gl.man.	3,2 Ab	2,4 Ba	2,2 Bb	2,6 Ba	3,0 Aa	2,7 A
Acaul.	3,1 Ab	2,8 Aa	2,8 Aa	2,9 Aa	3,0 Aa	3,0 A
Gi.mar.	3,0 Ab	1,9 Bb	2,3 Bb	2,5 Aa	2,8 Aa	2,5 B
Gi.alb.	2,6 Ac	1,9 Bb	2,5 Ab	2,7 Aa	2,4 Ab	2,4 B
Média	3,2 a	2,4 d	2,4 d	2,8 C	3,0 B	2,7

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMAs – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora* spp.; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

Elevados índices de colonização radicular foram observados em pomares e viveiros cítricos nos Estados da Bahia e Sergipe, em limoeiro 'Cravo' enxertado com laranjeira 'Pêra', sendo que os limites inferior e superior foram de 60% e 80%, respectivamente (Weber & Oliveira, 1994). No presente trabalho, as taxas mais altas foram obtidas para os fungos *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora* sp. (Tabela 1). No LCR, a inoculação com as diferentes espécies de FMAs não afetou as características de altura da planta (Tabela 2), diâmetro do caule (Tabela 4), matéria seca da parte aérea (Tabela 5) e conteúdo de fósforo (Tabela 7). A inoculação com os fungos *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* proporcionou maior produção de matéria

seca do sistema radicular (Tabela 6) e maior conteúdo de potássio no LCR (Tabela 8). Fonseca et al. (1994) observaram que a inoculação com *Glomus clarum* determinou uma redução nos teores de K, devido ao efeito diluição, causado pelo maior crescimento e acúmulo de matéria seca.

TABELA 4. Número de folhas de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMAs ²	PORTA-ENXERTO ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
Número de folhas/planta						
Testemunha	13,0 Bb	16,8 Aa	8,5 Ba	15,9 Ab	16,6 Aa	14,1 B
Gl.cla.	12,2 Bb	16,5 Aa	9,4 Aa	19,2 Aa	16,4 Aa	14,8 B
Gl.etu.	19,9 Aa	18,7 Aa	9,4 Ba	20,2 Aa	15,1 Ba	16,6 A
Gl.man.	13,9 Bb	16,8 Aa	9,0 Ba	18,3 Aa	15,1 Ba	14,7 B
Acaul.	17,6 Ba	17,6 Ba	11,2 Ba	21,2 Aa	16,1 Ba	16,7 A
Gi.mar.	13,7 Ab	12,1 Bb	10,0 Aa	14,7 Ab	14,8 Aa	13,1 C
Gi.alb.	14,2 Ab	11,8 Bb	9,7 Aa	15,8 Ab	12,6 Ba	12,8 C
Média	15,0 b	15,8 b	9,6 c	18,0 a	15,2 b	14,7

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranja 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMAs – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora* spp.; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

A tangerineira 'Cleópatra' inoculada com *Acaulospora* sp. apresentou maior colonização radicular (90%), em relação aos outros fungos e as espécies *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora* sp., promoveram aumento na altura (Tabela 2), produção da matéria seca da parte aérea (Tabela 5) e conteúdo de P da parte aérea (Tabela 7). Rocha et al. (1994), utilizando o mesmo porta-enxerto em sementeira, inoculado com *Glomus clarum*, *Acaulospora morrowae* e *Glomus etunicatum*, obtiveram um aumento de 16% na altura de plantas.

TABELA 5. Matéria seca da parte aérea de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, BA, 2004.

FMAs ²	PORTA-ENXERTO ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
Matéria seca da parte aérea (g.planta⁻¹)						
Testemunha	2,5 Aa	1,7 Bb	0,6 Ca	1,5 Ba	2,5 Aa	1,7 A
Gl.cla.	2,4 Aa	2,1 Aa	0,9 Ba	2,3 Aa	2,0 Aa	1,9 A
Gl.etu.	3,2 Aa	2,6 Aa	0,8 Ca	1,9 Ba	1,5 Ba	2,0 A
Gl.man.	2,5 Aa	1,4 Bb	0,8 Ba	1,7 Ba	1,7 Ba	1,6 B
Acaul.	2,5 Aa	2,1 Aa	1,1 Ba	2,1 Aa	1,8 Aa	2,0 A
Gi.mar.	2,1 Ab	0,8 Bb	0,8 Ba	1,7 Aa	1,4 Ba	1,4 B
Gi.alb.	1,5 Ab	1,4 Ab	0,7 Aa	1,6 Aa	1,4 Aa	1,3 B
Média	2,2 a	1,8 b	0,8 c	1,8 b	1,7 b	1,7

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranja 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMAs – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora spp.*; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

Edriss et al. (1984), mostraram em estudos sobre o crescimento de citros com espécies de fungos micorrízicos, que a tangerineira 'Cleópatra' foi a cultivar mais dependente, comparando-se com o limoeiro 'Volkameriano', 'citrange Troyer' e 'citrumelo Swingle' (*C. paradise* Maq. x *P. trifoliata*), apresentando valores significativamente maiores de porcentagem de raízes colonizadas e teor de P na parte aérea, quando comparada a plantas não inoculadas.

TABELA 6. Matéria seca da raiz de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMA ^s ²	PORTA-ENXERTOS ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
Matéria seca de raiz (g planta⁻¹)						
Testemunha	2,4 Ab	1,1 Ba	0,5 Ba	0,8 Bb	1,0 Aa	1,2 A
Gl.cla.	3,0 Aa	1,0 Ba	0,5 Ca	1,2 Ba	1,1 Ba	1,3 A
Gl.etu.	3,0 Aa	1,0 Ba	0,4 Ca	0,9 Bb	1,0 Ba	1,3 A
Gl.man.	2,3 Ab	0,6 Bb	0,4 Ba	0,6 Bb	0,9 Ba	1,0 B
Acaul.	2,0 Ac	1,5 Ba	0,6 Ca	1,4 Ba	1,3 Ba	1,4 A
Gi.mar.	1,6 Ad	0,6 Bb	0,4 Ba	0,6 Bb	0,8 Ba	0,8 C
Gi.alb.	1,3 Ad	0,4 Bb	0,3 Ba	0,5 Bb	0,6 Ba	0,6 C
Média	2,2 a	0,9 b	0,4 c	0,9 b	1,00 b	1,1

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMA^s – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora spp.*; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

TABELA 7. Conteúdo de fósforo da parte aérea de porta-enxertos de citros inoculados com fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMA ^s ²	PORTA-ENXERTOS ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
	P (mg.kg ⁻¹)					
Testemunha	2,5 Aa	1,7 Bb	0,6 Ca	1,5 Ba	2,5 Aa	1,7 A
Gl.cla.	2,4 Aa	2,1 Ba	0,9 Ab	2,3 Aa	2,0 Aa	2,0 A
Gl.etu.	3,2 Aa	2,6 Aa	0,8 Ca	1,9 Ba	1,5 Ba	2,0 A
Gl.man.	2,5 Aa	1,4 Bb	0,8 Ba	1,7 Ba	1,7 Ba	1,6 B
Acaul.	2,5 Aa	2,1 Aa	1,1 Ba	2,1 Aa	1,8 Aa	1,9 A
Gi.mar.	2,4 Aa	0,80 Bb	0,8 Ba	1,7 Aa	1,4 Ba	1,4 B
Gi.alb.	1,5 Ab	1,4 Ab	0,7 Aa	1,6 Aa	1,4 Aa	1,3 B
Média	2,4 a	1,8 b	0,8 c	1,8 b	1,7 b	1,7

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMA^s – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora* spp.; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

TABELA 8. Conteúdo de potássio na parte aérea dos porta-enxertos inoculados com fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMAs ²	PORTA-ENXERTOS ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
	K (mg.kg ⁻¹)					
Testemunha	55,8 Ab	35,6 Ba	11,2 Da	29,5 Ca	44,0 Ba	35,2 B
Gl.cla.	55,7 Ab	38,3 Ba	18,1 Ca	43,4 Ba	33,7 Ba	38,0 B
Gl.etu.	91,0 Aa	52,7 Ba	15,9 Ca	40,5 Ba	29,9 Ca	46,0 A
Gl.man.	67,2 Ab	29,4 Bb	15,3 Ba	32,1 Ba	30,9 Ba	35,0 B
Acaul.	65,3 Ab	41,3 Ba	21,4 Ba	34,3 Ba	30,2 Ba	39,3 B
Gi.mar.	56,5 Ab	14,3 Bb	15,9 Ba	30,2Ba	18,7 Ba	26,2 C
Gi.alb.	28,8 Ac	29,3 Ab	12,9 Aa	32,0 Aa	25,7 Aa	25,7 C
Média	60,0 a	35,6 b	15,7 c	34,7 b	30,8 b	35,1

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranja 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMAs – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora spp.*; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

O híbrido HTR-051 apresentou os menores valores em todos os caracteres analisados, independente da colonização micorrízica. A colonização micorrízica foi elevada com *Glomus clarum* (91,8%) e *Acaulospora sp.* (79,8%) (Tabela 1). O diâmetro do caule foi significativamente maior nas plantas inoculadas com *Acaulospora sp.* (Tabela 3), que também promoveu maiores valores em todas as variáveis de crescimento e teores de nutrientes, quando comparadas a outros fungos. O HTR-051 foi o porta-enxerto mais dependente da micorrização (Figura 3). A dependência micorrízica é correlacionada negativamente com densidade e comprimento de raízes (Declerck et al, 1995; Graham & Syversten, 1985).

