CRESCIMENTO DE LIMÃO CRAVO (*Citrus limonia* OSBECK) SOB
INFLUÊNCIA DA INOCULAÇÃO COM FUNGO MICORRÍZICO
VESÍCULO-ARBUSCULAR E DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO

VANDERLEI ANTUNES
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de Con-
centração: Microbiologia Agrícola

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1987

À colega e orientadora
Elke J.B.N. Cardoso, cuja profunda
amizade e eterna compreensão, em
todos os bons e maus momentos,
permitiram a realização deste.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Elke J.B.N.Cardoso, pela sua orientação, amizade e compreensão.

Ao Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes e seus docentes.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Antonio Roque Dechen e Prof.Dr. Quirino A. de C.Carmello, do Departamento de Química da ESALQ pela assistência durante este trabalho.

Ao Prof.Dr. Jorge de Castro Kiehl, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, pelos ensinamentos em química do solo.

Ao Prof.Dr. Celso Soares Moreira, do Departamento de Agricultura e Horticultura, pelos ensinamentos em Citricultura e colaboração prestada.

Ao Prof.Dr. Dêcio Barbin pelas sugestões quanto a análise estatística dos experimentos.

À Dra. Vera Lúcia Ramos Bononi, do Instituto de Botânica (S.P.).

À Estação Experimental de Limeira, Instituto Agronômico, Cordeirópolis, pelas sementes de limão Cravo cedidas.

À pesquisadora Sueli dos Santos Freitas, do Instituto Agrônomo de Campinas, pelo apoio e amizade.

Aos companheiros de trabalho do Laboratório de Microbiologia do Solo da ESALQ, pela amizade e colaboração prestada.

Ao técnico de laboratório Valdemir Aparecido Martinelli, pela grande colaboração e profunda amizade durante todo o decorrer deste trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos Gerais das Associações Micorrízicas	
Vesículo-arbusculares	4
2.2. Eficiência dos fungos Micorrízicos Vesículo-	
arbusculares	11
2.3. Utilização de Fosfatos Naturais	13
2.4. Efeitos das Micorrizas Vesículo-arbusculares em	
Solos não Esterilizados	17
2.5. Micorrizas Vesículo-arbusculares em Citros	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Planta	31
3.2. Solos	31
3.3. Fungo Micorrízico Vesículo-arbuscular	33
3.4. Procedimento	33
3.4.1. Preparo do solo	33
3.4.2. Calagem e adubação	33
3.4.3. Obtenção do inóculo	35
3.4.4. Obtenção dos "seedlings"	35
3.4.5. Inoculação	35

	Página
3.4.6. Colheita	36
3.5. Variáveis Avaliadas	36
3.5.1. Altura	36
3.5.2. Diâmetro do Caule a 10cm do Solo	36
3.5.3. Peso da Matéria seca da Parte Aérea	36
3.5.4. Porcentagem de Colonização Micorrízica	37
3.5.5. Contagem de Esporos	38
3.5.6. Análise Foliar	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Experimento I (Solo esterilizado)	40
4.1.1. Peso da matéria seca da parte aérea	40
4.1.2. Porcentagem de colonização micorrízica	43
4.1.3. Absorção de P e K	44
4.1.4. Número de esporos no solo rizosférico	46
4.1.5. Altura e diâmetro das plantas	47
4.2. Experimento II (Solo não esterilizado)	47
4.2.1. Peso da matéria seca da parte aérea	47
4.2.2. Porcentagem de colonização	49
4.2.3. Absorção de P e K	49
4.2.4. Número de esporos no solo rizosférico	50
4.2.5. Altura e diâmetro das plantas	50
5. CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Análise química e granulométrica do solo Areia Quartzosa - Série Paredão Vermelho	32
2	Peso da matéria seca da parte aérea das plantas, em g, em solo esterilizado com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	51
3	Porcentagem de colonização das raízes das plantas em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	52
4	Efeito da associação MVA no teor de P na parte aérea das plantas, em solo esterilizado com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	53
5	Efeito da associação MVA na quantidade de P na parte aérea das plantas (em mg), em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	54
6	Efeito da associação MVA no teor de K na parte aérea das plantas, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	55