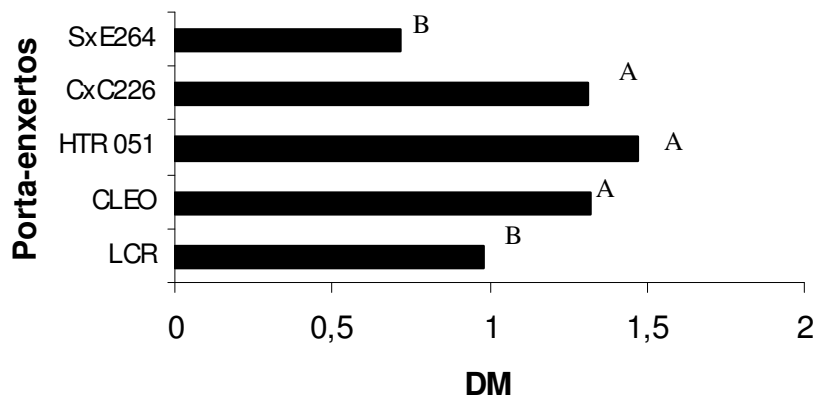


FIGURA 3. Dependência micorrízica de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes FMAs. LCR- limoeiro ‘cravo’, CLEO- tangerineira ‘Cleópatra’, HTR-051- híbrido trifoliado, CxC226- ‘Cleópatra’ x citrange ‘carrizo226’, SxE264- ‘Sunki’ x *Poncirus trifoliata* seleção English 264. Letras maiúsculas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott. Cruz das Almas, Ba, 2004.

Houve um significativo incremento de matéria seca da raiz no híbrido ‘Cleópatra’ x citrange ‘Carrizo 226’, quando inoculado com *Glomus clarum* e *Acaulospora sp.* (Tabela 6), o que mostra a importância da micorrização para este híbrido, pois um sistema radicular mais desenvolvido permite maior absorção de nutrientes e maior volume de solo explorado. O híbrido ‘Sunki’ x *Poncirus trifoliata* seleção English 264, não apresentou respostas significativas à inoculação e foi o menos dependente à micorrização, apesar de, juntamente com o híbrido ‘Cleópatra’ x citrange ‘Carrizo 226’, ter porcentagens altas de colonização com *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora sp.* (Tabela 1). Silveira et al. (2003) citam que a intensidade da micorrização não significa maior eficiência micorrízica. A eficiência da associação entre FMAs e plantas frutíferas é regulada pelo genótipo de ambos os parceiros da simbiose. Costa et al. (2001) observaram em plantas de acerola que somente o genótipo ‘Miró’ foi beneficiado pelo fungo *G. etunicatum*, enquanto que a inoculação do genótipo ‘Barbados’ não promoveu o crescimento da planta e não se diferenciou da testemunha.

TABELA 9. Relação massa seca de raiz/massa seca da parte aérea (R/PA) de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes fungos micorrízicos. Cruz das Almas, 2004.

FMAs ²	PORTA-ENXERTOS ¹					Média
	LCR	CLEO	HTR 051	CxC226	SxE264	
Relação raiz/parte aérea						
Testemunha	0,97 Aa	0,72 Aa	0,81 Aa	0,54 Aa	0,38 Aa	0,69 A
Gl.cla.	1,45 Aa	0,49 Ab	0,62 Ab	0,60 Ab	0,56 Ab	0,71 A
Gl.etu.	0,93 Aa	0,45 Aa	0,47 Aa	0,50 Aa	0,65 Aa	0,60 A
Gl.man.	0,91 Aa	0,55 Ab	0,27 Ab	0,93 Aa	0,88 Aa	0,73 A
Acaul.	0,91 Aa	0,74 Aa	0,28 Aa	0,64 Aa	0,70 Aa	0,65 A
Gi.mar.	0,87 Aa	0,67 Aa	0,76 Aa	0,65 Aa	0,58 Aa	0,70 A
Gi.alb.	1,08 Aa	0,32 Ab	0,43 Ab	0,35 Ab	0,88 Ab	0,51 A
Média	1,01 a	0,56 b	0,53b	0,60 b	0,59 b	

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

²FMAs – Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Gl.etu. – *G. etunicatum*; Gl.man. – *G. manihotis*; Acaul.– *Acaulospora* spp.; Gi.mar. – *Gigaspora margarita*; Gi.alb. – *Gigaspora albida*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

O grau de dependência micorrízica varia com a espécie de planta e particularmente, com a morfologia da raiz e com as condições de solo e clima. Plantas com raízes grossas e com poucos pêlos radiculares são mais dependentes da micorrização para o seu crescimento (Muchovej, 2004). Dentre os porta-enxertos avaliados, o híbrido HTR-051 foi o que apresentou menor produção de matéria seca de raiz (Tabela 6) e de parte aérea (Tabela 5), e maior dependência micorrízica (Figura 3), devido à necessidade de aumentar a superfície de absorção de nutrientes, principalmente para os de baixa mobilidade como o P. A interação desse híbrido com o fungo *Acaulospora* sp. proporcionou maior produção de matéria seca da raiz.

Diversos autores destacam a importância da relação massa seca de raiz/massa seca de parte aérea em plantas inoculadas, devido ao elevado consumo de carboidratos pelas raízes (Raizada et al., 1998; Suganavam et al., 1998; Nemeç,

1978). Os híbridos HTR-051, 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226' e a tangerineira 'Cleópatra', que foram os porta-enxertos mais dependentes da simbiose com fungos micorrízicos arbusculares, apresentaram redução da relação raiz/parte aérea, quando inoculados com os fungos micorrízicos, ou seja, a simbiose promoveu incremento de massa seca de parte aérea comparado a produção de massa seca de raízes, o que diminui a relação custo/benefício de carbono para a planta. Alta relação raiz/parte aérea em plantas não-inoculadas e aumento da parte aérea e redução da relação raiz/parte aérea em plantas inoculadas também foram observadas por Gavito et al. (2000) e Alarcon et al. (2000). Para os porta-enxertos micorrizados e menos dependentes, como o limoeiro 'Cravo' e o híbrido 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264, houve um aumento de massa seca de raiz em relação a sua parte aérea. O híbrido 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264, quando não inoculado apresentou baixa relação raiz/parte aérea.

Independente dos genótipos, o fungo *Acaulospora sp.* promoveu maior acúmulo de matéria seca na raiz, seguido de *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*, porém não se diferenciaram significativamente da testemunha, sem inoculação.

As equações de regressão para os caracteres altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas expressam o crescimento das mudas nas diferentes épocas de avaliação, em função da inoculação com fungos micorrízicos (Tabela 10) e para os diferentes porta-enxertos avaliados (Tabela 11). Os modelos de regressão ajustados revelaram que, aos 150 dias após a inoculação, a altura máxima atingida ocorreu com a inoculação do fungo *Glomus clarum* e o diâmetro de caule foi superior com a inoculação com *Acaulospora sp.* O limoeiro 'Cravo' e o híbrido 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226' apresentaram altura e diâmetro de caule superiores aos outros porta-enxertos.