Tabela nº

Página

7	Efeito da associação MVA na quantidade de K na parte aérea das plantas (em mg), em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	56
8	Número de esporos por 50ml de solo rizosférico esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	57
9	Altura das plantas, em cm, 1 mês e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	58
10	Altura das plantas, em cm, 2 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	59
11	Altura das plantas, em cm, 3 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado com adição de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	60
12	Altura das plantas, em cm, 4 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de fosfato (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	61

Tabela nº

Página

13	Altura das plantas, em cm, 5 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	62
14	Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 4 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	63
15	Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 5 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) e fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	64
16	Peso da matéria seca da parte aérea das plantas, em g, em solo não esterilizado, com adição de fósforo solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	65
17	Porcentagem de colonização das raízes das plantas em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) e fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	66

Tabela nº

Página

18	Efeito da associação MVA no teor de P na parte aérea das plantas, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	67
19	Efeito da associação MVA na quantidade de P na parte aérea das plantas (em mg), em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	68
20	Efeito da associação MVA no teor de K na parte aérea das plantas, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	69
21	Efeito da associação MVA na quantidade de K na parte aérea das plantas (em mg), em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	70
22	Número de esporos por 50ml de solo rizosférico não esterilizado, com adição de doses crescentes de fósforo solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	71
23	Altura das plantas, em cm, 1 mês e meio após a inoculação em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições) ...	72

24	Altura das plantas, em cm, 2 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	73
25	Altura das plantas, em cm, 3 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	74
26	Altura das plantas, em cm, 4 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	75
27	Altura das plantas, em cm, 5 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	76
28	Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 4 meses e meio após a inoculação em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	77
29	Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 5 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)	78

CRESCIMENTO DE LIMÃO CRAVO (*Citrus limonia* OSBECK) SOB
INFLUÊNCIA DA INOCULAÇÃO COM FUNGO MICORRÍZICO
VESÍCULO-ARBUSCULAR E DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO

Autor: Vanderlei Antunes

Orientadora: Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso

RESUMO

Dois experimentos com limão Cravo foram instalados em casa de vegetação em esquema fatorial $4 \times 2 \times 2$, quatro doses crescentes de fósforo (0, 50, 100 e 200ppm de P), com fosfato solúvel ou natural de rocha e com ou sem inoculação do fungo micorrízico *Glomus leptotichum*. No primeiro experimento foi utilizado solo esterilizado e no segundo solo não esterilizado. As plantas foram colhidas 6 meses após o transplante da caixa de germinação para os vasos, avaliando-se peso de matéria seca da parte aérea; porcentagem de colonização radicular, absorção de P e K, número de esporos no solo, altura e diâmetro das plantas.

Em solo esterilizado, observou-se um significativo aumento da produção de matéria seca e do conteúdo de nutrientes minerais devido à inoculação com o fungo MVA nas doses de 0 e 50ppm de P solúvel e em todas as doses de fosfato natural de rocha. Na dose de 100ppm de P solúvel houve equivalência no desenvolvimento das plantas com e sem micorri-za e na dose de 200ppm as plantas não inoculadas superaram as inoculadas, havendo ainda uma diminuição na colonização de raízes e esporulação do fungo MVA nesta maior dose.

Os dados de altura e diâmetro das plantas apresentaram uma grande variabilidade não sendo analisados estatisticamente. Notou-se porém que as plantas inoculadas na dose de 200ppm de P solúvel, apresentaram um menor desenvolvimento do que na dose de 100ppm de P.

No segundo experimento, com solo não esterilizado, não foram observados benefícios da inoculação com *G. leptotichum*. Houve efeito apenas na dose de 50ppm de P solúvel, não ocorrendo incrementos nas doses mais elevadas ou com fosfato de rocha. Os endófitos predominantes neste solo foram *Glomus macrocarpum* e *Scuttelospora pellucida*.

GROWTH OF RANGPUR LIME (*Citrus limonia* OSBECK) AS
INFLUENCED BY INOCULATION WITH VESICULAR-ARBUSCULAR
MYCORRHIZAL FUNGUS AND PHOSPHORUS APPLICATION

Author: Vanderlei Antunes

Adviser: Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso

SUMMARY

Two greenhouse experiments were installed, one with sterilized and the other with natural soil, combining four phosphate levels (0, 50, 100 and 200ppm P), supplied either as soluble P or as rock phosphate, with or without inoculation of *Glomus leptotichum*. Six months after transplanting from the seedbed to the pots, the plants were harvested and the shoot dry weight, P and K uptake, root colonization and number of spores were determined. Shoot height and stem diameter were also monthly determined.