TABELA 10. Equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para as variáveis: altura da planta (AP), diâmetro (DIA) e número de folhas (NF), nas diferentes épocas de avaliação, em função da inoculação com fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMAs ¹	AP		DIA		NF	
	Equação	R ² (%)	Equação	R ² (%)	Equação	R ² (%)
Test.	$\hat{Y} = 0,8150 + 0,1398x$	98,9	$\hat{Y} = 0,8050 + 0,0231x$	99,5	$\hat{Y} = 2,9900 + 0,1240x$	96,8
Gl.cla.	$\hat{Y} = -2,0514 + 0,1908x$	95,7	$\hat{Y} = 0,7810 + 0,0229x$	99,8	$\hat{Y} = 1,7439 + 0,1470x$	92,3
Gl.etu.	$\hat{Y} = 0,3695 + 0,1401x$	97,8	$\hat{Y} = 0,7471 + 0,0235x$	99,8	$\hat{Y} = 0,9700 + 0,1743x$	94,3
Gl.man.	$\hat{Y} = -0,4451 + 0,1778x$	97,1	$\hat{Y} = 0,7018 + 0,0227x$	99,5	$\hat{Y} = 1,1045 + 0,1540x$	96,9
Acaul.	$\hat{Y} = -0,3760 + 0,1705x$	96,7	$\hat{Y} = 0,9782 + 0,0222x$	99,6	$\hat{Y} = 1,3700 + 0,1710x$	95,8
Gi.mar.	$\hat{Y} = -2,0825 + 0,1576x$	96,2	$\hat{Y} = 0,7416 + 0,0202x$	99,8	$\hat{Y} = 2,3737 + 0,1201x$	95,7
Gi.alb	$\hat{Y} = -1,6325 + 0,1542x$	96,6	$\hat{Y} = 0,8136 + 0,0182x$	99,3	$\hat{Y} = 1,3600 + 0,1277x$	97,9

¹ FMAs - Fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla.-*Glomus clarum*; Gl.etu. - *G. etunicatum*; Gl.man. - *G. manihotis*; Acaul.- *Acaulospora spp.*; Gi.mar. - *Gigaspora margarita*; Gi.alb. - *Gigaspora albida*.

Tabela 11. Equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para as variáveis: altura da planta (AP), diâmetro (DIA) e número de folhas (NF), nas diferentes épocas de avaliação, para os diferentes porta-enxertos de citros. Cruz das Almas, Ba, 2004.

Porta-enxerto ¹	AP		DIA		NF	
	Equação	R ² (%)	Equação	R ² (%)	Equação	R ² (%)
LCR	$\hat{Y} = 1,0959 + 0,1555x$	98,8	$\hat{Y} = 0,6733 + 0,0285x$	98,7	$\hat{Y} = 2,0146 + 0,1465x$	97,2
CLEO	$\hat{Y} = -2,0398 + 0,1409x$	96,6	$\hat{Y} = 0,4538 + 0,0214x$	99,1	$\hat{Y} = -0,3566 + 0,1805x$	94,0
HTR-051	$\hat{Y} = 0,0769 + 0,1173x$	93,2	$\hat{Y} = 0,9835 + 0,0161x$	99,8	$\hat{Y} = 2,0739 + 0,0844x$	95,5
CxC226	$\hat{Y} = -1,6446 + 0,2018x$	97,4	$\hat{Y} = 0,9855 + 0,0201x$	99,9	$\hat{Y} = 2,2000 + 0,1745x$	94,3
SxE264	$\hat{Y} = -2,5821 + 0,1889x$	97,1	$\hat{Y} = 0,8673 + 0,0234x$	99,7	$\hat{Y} = 2,6321 + 0,1404x$	96,2

¹ LCR -limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck); CLEO – tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.); HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino); CxC226 – 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226'; SxE264 – 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* 264.

A colonização com espécies de fungos isoladas de áreas adubadas com fósforo tem maior custo/benefício do que com fungos de áreas sem fertilização fosfatada e algumas espécies de FMAs podem causar pouco benefício em condições de deficiência de fósforo e tornar-se parasíticas em condições de alto teor de fósforo no solo, segundo Johnson, (1993). Esse autor concluiu que a fertilização pode estar selecionando para espécies menos eficientes, portanto mais parasíticas. Graham & Eissenstat (1998) sugerem que as recomendações de adubação fosfatada em plantas jovens de citros podem ser reduzidas, sem limitar o crescimento da planta, permitindo, desse modo, que as associações micorrízicas sejam benéficas para a planta.

CONCLUSÕES

1) A dependência micorrízica variou com os porta-enxertos de citros, na seguinte ordem decrescente: HTR-051, tangerineira 'Cleópatra', 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226', limoeiro 'Cravo' e 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264.

2) As espécies *Acaulospora sp.*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* foram eficientes em promover o crescimento dos porta-enxertos de citros, no substrato com 32 mg.dm⁻³ de fósforo disponível, estabelecendo uma simbiose mutualística, enquanto que as espécies *Gigaspora margarita* e *Gigaspora albida* foram prejudiciais ao crescimento, com taxas menores de colonização, estabelecendo uma relação de parasitismo.

3) Ao se selecionar espécies de FMA para inoculação de mudas de citros e, possivelmente, de outras frutíferas, deve-se fazê-lo com base na fertilidade fosfatada do substrato de produção de mudas e das áreas de futuro plantio destas, para que a fertilização não selecione fungos menos eficientes e mais parasíticos, prejudicando principalmente as plantas com baixa dependência micorrízica. Para plantios em áreas de baixa fertilidade fosfatada, as espécies *Gigaspora margarita* e *Gigaspora albida*

são mais recomendadas e em áreas de elevada fertilidade fosfatada, as espécies *Acaulospora sp.*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*, são mais recomendadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCON, A.; FERRERA-CERRATO, R.; GONZALEZ-CHAVEZ, M. C.; VILLEGAS-MONTER, A. Arbuscular mycorrhizal fungi in runner dynamics and nutrition of strawberry plants cv. Fern obtained from in vitro culture. **Terra**, v.18, n.3, p. 211-218, 2000.

BAYLIS, G.T.S. Root hairs and phycomycetous mycorrhizas in phosphorus-deficient soil. **Plant and Soil**, v. 33, p. 713-716, 1975.

COSTA, C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceloreira (*Malpighia emarginata* D. C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 893 - 901, 2001.

DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D.G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, v. 176, p. 183-187, 1995.

EDRISS, M.H., DAVIS, R.M., BURGER, D.W. Increased growth responses of citrus by several species of mycorrhizal fungi. **Journal of Horticultural Science**, v. 19, n. 4, p. 537-539, 1984.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade

Internacional de Biometria, 45., 2000, São Carlos, **Programa e resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000, p. 255-258.

FONSECA, E.B.A.; OLIVEIRA, E. de; SOUZA, M. de; CARVALHO, J. G. de. Efeitos do fósforo e fungo MVA na nutrição de dois porta-enxertos de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p. 1889 - 1896, 1994.

GAVITO, M.E.; CURTIS, P.S.; MIKKELSEN, T.N.; JAKOBSEN, I. Atmospheric CO₂ and mycorrhizal effects on biomass allocation and nutrient uptake of nodulated pea (*Pisum sativum* L.) plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 352, p. 1931-1938, 2000.

GRAHAM, J.H.; EISSENSTAT, D.M. Field evidence for carbon cost of citrus mycorrhizas. **New Phytologist**, v. 140, p. 103-110, 1998.

GRAHAM, J.H.; SYLVERSTEN, J.P. Host determinants of mycorrhizal dependency of citrus rootstock seedlings. **New Phytologist**, v. 101, p. 667-676, 1985.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. California: Agricultural Experiment Station, 1950, 32 p.

IBGE. Levantamento de produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 22 de janeiro de 2004.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 488-505, 1989.

JIFON, J.L.; GRAHAM, J.H.; DROUILLARD, D.L.; SYVERSTEN, J.P. Growth depression of mycorrhizal citrus seedlings grown at high phosphorus supply is mitigated by elevated CO₂. **New Phytologist**, v. 153, n. 1, p. 133-142, 2002.

JOHNSON, N.C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? **Ecological Applications**, v. 3, p. 749-757, 1993.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v. 159, p. 89-102, 1995.

MELLONI, R.; CARDOSO, E.J.B.N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares de plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 59-67, 1999.

MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Mycorrhizal dependence of several citrus cultivars under three nutrient regimes. **New Phytologist**, v. 81, p. 553-559, 1978.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625p.:il.

MUCHOVEJ, R.M. Importance of mycorrhizae for agricultural crops. Florida, 2004. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu>. Acessado em: Junho de 2004.

NEMEC, S. Response of six citrus rootstocks to three species of *Glomus*, a mycorrhizal fungus. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 19, p. 10-14, 1978.

OLIVEIRA, A. A. R. **Micorrização de mudas cítricas**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF, 1999. (Citros em foco).