In sterilized soil there was a significant increase in dry matter yield as well as in P and K contents due to VAM inoculation at the 0 and 50ppm soluble P levels and at all rock phosphate levels. At 100ppm soluble P the development of mycorrhizal plants was equivalent and at 200ppm it was lesser than non-mycorrhizal plants. There was also less root colonization and sporulation. Height and diameter data were not statistically analyzed due to the great variability presented.

In natural soil there were responses to VAM inoculation only at the 50ppm soluble P level.

No further increases were obtained with higher soluble P levels or with rock phosphate. The prevalent endophytes in this soil were *Glomus macrocarpum* and *Scuttelospora pellucida*.

1. INTRODUÇÃO

Um grande número de experimentos com associações micorrízicas vesículo-arbusculares (MVA) tem revelado sua importância em promover maior desenvolvimento das plantas, como se pode verificar pelas revisões de MOSSE (1981) e LOPES *et alii* (1983). Este maior desenvolvimento promovido por tais associações deve-se principalmente ao aumento na absorção de nutrientes pela planta, permitindo assim, uma melhor condição nutricional da mesma.

A absorção de íons do solo pelas plantas é governada por dois fatores principais: a transferência de íons através do solo e o poder de absorção da raiz. Íons como NO_3^- , SO_4^{--} e Ca^{++} podem se mover rapidamente através do solo até a raiz por fluxo de massa. Outros, como H_2PO_4^- , Zn^{++} e Cu^{++} são de baixa mobilidade e movem-se até a raiz por difusão, resultando em baixa absorção pelas raízes. Esta, porém, pode ser aumentada se os íons forem transportados rapidamente através de hifas fúngicas, como é o caso das associações MVA. (COOPER, 1984).

Tem-se observado que o fósforo parece ser o nutriente mais importante envolvido nas respostas de crescimento causadas pelas associações MVA, sendo encontrado em maiores concentrações nas plantas micorrizadas do que nas plantas não micorrizadas (ABBOTT e ROBSON, 1984). Os solos brasileiros principalmente aqueles sob vegetação de cerrado, são extremamente pobres em fósforo, além de apresentarem o fenômeno de "fixação" do mesmo. Desta maneira, grandes quantidades de adubos fosfatados são necessárias para uma boa produção agrícola (VOLKWEISS e RAIJ, 1976). Nestas condições, a utilização adequada de fungos MVA pode ser de alto interesse, pela redução dos gastos com fertilizantes (LOPES e SIQUEIRA, 1981), havendo, ainda, a alternativa de utilização de fosfato natural de rocha, que tem mostrado bons resultados quando em associações com fungos micorrízicos VA (CARDOSO, 1986).

Devido, porém, à impossibilidade de produção de inóculo em larga escala, a utilização de fungos MVA torna-se mais aplicável para plantas perenes que passam por um estágio de produção de mudas em viveiro. Desta maneira, necessita-se de uma pequena quantidade de inóculo para que um grande número de plantas seja inoculado, as quais posteriormente ocuparão grandes áreas no campo (MOSSE, 1981).

Entre essas plantas destacam-se as cítricas as quais, provavelmente pelas características de seu sistema radicular, são altamente dependentes das associações micorrízicas para um bom desenvolvimento (ABBOTT e ROBSON, 1984). Tal importância das associações MVA para citros tem sido evidenciada por vários experimentos (MENGE *et alii*, 1978; GRAHAM e SYVERTSEN, 1984; CARDOSO *et alii*, 1986).

Porém, muitos experimentos com fungos MVA em citros são realizados em solo esterilizado, não se sabendo quais seriam as respostas em solo não esterilizado. Assim, no Brasil, a produção de mudas cítricas até o momento é feita em solo não esterilizado.

Devido à grande importância da citricultura para o Brasil, a qual se baseia principalmente no porta-enxerto limão Cravo (RODRIGUES e VIEGAS, 1980), ao alto custo dos fosfatos industrializados e à nossa grande reserva de fosfatos naturais (LOMBARDI, 1981), é de alto interesse o estudo das associações micorrízicas vesículo-arbusculares em citros, utilizando-se tal fonte de fósforo.

Assim sendo, através da inoculação de um fungo MVA previamente selecionado por CARDOSO *et alii* (1986) para limão Cravo, em condições de solo esterilizado (Experimento I) ou não esterilizado (Experimento II), com diferentes fontes e doses de fósforo, os presentes experimentos tiveram como principal objetivo a redução no tempo de produção da muda, assim como uma menor utilização de fertilizantes fosfatados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos Gerais das Associações Micorrízicas Vesículo-arbusculares

O termo micorriza (do grego: mike = fungo; rhiza = raiz) é empregado genericamente para referir-se a pelo menos cinco tipos de associações simbióticas entre espécies de fungos e plantas, que se estabelecem ao nível das raízes (LEWIS, 1975). Entre os tipos de micorrizas conhecidos, a vesículo-arbuscular (MVA) ou endomicorriza, é a mais comum, estando amplamente dispersa nos mais variados ambientes, associada a uma vasta gama de plantas (Schlicht, 1889, citado por RHODES e GERDEMANN, 1980). Os fungos MVA estão entre os mais encontrados na rizosfera (MOSSE, 1959), colonizando desde briófitas até a grande maioria das Angiospermas (GERDEMANN, 1968). Esse autor sugere, ainda, que o tecido da planta é colonizado mais por fungos MVA do que por qualquer outro grupo de fungos.

A taxonomia dos fungos endomicorrízicos é complexa, sendo baseada somente nas características dos esporos e de suas hifas de sustentação, uma vez que até o momento não foi possível cultivá-los em cultura axênica (ALLEN *et alii*, 1979). TRAPPE e SCHENCK (1982) incluem todos os

fungos micorrízicos VA na família Endogonaceae, da ordem Endogonales, Zigomicetos.

Em condições favoráveis, os esporos destes fungos endomycorrízicos germinam, e o tubo de germinação, crescendo, pode entrar em contacto com uma raiz suscetível, formar um apressório e penetrar na epiderme e no córtex, tanto intra como intercelularmente. As hifas externas formadas crescem pela superfície da raiz e penetram-na várias vezes, sendo isso de grande importância, uma vez que representam o número máximo de conexões entre o micélio na raiz e o solo, através das quais ocorre a translocação de nutrientes (RHODES e GERDEMANN, 1980).

Dentro da raiz a hifa pode ramificar-se dicotomicamente, dando origem aos arbúsculos. Tanto as hifas internas como as externas podem ainda dar origem às vesículas, que são estruturas globosas contendo óleo, sendo aparentemente estruturas de reserva do fungo (RHODES e GERDEMANN, 1980).

BAYLIS (1975) relacionou o número de pêlos absorventes das plantas com o estabelecimento da micorriza. Observou que plantas com menor número de pêlos absorventes, ou aquelas em que os mesmos são mais curtos, são mais dependentes dos fungos MVA.

Todas as espécies de fungos micorrízicos parecem ser sim-biontes obrigatórios; porém, em contraste com a maioria dos parasitas obri-gatórios, apresentam uma enorme gama de hospedeiros, habitando várias á-reas geográficas (RHODES e GERDEMANN, 1980).

Muitos trabalhos têm demonstrado os mais variados efeitos de tais associações sobre o desenvolvimento das plantas, como se pode

observar pelas revisões de literatura de MOSSE (1963); NICOLSON (1967); GERDEMANN (1968); MOSSE (1973); MOSSE e HAYMAN (1980) e LOPES *et alii* (1983). Entre esses efeitos, o da absorção de fósforo parece ser o mais envolvido nas respostas de desenvolvimento das plantas, sendo esse nutriente encontrado em maiores concentrações em plantas micorrizadas que em plantas não micorrizadas (MOSSE, 1973; GERDEMANN, 1975; TINKER, 1975).