OLIVEIRA, R.P. de, et al. **Mudas de citros**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado. 2001, 32p. (Sistemas de Produção, 1).

ORTAS, I.; ORTAKCI, D.; KAYA, Z.; CINAR, A.; ONELGE, N. Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n. 6, p. 1263-1279, 2002.

PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K.; HODGE, N. Growth depression in mycorrhizal citrus at high – phosphorus supply. **Plant Physiology**, v.101, p. 1063-1071, 1993.

PEREIRA, W.E.; SIQUEIRA, D.L.de; PUJATTI, M. et al. Growth of citrus rootstocks under aluminium stress in hydroponics. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 31-41, 2003.

RAIZADA, A.; RAO, M.S.R.M.; JAYARAM, N.S. Growth of Albizia lebbeck Benth. Inoculated with VA mycorrhiza and Rhizobium in eroded mine soils of semiarid India. **Indian Journal of Soil Conservation**, v. 26, n. 2, p. 122-128, 1998.

REZENDE, J. de O. **Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000. 117 p.il. (Série Estudos Agrícolas).

ROCHA, M. B. da; OLIVEIRA, E. de; CORRÊA, G. de C.N. Efeitos de doses de fósforo e fungos MVA no crescimento e nutrição mineral da tangerina 'Cleópatra' (*Citrus reshni* HORT. ex TAN.) em sementeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 725-731, 1994.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A.L.C. Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.4, p. 723-733, 2001.

SILVEIRA, A.P.D. da; SILVA, L.R. da; AZEVEDO, I.C. de; OLIVEIRA, E. de; MELLETTI, L.M.M. Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, em diferentes substratos. **Bragantia**. Campinas, v. 62, n. 1, p. 2003.

SILVEIRA, S.V. da; SOUZA, P.V. D. da; KOLLER, O.C. Efeitos de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do abacateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1597 – 1604, 2002.

SILVEIRA, A. P. D. da. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I. S de; AZEVEDO, J.L. de. **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, p. 61-83, 1998.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA/ CNPAF, p. 151-194, 1994.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Brasília, MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 236p.:il.

SOARES FILHO, W. dos S; VILARINHOS, A.D.; CUNHA SOBRINHO, A.P. da; OLIVEIRA, A.A.R.; SOUZA, A. da S.; CRUZ, J.L.; MORAIS, L.S.; CASTRO NETO, M.T. de; GUERRA FILHO, M. dos S.; CUNHA, M.A.P. da; PASSOS, O.S.; MEISSNER FILHO, P.E.; OLIVEIRA, R.P. de. **Programa de melhoramento genético de citros da Embrapa-CNPMPF**: obtenção de híbridos. Cruz das Almas, BA: 1997. 17p. (EMBRAPA-CNPMPF. Documentos , 74).

SOUZA, E.F. de O.; SOUZA, M. de; OLIVEIRA, E. de. Efeitos de fungos MVA e fósforo na nutrição de limoeiro 'Cravo', pós-repicagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n.8, p. 1141-1146, 1992.

SUGANAVAM, V.; UDAIYAN, K.; DEVRAJ, P. Selection of an efficient vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and *Azospirillum sp.* for inoculating *Tectona grandis*. **Indian Journal of Forestry**, v.21, n., p. 281-284, 1998.

WEBER, O. B.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo arbusculares em citros nos Estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.12, p. 1905-1914, 1994.

TOKESHI, H. Doenças e pragas agrícolas geradas e multiplicadas pelos agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira**, Piracicaba, 25 (suplemento), p. 264-270, ago/2000.

CAPÍTULO 3

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO DE PORTA- ENXERTOS DE CITROS, SEM ADUBAÇÃO FOSFATADA¹

¹ Artigo submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Fruticultura

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS, SEM ADUBAÇÃO FOSFATADA

RESUMO: Conduziu-se um experimento em condições de telado, com o objetivo de avaliar o crescimento dos porta-enxertos de citros limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), híbrido trifoliado HTR-051 e híbrido 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264, inoculados com quatro espécies de fungos micorrízicos arbusculares: *Glomus clarum*, *Acaulospora* sp., *Gigaspora albida* e *Scutellospora heterogama*. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco tratamentos fúngicos e três porta-enxertos de citros, com quatro repetições. Três meses após o transplante e inoculação das mudas, foram avaliados os caracteres: altura da planta, diâmetro do caule, peso da matéria seca da parte aérea e da raiz, teor de fósforo da parte aérea e porcentagem de colonização radicular. A colonização micorrízica foi elevada com todos os fungos avaliados. O porta-enxerto limoeiro 'Cravo' apresentou aumento no crescimento quando inoculado com *Gigaspora albida*. O híbrido HTR-051 foi o porta-enxerto mais dependente da micorrização, porém pouco responsivo, seguido do limoeiro 'Cravo'. O híbrido menos dependente foi o 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264, que não respondeu à inoculação com os fungos micorrízicos.

Palavras-chave: mudas, híbridos, *Citrus* spp., micorriza.

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND GROWTH OF CITRUS ROOTSTOCKS, WITHOUT PHOSPHATE FERTILIZATION

ABSTRACT: An experiment was conducted under greenhouse conditions, with the objective of evaluating the growth of citrus rootstocks Rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck), HTR-051 trifoliolate hybrid, and Sunki x *Poncirus trifoliata* selection English 264 hybrid, inoculated with four mycorrhizal fungi: *Glomus clarum*, *Acaulospora* sp., *Gigaspora albida*, and *Scutellospora heterogama*. The experimental design was in randomized blocks, in a factorial scheme 5 x 3 (five fungi treatments and three citrus rootstocks), with four replications. Three months after transplanting and inoculating the citrus seedlings, the following characteristics were evaluated: plant height, stem diameter, plant aerial part and root dry weight, phosphorous content, percentage of root colonization. Mycorrhizal colonization was high for all mycorrhizal fungi tested. The rootstock Rangpur lime presented the highest growth with the inoculation with *Gigaspora albida*. The hybrid HTR-051 had the highest mycorrhizal dependency, but responded poorly to mycorrhizal inoculation, followed by Rangpur lime. The hybrid Sunki x *Poncirus trifoliata* selection English 264 had the lowest mycorrhizal dependency, and had no growth response to mycorrhizal inoculation.

Key words: seedlings, hybrids, *Citrus spp.*, mycorrhiza

INTRODUÇÃO

Os pomares de citros brasileiros baseiam-se na utilização quase única do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), em cerca de 80%. O porta-enxerto influencia diversas características da copa e de seus frutos, como tamanho da copa e dos frutos, resistência a moléstias, comportamento frente a condições de estresse abiótico, distribuição de raízes, entre outros, sendo de grande importância o estudo das características de diversos porta-enxertos e seu uso, para a diversificação de pomares (Schäfer et al., 2001).

A interação simbiótica entre fungos micorrízicos arbusculares e os citros tem sido amplamente relatada, pelo benefício da micorrização no crescimento dessa cultura. As plantas cítricas possuem um sistema radicular com pêlos absorventes pouco desenvolvidos, o que dificulta a absorção de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo, como o fósforo, sendo consideradas altamente dependentes das micorrizas, para seu equilíbrio nutricional e melhor desenvolvimento (Oliveira, 1999; Muchovej, 2004).

Mecanismos diversos envolvem a absorção de fósforo pelos fungos micorrízicos, como: maior volume de solo explorado pelas hifas fúngicas, podendo alcançar uma distância de mais de 10 cm da superfície da raiz, aumento da superfície de absorção, pois o diâmetro de pêlos radiculares está em torno de 10 μm , enquanto que as hifas têm diâmetros entre 2 e 4 μm e alta afinidade por íon fosfato (Bolan, 1991). Essa capacidade de absorção das hifas externas do fungo também é verificada com outros nutrientes, como o K, NH_4^+ , Ca, SO_4 , Cu, Zn e Fe, entre outros (Marschner & Dell, 1994). A maior absorção de nutrientes pela associação micorrízica promove o aumento no crescimento da planta.

O bom funcionamento da simbiose micorrízica é influenciado pelo genótipo da planta, pela espécie de fungo e pelo fósforo no solo. Concentrações altas de fósforo na solução do solo podem inibir a colonização micorrízica e tornar a simbiose uma relação de parasitismo, promovendo redução no crescimento das plantas, devido à demanda de carbono exigida pelo fungo micorrízico (Johnson et al., 1997; Sylversten & Graham, 1999; Valentine et al., 2000).