MOSSE (1957) foi a primeira a comparar a composição mineral entre plantas micorrizadas e não micorrizadas, observando uma melhor nutrição das primeiras. Segundo GERDEMANN (1968), alguns autores, usando ^{32}P , observaram que trevo e cebola micorrizados absorveram duas vezes mais fósforo do que quando não estavam micorrizados. Mostraram, por meio de auto-radiografia, que porções micorrizadas das raízes eram mais radioativas, e que a radioatividade era concentrada em estruturas fúngicas, o que evidencia que os fungos endomicorrízicos são diretamente responsáveis pelo aumento na absorção de fósforo.

Devido à adsorção dos íons fosfato às partículas do solo, a sua difusão ao longo de um gradiente de concentração se torna muito lenta. A absorção de fósforo pelas raízes, principalmente em solos deficientes nesse elemento, é mais rápida do que a sua reposição na solução do solo, resultando numa zona de depleção de alguns milímetros ao redor da raiz. Em tais solos, a lenta difusão e a consequente zona de depleção são os fatores mais importantes que controlam a absorção de fósforo pela planta. Assim sendo, as associações endomicorrízicas têm seu papel ultrapassando a zona de depleção e permitindo maior absorção desse elemento (MOSSE, 1973).

COPACCIO *et alii* (1982), estudando o metabolismo das enzimas do polifosfato em micorrizas, sugeriram que as polifosfatases têm um papel significante no metabolismo do fósforo, uma vez que a atividade da exopolifosfatase foi duas vezes maior em raízes micorrizadas de cebola, e sua atividade foi qualitativamente diferente das raízes não infectadas, nas quais ocorreu maior atividade da endofosfatase. Esses mesmos autores detectaram a atividade da enzima polifosfatoquinase, assumindo que a mesma seja originária do fungo, tendo um papel relevante na transferência de glucose do hospedeiro ao endófito. No entanto, tal enzima foi também encontrada em hifas externas, onde obviamente tal papel seria menos significante.

Apesar de se dar maior importância à absorção de fósforo pelos fungos endomicorrízicos, estes podem também alterar a absorção de outros nutrientes, tanto como um efeito direto da micorriza quanto um efeito secundário devido às mudanças na concentração de fósforo na planta hospedeira (RHODES e GERDEMANN, 1980). GILMORE (1971) notou que plantas de pêssego apresentavam sintomas de deficiência de zinco quando não eram inoculadas com fungos micorrízicos, enquanto que plantas inoculadas não apresentavam tal deficiência e tinham 2 a 3 vezes mais zinco que as testemunhas. Já foi também observado que trigo e cevada micorrizados absorveram mais brometo e cloreto do que plantas não micorrizadas, porém as concentrações de iodeto foram pequenas e inconsistentes (BUWALDA *et alii*, 1983). SAFIR *et alii* (1971) observaram um outro efeito das associações endomicorrízicas, o qual diminui a resistência das raízes ao transporte da água. Foi sugerido que isso deveria ocorrer devido à maior facilidade de absorção de nutrientes pela planta, uma vez que um aumento na adubação fosfatada

provocava o mesmo fenômeno (SAFIR *et alii*, 1972). Por outro lado, LEVY e KRIKUN (1980) não aceitaram essa hipótese e julgaram que o efeito das associações endomicorrízicas no transporte de água está no balanço hormonal raiz-parte aérea.

SCHENCK (1981) observou que as associações MVA têm sua influência também nas doenças de plantas. Porém os resultados das interações micorriza x patógenos são variáveis, dependendo da espécie de fungo MVA, da concentração do inóculo do patógeno, do estado nutricional da planta, entre outros (SCHENCK e KELLAM, 1978).

Outra importância dos fungos endomicorrízicos foi observada por Asai (1948), citado por MOSSE (1973), segundo a qual a micorriza seria uma pré-condição necessária para uma efetiva nodulação em muitas leguminosas.

Um outro aspecto interessante é a transferência de nutrientes de uma planta à outra através de uma associação micorrízica compartilhada pelas mesmas. Os resultados obtidos por WHITTINGHAM e READ (1982) evidenciam que a infecção micorrízica forma interconexões funcionais entre plantas novas e adultas, ocorrendo transporte de nutrientes suficiente para promover respostas de crescimento.