O grau de dependência da planta ao fungo micorrízico, para seu crescimento, constitui-se num importante fator para as diferenciadas respostas da simbiose mutualística em relação ao fósforo no solo. Altas porcentagens de colonização radicular são verificadas em condições de baixo fósforo no solo e os benefícios da micorrização, como maior absorção de nutrientes e maior crescimento, são extensivos para plantas de alta e baixa dependência micorrízica. Plantas altamente dependentes da micorriza, mesmo em altas concentrações de fósforo no solo, são beneficiadas, enquanto que plantas com baixa dependência micorrízica são negativamente afetadas. As respostas diferenciadas das espécies em condições de alta concentração de fósforo no solo podem indicar o grau de dependência micorrízica das plantas (Syversten & Graham, 1999;.Jifon et al., 2002).

O presente trabalho objetivou avaliar o crescimento e nutrição de fósforo em três porta-enxertos de citros inoculados com diferentes fungos micorrízicos e determinar a dependência micorrízica de diferentes porta-enxertos relacionados ao Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, localizada no município de Cruz das Almas, no período de novembro de 2003 a fevereiro de 2004, sob condições de telado, com redução de 50% da intensidade luminosa. O clima da região é do tipo sub-úmido, na classificação

de Thornthwaite, a altitude de 200 m, localizada a 12° 40' 19" Latitude Sul, 39° 06' 22" Longitude Oeste de Greenwich, com umidade relativa do ar de 80%, temperatura média anual de 24,2° C e precipitação pluvial média anual de 1206 mm, com variações entre 1000 e 1300 mm.

O substrato utilizado para o plantio das mudas foi uma mistura de solo (Latossolo Amarelo distrófico) com areia lavada na proporção de 3:1 (v:v), esterilizado por fumigação com brometo de metila, para a eliminação da microbiota existente no solo. O substrato apresentava as seguintes características químicas: pH = 5,3; P = 8,0 mg.dm⁻³; K = 0,23 mg.dm⁻³; Ca = 1,6 Cmolc.dm⁻³; Mg = 0,9 Cmolc.dm⁻³; Al = 0,1 Cmolc.dm⁻³; H = 2,64 Cmolc.dm⁻³.

Mensalmente, as plantas foram adubadas com solução nutritiva de Hoagland, com omissão de fósforo (Hoagland & Arnon, 1950). Cada planta recebeu 100 ml da solução nutritiva.

Para a produção de mudas, sementes dos porta-enxertos foram retiradas de frutos maduros originados de plantas matrizes do pomar da Embrapa Mandioca e Fruticultura. As sementes foram submetidas ao tratamento térmico a 52° C por 10 minutos (Oliveira et al., 2001), colocadas para secar à sombra e acondicionadas em sacos de plástico em geladeira até à época de semeadura. Foram avaliados diferentes híbridos de citros, identificados em trabalhos realizados na Embrapa Mandioca e Fruticultura como porta-enxertos promissores para o ecossistema dos Tabuleiros Costeiros (Soares Filho et al., 1997). Dentre estes, foram utilizados neste experimento o híbrido HTR-051 (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino), o híbrido 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 (SxE264), obtido pelo USDA (United States Department of Agriculture) e o limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) (LCR).

A semeadura foi feita em bandejas de plástico, contendo areia lavada, esterilizada em autoclave por uma hora e meia, a 120° C duas vezes em dias consecutivos. Dois meses após a germinação, foi feito o transplante para os sacos de muda com capacidade para 6 litros de solo.

As espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) foram obtidas da coleção de FMAs da Escola de Agronomia da UFBA, onde foram multiplicadas por cinco meses, com *Brachiaria decumbens* como planta hospedeira, em vasos contendo uma mistura de solo e areia (3:1), esterilizada em autoclave por uma hora a 120° C, duas vezes em dias consecutivos. Foram utilizadas as seguintes espécies: *Glomus clarum* (Gl.cla.), *Acaulospora sp* (Acaul.), *Gigaspora albida* (Gi.alb.) e *Scutellospora heterogama* (Sc.het.). O tratamento testemunha constituiu-se de plantas não inoculadas.

A inoculação foi feita no ato do transplante das mudas e o inoculo, constituído por uma alíquota de solo contendo hifas, raízes colonizadas mais aproximadamente 200 esporos, foi colocado ao redor das raízes de cada muda.

Mensalmente, foram avaliados altura da planta e diâmetro do caule. Três meses após o transplante, foi feita a coleta das mudas e avaliados os seguintes caracteres: altura da planta (com auxílio de régua milimetrada), diâmetro do caule (com auxílio de um paquímetro digital), porcentagem de colonização radicular pelo fungo, pelo método de coloração com azul de metila, conforme descrito por Koske & Gemma (1989) e contagem em microscópio ótico com 10 segmentos de raízes coloridas por lâmina microscópica, 10 lâminas por tratamento, conforme descrito por Melloni & Cardoso, (1999), massa seca da parte aérea e da raiz, após secas em estufa a 65° C até a obtenção de peso constante e teores de fósforo da parte aérea, determinados colorimetricamente pelo método do molibdato (Malavolta et al., 1989). A dependência micorrízica dos porta-enxertos de citros foi determinada pela relação entre a massa seca da parte aérea de plantas micorrizadas e a massa seca de plantas não-micorrizadas, conforme descrito por Graham & Sylversten (1985).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições e os tratamentos em arranjo fatorial 5 tratamentos fúngicos (quatro fungos e a testemunha sem inoculação) x 3 porta-enxertos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e o teste utilizado foi de Scott e Knott, ao nível de 5% de probabilidade, com o programa SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) avaliados mostraram semelhante capacidade de colonização radicular em todos os porta-enxertos, com taxas elevadas, variando de 80% a 90% (Figuras 1 e 2). No geral, a colonização micorrízica é favorecida por condições de baixa fertilidade do solo, principalmente em baixas condições de fósforo na solução do solo, porém isso não é regra (Silveira, 1998). Em citros, dosagens elevadas de P reduzem a colonização micorrízica, mas ainda se observam taxas elevadas de colonização nessas condições de fertilidade fosfatada (Melloni & Cardoso, 1999; Fonseca et al., 1994; Peng et al., 1993). A inoculação com *Gigaspora albida* e *Acaulospora sp* favoreceu o crescimento das mudas em altura (Tabela 1), diâmetro do caule (Tabela 2) e produção de matéria seca da raiz (Tabela 4). Siqueira & Franco (1988) citam que os fungos *Acaulopora morrowae*, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* promoveram maior efeito no crescimento dos citros e o fungo *Scutellospora heterogama* está entre os que têm menor influência.

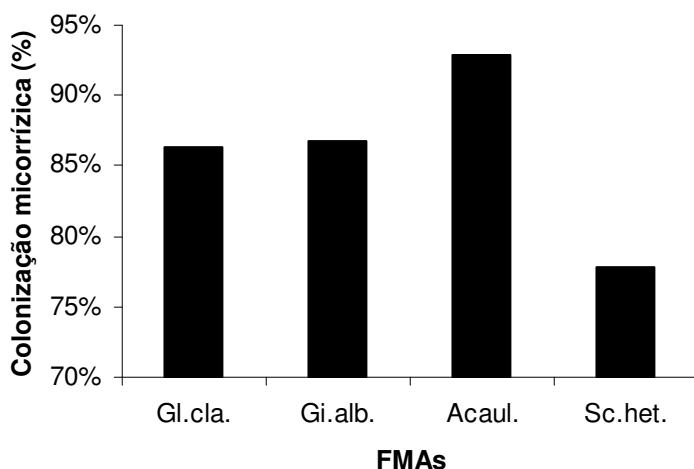


Figura 1. Colonização micorrízica (%) de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em porta-enxertos de citros. Gl.cla.= *Glomus clarum*, Gi.alb.= *Gigaspora albida*, Acaul.= *Acaulospora sp.* e Sc.het.= *Scutellospora heterogama*. Cruz das Almas, Ba, 2004.

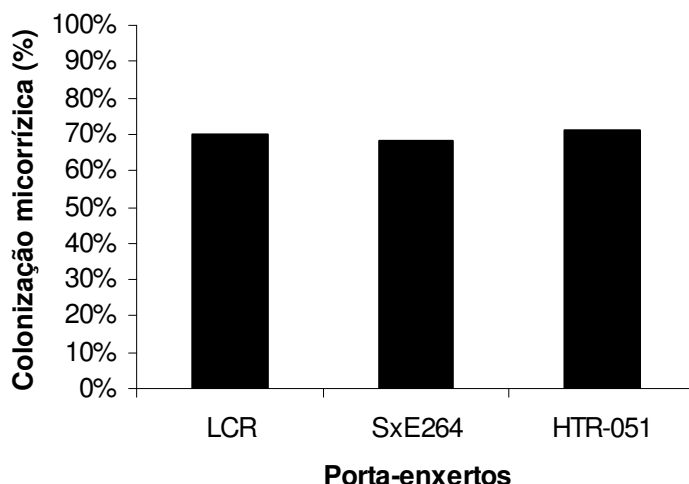


Figura 2. Colonização micorrízica de porta-enxertos de citros inoculados com Fungos micorrízicos arbusculares. LCR= limoeiro ‘Cravo’, SxE264= ‘Sunki’ x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 e HTR-051= híbrido trifoliado. Cruz das Almas, Ba, 2004.

Tabela 1. Altura (cm) de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMA ^{s2}	PORTA-ENXERTO ¹			Média
	LCR	SxE264	HTR 051	
	Altura da planta (cm)			
Test.	15,5 Ac	12,0 Aa	8,5 Aa	12,0 C
Gl.clã.	23,6 Ab	13,7 Ba	12,3 Ba	16,5 B
Gi.alb.	30,9 Aa	15,4 Ba	12,7 Ba	19,7 A
Acaul.	26,6 Ab	18,0 Ba	15,3 Ba	20,0 A
Sc.het.	16,6 Ac	13,9 Aa	11,5 Aa	13,8 C
Média	22,9 a	14,7 b	12,1 b	16,5

¹LCR-limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osb.), SxE264 -‘Sunki’ x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 e HTR-051- híbrido trifoliado (cruzamento envolvendo tangerineira ‘Cleópatra’, limoeiro ‘Cravo’ e laranjeira ‘Pêra’ como parentais femininos e *P. trifoliata* como parental masculino).

²FMA^s – fungos micorrízicos arbusculares: Gl.clã. – *Glomus clarum*; Acaul.– *Acaulospora* sp.; Gi.alb. – *Gigaspora albida* e Sc.het. – *Scutellospora heterogama*.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade

A matéria seca da parte aérea (Tabela 3) e o conteúdo de P (Tabela 5) não foram afetados pela micorrização. A relação raiz/parte aérea também não sofreu alterações significativas em função da inoculação com fungos micorrízicos (Tabela 6).

Tabela 2. Diâmetro do caule (mm) de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos.

FMA ^s ²	PORTA-ENXERTO ¹			Média
	LCR	SxE264	HTR 051	
Diâmetro de caule, (mm)				
Test.	2,6 Aa	2,2 ABa	1,9 Ba	2,2 B
Gl.clã.	2,8 Aa	2,1 Ba	2,4 Ba	2,4 B
Gi.alb.	3,0 Aa	2,3 Ba	2,4 Ba	2,6 A
Acaul.	2,9 Aa	2,5 Aa	2,3 Aa	2,5 A
Sc.het.	2,2 Ab	2,1 Aa	2,4 Aa	2,2 B
Média	2,7 a	2,2 b	2,3 b	2,4

¹LCR- limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), SxE264- 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 e HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *P. trifoliata* como parental masculino).

²FMA^s – fungos micorrízicos arbusculares: Gl.clã. – *Glomus clarum*; Acaul.– *Acaulospora sp.*; Gi.alb. – *Gigaspora albida* e Sc.het. – *Scutellospora heterogama*.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

Em todas as variáveis de crescimento de planta analisadas, a melhor resposta à inoculação foi observada nas mudas de limoeiro 'Cravo', principalmente com o fungo *Gigaspora albida*, que promoveu incrementos em altura (Tabela 1), diâmetro do caule (Tabela 2), peso da matéria seca de parte aérea (Tabela 3) e da raiz (Tabela 4) e teor de fósforo (Tabela 5). Influência positiva da inoculação com FMAs sobre o aumento em altura de plantas e matéria seca também foram observadas em tangerineira 'Cleópatra' (Rocha et al., 1994) e em aceloreira (Costa et al., 2001). O fungo *Scutellospora heterogama* causou um decréscimo no crescimento de limoeiro 'Cravo', em relação à testemunha não-inoculada, possivelmente devido a uma baixa afinidade entre o genótipo deste porta-enxerto e o fungo.

A elevada colonização micorrízica não proporcionou aumento no crescimento para o híbrido 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264, possivelmente pela sua

menor dependência micorrízica, e o híbrido HTR-051. O bom funcionamento da simbiose micorrízica depende de fatores ambientais, de características inerentes à planta como exigência nutricional e capacidade de translocação de nutrientes, bem como do fungo (Moreira & Siqueira, 2002).

Tabela 3. Produção de matéria seca (g) de parte aérea de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMA ^s ²	PORTA-ENXERTO ¹			Média
	LCR	SxE264	HTR 051	
Peso da matéria seca de parte aérea (g.planta⁻¹)				
Test.	2,2 Ab	1,1 Aa	0,4 Aa	1,2 A
Gl.cla.	2,9 Ab	1,0 Aa	1,3 Aa	1,7 A
Gi.alb.	5,0 Aa	1,3 Ba	1,0 Ba	2,4 A
Acaul.	3,4 Ab	1,2 Ba	1,0 Ba	1,9 A
Sc.het.	1,7 Ab	0,9 Aa	1,3 Aa	1,2 A
Média	3,1 a	1,1 b	1,0 b	1,2

¹LCR- limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), SxE264- 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 e HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *P. trifoliata* como parental masculino).

²FMA^s – fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Acaul.– *Acaulospora* sp.; Gi.alb. – *Gigaspora albida* e Sc.het. – *Scutellospora heterogama*.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

Tabela 4. Produção de matéria seca (g) da raiz de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, Ba, 2004.

FMA ^s ²	PORTA-ENXERTO ¹			Média
	LCR	SxE264	HTR 051	
Peso da matéria seca de raiz (g.planta⁻¹)				
Test.	1,6 Ab	1,0 Aba	0,4 Ba	1,0 B
Gl.cla.	1,9 Ab	0,9 Aa	1,1 Aa	1,3 A
Gi.alb.	3,1 Aa	0,9 Ba	1,1 Ba	1,7 A
Acaul.	1,8 Ab	0,9 Aa	0,9 Aa	1,2 A
Sc.het.	0,7 Ac	0,7 Aa	0,8 Aa	0,7 B
Média	1,9 a	0,9 a	0,8 a	1,2

¹LCR- limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), SxE264- 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 e HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *P. trifoliata* como parental masculino).

²FMA^s – fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Acaul.– *Acaulospora sp.*; Gi.alb. – *Gigaspora albida* e Sc.het. – *Scutellospora heterogama*.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

Tabela 5. Conteúdo de fósforo na parte aérea de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos. Cruz das Almas, BA, 2004

FMA ^s ²	PORTA-ENXERTO ¹			Média
	LCR	SxE264	HTR 051	
P (g.kg⁻¹)				
Test.	7,7 Aa	2,5 Ba	0,6 Ba	3,7 A
Gl.clã.	7,6 Aa	2,3 Ba	3,1 Ba	4,4 A
Gi.alb.	11,0 Aa	2,7 Ba	2,3 Ba	5,3 A
Acaul.	8,6 Aa	3,0 Ba	2,4 Ba	4,7 A
Sc.het.	4,0 Ab	1,9 Aa	2,9 Aa	2,8 A
Média	8,0 a	2,5 b	2,3 b	4,2

¹LCR- limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), SxE264- 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264 e HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira 'Cleópatra', limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Pêra' como parentais femininos e *P. trifoliata* como parental masculino).

²FMA^s – fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Acaul.– *Acaulospora sp.*; Gi.alb. – *Gigaspora albida* e Sc.het. – *Scutellospora heterogama*.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

Tabela 6. Relação massa seca de raiz (g)/ massa seca de parte aérea (g) (R/S) de porta-enxertos de citros inoculados com diferentes espécies de fungos micorrízicos.

FMA ^s ²	PORTA-ENXERTO ¹			Média
	LCR	SxE264	HTR 051	
	Relação raiz/parte aérea			
Test.	0,70 Aa	0,89 Aa	0,95 Aa	0,85 A
Gl.cla.	0,69 Aa	0,91 Aa	0,82 Aa	0,81 A
Gi.alb.	0,68 Aa	0,74 Aa	0,99 Aa	0,80 A
Acaul.	0,54 Aa	0,70 Aa	0,87 Aa	0,70 A
Sc.het.	0,53 Aa	0,78 Aa	0,65 Aa	0,65 A
Média	0,63 b	0,80 a	0,86 a	

¹LCR –limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osb.); SxE264 – ‘Sunki’ x *Poncirus trifoliata* seleção English 264; HTR-051- híbrido trifoliado (obtido do cruzamento envolvendo tangerineira ‘Cleópatra’, limoeiro ‘Cravo’ e laranjeira ‘Pêra’ como parentais femininos e *Poncirus trifoliata* como parental masculino).

²FMA^s – fungos micorrízicos arbusculares: Gl.cla. – *Glomus clarum*; Acaul.– *Acaulospora* sp.; Gi.alb. – *Gigaspora albida* e Sc.het. – *Scutellospora heterogama*.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

O híbrido HTR-051 foi o porta-enxerto mais dependente da micorrização (Figura 3) e o que apresentou menor crescimento, em relação aos outros porta-enxertos (Figura 4). Possivelmente o seu crescimento mais lento e as suas exigências nutricionais refletem no funcionamento da simbiose.

Existe uma diferença entre dependência micorrízica e responsividade da planta. A dependência varia em função das plantas e das condições de crescimento e a responsividade, que é a magnitude do efeito da micorrização, varia em função do fungo e do ambiente. Uma planta pode ser muito dependente, mas pouco responsiva (Moreira & Siqueira, 2002). Cerqueira et al. (2003) indicaram o HTR-051 como o genótipo com maior capacidade de recuperação, dentre aqueles estudados, após ter sido submetido a condições de déficit hídrico, apresentando maior acúmulo de matéria seca, refletindo positivamente nos índices fisiológicos e no crescimento da planta. Assim, são necessários estudos que possam esclarecer o papel das micorrizas na tolerância à seca, já que este híbrido foi o mais dependente em relação aos porta-enxertos avaliados.

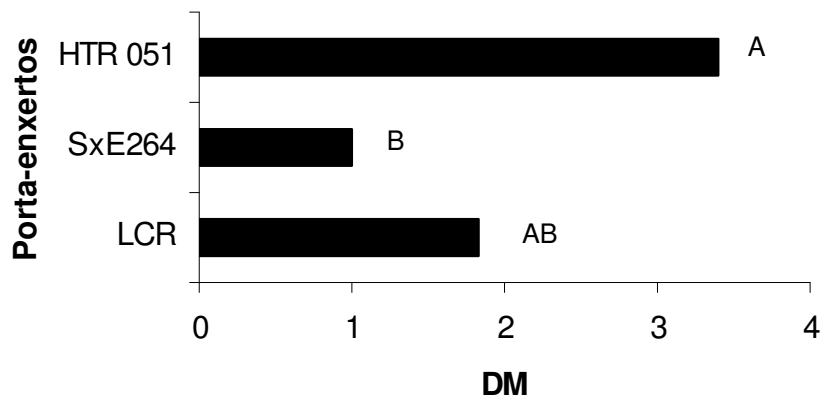


Figura 3. Dependência micorrízica (DM) de porta-enxertos de citros inoculados com fungos micorrízicos arbusculares. LCR= limoeiro 'Cravo'; SxE264= 'Sunki' x Poncirus trifoliata seleção English 264; TR-051= híbrido trifoliado. Letras maiúsculas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott ($P < 5\%$). Cruz das Almas, Ba. 2004.

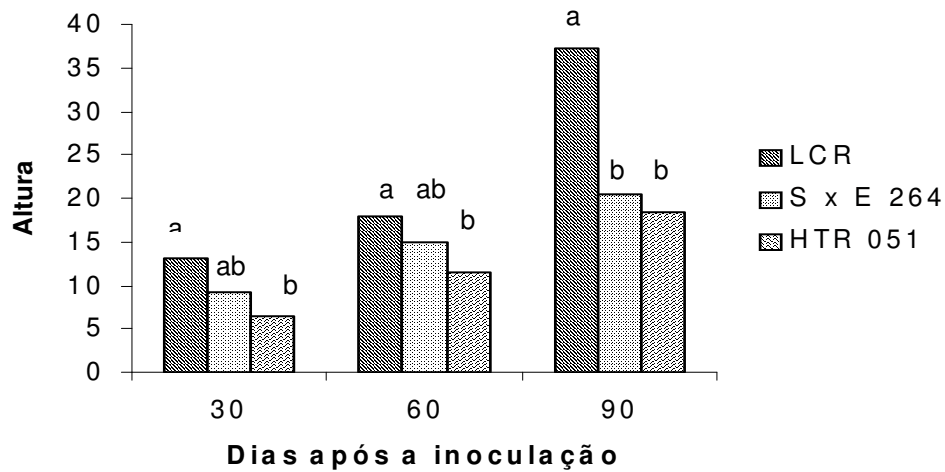


Figura 4. Altura, em cm, dos porta-enxertos de citros inoculados com fungos micorrízicos arbusculares. LCR= limoeiro 'Cravo'; SxE264= 'Sunki' x Poncirus trifoliata seleção English 264; HTR-051- híbrido trifoliado. Letras minúsculas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott ($P < 5\%$). Cruz das Almas, BA.

Na análise dos porta-enxertos, independente da inoculação, houve diferenças significativas em altura, aos 30 dias após a inoculação, entre limoeiro 'Cravo' e HTR-051. Aos 90 dias, o limoeiro 'Cravo' superou os demais porta-enxertos em altura (Figura 3), mostrando que este porta-enxerto tem um crescimento rápido.

CONCLUSÕES

1. Nas condições de fertilidade apresentada pelo substrato, com baixo teor de fósforo, os fungos *Gigaspora albida* e *Acaulospora sp.* são os mais recomendados por promoverem maior crescimento das plantas nas variáveis analisadas.

2. A dependência micorrízica variou entre os diferentes genótipos, sendo maior no híbrido HTR-051, seguido do limoeiro 'Cravo', que se mostrou mais responsivo à micorrização e o menos dependente foi o híbrido 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264.

Referências Bibliográficas

BOLAN, N.S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, v. 134, p. 189 – 207, 1991.

CERQUEIRA, E. C.; PEIXOTO, C. P.; CASTRO NETO, M. T. de et al. Parâmetros fisiológicos de cinco porta-enxertos de citros sob efeito do estresse hídrico. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 15, p.410, 2003.

COSTA, C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceloreira (*Malpighia emarginata* D. C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 893 –901, 2001.

FONSECA, E.B.A.; OLIVEIRA, E. de; SOUZA, M. de; CARVALHO, J. G. de. Efeitos do fósforo e fungo MVA na nutrição de dois porta-enxertos de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p. 1889 – 1896, 1994.

GRAHAM, J.H.; SYLVERSTEN, J.P. Host determinants of mycorrhizal dependency of citrus rootstock seedlings. **New Phytologist**, v. 101, p. 667-676, 1985.

GRAHAM, J.H.; SYLVERSTEN, J.P.; SMITH Jr., M.L. Water relations of mycorrhizal and phosphorus – fertilized non – mycorrhizal citrus under drought stress. **New Phytologist**, v. 105, p. 411 – 419, 1987.

HARTMOND, U.; SCHAESBERG, N.V.; GRAHAM, J.H.; SYLVERSTEN, J.P. Salinity and flooding stress effects on mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus rootstock seedlings. **Plant and Soil**, v. 104, p. 37-47, 1987.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. California: Agricultural Experiment Station, 1950, 32 p.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycological Research, v. 92, p. 488-505, 1989..

JIFON, J.L.; GRAHAM, J.H.; DROUILLARD, D.L.; SYLVERSTEN, J.P. Growth depression of mycorrhizal Citrus seedlings grown at high phosphorus supply is mitigated by elevated CO₂. **New Phytologist**, v. 153, n. 1, p. 133-142, 2002.

JOHNSON, N.C.; GRAHAM, J.H.; SMITH, F.A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. **New Phytologist**, v. 135, p. 575-585, 1997.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v. 159, p. 89 – 102, 1994.

MELLONI, R.; CARDOSO, E.J.B.N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares de plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 59-67, 1999.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625p.:il.

MUCHOVEJ, R.M. Importance of mycorrhizae for agricultural crops. Florida, 2004. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu>. Acessado em: Junho de 2004.

OLIVEIRA, A. A. R. **Micorrização de mudas cítricas**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF, 1999. (Citros em foco).

OLIVEIRA, R.P. de, et al. **Mudas de citros**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado. 2001, 32 p. (Sistemas de Produção, 1).

PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K.; HODGE, N. Growth depression in mycorrhizal citrus at high-phosphorus supply. **Plant Physiology**. v. 101, p. 1063-1071, 1993.

ROCHA, M. B. da; OLIVEIRA, E. de; CORRÊA, G. de C.N. Efeitos de doses de fósforo e fungos MVA no crescimento e nutrição mineral da tangerina 'Cleopatra' (*Citrus reshni* HORT ex TAN) em sementeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 725-731, 1994.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A.L.C. Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.4, p. 723-733, 2001.

SILVEIRA, A. P. D. da. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J.L. de (Eds.). **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, p. 61-83, 1998.

SYLVERSTEN, J.P.; GRAHAM, J.H. Phosphorus supply and arbuscular mycorrhizas increase growth and net gas exchange responses of two Citrus spp. grown at elevated [CO₂]. **Plant and Soil**, v. 208, p. 209-219, 1999.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Brasília, MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 236p.:il.

SOARES FILHO, W. dos S.; VILARINHOS, A.D.; CUNHA SOBRINHO, A.P. da; OLIVEIRA, A.A.R.; SOUZA, A. da S.; CRUZ, J.L.; MORAIS, L.S.; CASTRO NETO, M.T. de; GUERRA FILHO, M. dos S.; CUNHA, M.A.P. da; PASSOS, O.S.; MEISSNER FILHO, P.E.; OLIVEIRA, R.P. de. **Programa de melhoramento genético de citros da Embrapa-CNPMPF**: obtenção de híbridos. Cruz das Almas, BA: 1997. 17p. (EMBRAPA-CNPMPF. Documentos , 74).

VALENTINE, A.J.; OSBORNE, B.A.; MITCHELL, D.T. Interactions between phosphorus supply and total nutrient availability on mycorrhizal colonization, growth and photosynthesis of cucumber. **Scientia Horticulturae**, v. 88, p. 177-189, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração da ampla variabilidade genética presente em *Citrus* e gêneros afins, visando a diversificação de pomares cítricos, selecionando espécies adaptadas a determinadas condições de cultivo, é de extrema importância para a sustentabilidade da cultura (Soares Filho et al., 1997). Estudos que envolvam todos os aspectos relacionados à cultura, desde tolerância a fitomoléstias, as condições estressantes de origem abiótica, condições de solo e clima favoráveis, manejo do solo e da cultura, interações simbióticas com microorganismos do solo, a exemplo das associações micorrízicas, são necessários para melhorar a produtividade dos pomares cítricos.

A associação de fungos micorrízicos arbusculares com a cultura dos citros é amplamente relatada e seus benefícios garantem maior crescimento das plantas, através da maior absorção de nutrientes, principalmente, o fósforo (Moreira & Siqueira, 2002; Rocha et al., 1994; Souza et al., 1992). A importância dessa simbiose mutualística para a cultura deve-se ao tipo de morfologia e distribuição do sistema radicular dos citros, que geralmente apresenta raízes grossas, com poucos pêlos radiculares, sendo muito beneficiados pelas hifas fúngicas para maior exploração do solo (Muchovej, 2004).

Diante da variabilidade genética presente nos citros, existem diferenças entre espécies, quanto às exigências nutricionais, a capacidade em adquirir os nutrientes pelo sistema radicular e taxa de crescimento (Moreira & Siqueira, 2002). As características intrínsecas à planta, assim como as condições de crescimento e as espécies de fungos micorrízicos, determinam o grau de dependência micorrízica de cada espécie, dentro do gênero *Citrus*.

As condições de fertilidade, principalmente os teores de fósforo, do substrato de produção das mudas de citros, podem inibir ou estimular a colonização micorrízica e determinam a eficiência das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (Valentine et al., 2000; Sylversten & Graham, 1999). As espécies *Acaulospora sp.*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* foram favorecidas em condições de alta concentração de fósforo disponível no solo, em detrimento das espécies de fungos do gênero *Gigaspora*, porém o fungo *Gigaspora albida* foi mais eficiente em condições de fósforo baixo. Por essas observações, salienta-se a importância de se estudar as interações simbióticas entre fungos micorrízicos e as condições de crescimento das mudas, para o uso prático, de forma criteriosa, da associação micorrízica com plantas, de forma que a relação seja mutualística e beneficie o desenvolvimento da planta.

O grau de dependência micorrízica variou entre os genótipos, mais dependentes o híbrido HTR-051, a tangerineira 'Cleópatra' e o híbrido 'Cleópatra' x citrange 'Carrizo 226', seguido do limoeiro 'Cravo'. O menos dependente foi o híbrido 'Sunki' x *Poncirus trifoliata* seleção English 264. Existe uma pequena diferença entre dependência micorrízica, que varia em função da planta e do ambiente e a responsividade da planta, que varia em função do fungo e do ambiente (Moreira & Siqueira, 2002). Diversos fatores podem estar relacionados como: taxa de crescimento da planta, afinidade entre as espécies de fungos estudadas e os genótipos das plantas e as condições de crescimento. O híbrido HTR-051 foi o mais dependente, porém pouco responsivo, ao contrário do limoeiro 'Cravo' que teve uma dependência intermediária, mas que respondeu bem à inoculação. Independente da colonização micorrízica, o limoeiro 'Cravo' apresentou maior crescimento que o HTR-051.

Em campo, a colonização micorrízica permaneceu alta, mesmo sob condições de adubação fosfatada, o que merece certa atenção, pois a permanência do fungo micorrízico na planta, exige uma grande demanda de carbono da parte aérea para a raiz, o que em condições de alto fósforo no solo pode não estar sendo compensatório para a planta, dependendo de sua dependência micorrízica, podendo tornar-se uma relação de parasitismo e prejudicar o desenvolvimento da planta. Johnson et al.

(1997) citam que a adubação fosfatada nos plantios pode estar selecionando espécies de fungos micorrízicos mais adaptados à condição de alta concentração de fósforo, porém menos eficientes, podendo ser até mesmo parasíticos, como foi demonstrado no estudo, em que o uso de benomyl em plantas no campo, diminuiu a colonização radicular e aumentou o crescimento das plantas. É de extrema importância avaliar a colonização micorrízica, em campo, no crescimento dos porta-enxertos estudados e analisar a adubação fosfatada, pois quantidades menores de adubos, podem ser suficientes para promover o crescimento da planta, para que a associação micorrízica seja uma relação mutualística, beneficiando ambos, a planta e o fungo.

Referências Bibliográficas

JOHNSON, N.C.; GRAHAM, J.H.; SMITH, F.A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. **New Phytologist**, v. 135, p. 575-585, 1997.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625p.:il.

MUCHOVEJ, R.M. Importance of mycorrhizae for agricultural crops. Florida, 2004. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu>. Acessado em: Junho de 2004.

ROCHA, M. B. da; OLIVEIRA, E. de; CORRÊA, G. de C.N. Efeitos de doses de fósforo e fungos MVA no crescimento e nutrição mineral da tangerina 'Cleopatra' (*Citrus reshni* Hort ex Tan) em sementeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 725-731, 1994.

SOARES FILHO, W. dos S.; VILARINHOS, A.D.; CUNHA SOBRINHO, A.P. da; OLIVEIRA, A.A.R.; SOUZA, A. da S.; CRUZ, J.L.; MORAIS, L.S.; CASTRO NETO, M.T. de; GUERRA FILHO, M. dos S.; CUNHA, M.A.P. da; PASSOS, O.S.; MEISSNER FILHO, P.E.; OLIVEIRA, R.P. de. **Programa de melhoramento genético de citros da Embrapa-CNPMP: obtenção de híbridos**. Cruz das Almas, BA: 1997. 17p. (EMBRAPA-CNPMP. Documentos , 74).

SOUZA, E.F. de O.; SOUZA, M. de; OLIVEIRA, E. de. Efeitos de fungos MVA e fósforo na nutrição de limoeiro 'Cravo', pós-repicagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n.8, p. 1141-1146, 1992.

SYLVERTSEN, J.P.; GRAHAM, J.H. Phosphorus supply and arbuscular mycorrhizas increase growth and net gas exchange responses of two Citrus spp. grown at elevated [CO₂]. **Plant and Soil**, v. 208, p. 209-219, 1999.

VALENTINE, A.J.; OSBORNE, B.A.; MITCHELL, D.T. Interactions between phosphorus supply and total nutrient availability on mycorrhizal colonization, growth and photosynthesis of cucumber. **Scientia Horticulturae**, v. 88, p. 177-189, 2000.