Foi observado também que o entrelaçamento de hifas dos fungos MVA em associação com as plantas pode favorecer a agregação de partículas de solo (SUTTON e SHEPPARD, 1976), o que ainda pode estar associado a polissacarídeos produzidos possivelmente por outros microrganismos associados às hifas dos fungos (TISDALL e OADES, 1979).

Vários fatores, porém, influem no efeito das associações micorrízicas VA sobre as plantas. Segundo HAYMAN (1975), STRZEMSKA (1975) e KRUCKELMANN (1975), tanto os níveis de fertilidade do solo como as culturas causam diferenças qualitativas e quantitativas no comportamento dos fungos endomicorrízicos do solo. Estrutura do solo, valor de pH, diferenças sazonais e micofrofismo a fungos endomicorrízicos, são fatores que influem na colonização micorrízica.

Tanto em experimentos de campo como em vasos, grandes quantidades de nutrientes diminuem a colonização micorrízica. Altas concentrações de fósforo na planta parecem torná-la imune à colonização. A inibição de colonização em meio contendo muito fosfato é mais um resultado de mudança no metabolismo da planta do que um efeito direto sobre o fungo (MOSSE, 1972a). RATNAYAKE *et alii* (1978) admitiram a hipótese de que a inibição da associação micorrízica em condições de alta concentração de fósforo na planta deve-se à diminuição da permeabilidade da membrana, diminuindo a exsudação radicular. Com baixas concentrações de fósforo há uma diminuição de fosfolipídeos no tecido radicular, aumentando a permeabilidade da membrana. Dessa forma, em altas concentrações de fósforo os metabólitos requeridos para que se inicie a germinação dos esporos e colonização micorrízica não são exsudados em quantidades suficientes. A inibição da colonização micorrízica em presença de altas doses de fósforo foi também observada em mandioca, planta altamente exigente nesse nutriente, por HOWELLER *et alii* (1982).

Segundo RHODES e GERDEMANN (1980), a concentração de P na planta influi mais na colonização micorrízica do que a concentração de P

no solo. SANDERS (1975) observou que cebola tinha sua colonização endomicorrízica diminuída quando recebia adubação foliar com fósforo.

Resultados que confirmam tal teoria foram obtidos por MENGE *et alii* (1978) mantendo a metade do sistema radicular de sorgo num meio pobre em P e a outra num meio rico nesse elemento. As raízes do meio pobre em P tiveram tão pouca infecção quanto as do outro meio.

Se o alto nível de P causa uma diminuição do micélio interno, provavelmente ocorre o mesmo com o micélio externo. Esse fato não seria de importância quanto à absorção de P, uma vez que é a alta concentração desse nutriente na planta que está causando a supressão da infecção, porém prejudicaria a transferência de outros íons cuja absorção também é favorecida pela associação micorrízica (RHODES e GERDEMANN, 1980).

RHODES *et alii* (1978) cultivaram cebola com e sem colonização micorrízica, com dois níveis de P no solo (45 e 97ppm). A 4,5cm das raízes colocou-se ^{32}P ou ^{65}Zn . Plantas mantidas no nível mais baixo de P apresentaram alta colonização e absorveram os dois elementos, porém as mantidas no nível mais alto de P foram pouco colonizadas e, assim como as não micorrizadas, não absorveram ^{32}P e ^{65}Zn .

A temperatura do solo também tem influência na eficiência endomicorrízica em soja (SCHENCK e SMITH, 1982).

Um outro fator que influi nas associações endomicorrízicas é o fotoperíodo, conforme observado por FERGUSON e MENGE (1982).

2.2. Eficiência dos Fungos Micorrízicos Vesículo-arbusculares

O termo "especificidade" nas relações entre hospedeiro e microrganismo abrange uma série de conceitos desde a especificidade hospedeira (restrição de um microrganismo a uma ou várias plantas hospedeiras) até a eficiência (grau de vantagem, seja nutricional ou outra qualquer, causada pela associação) (MOSSE, 1975).

Existem porém poucas evidências de especificidade hospedeira com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares, havendo no entanto evidências de que certas espécies de fungos MVA são preferencialmente associadas com certas espécies de plantas (MOSSE, 1975).

MOSSE (1973) apresenta um quadro resumo mostrando os efeitos diferenciais de diferentes fungos MVA em várias plantas.

Entretanto, MOSSE (1972a) notou evidências de diferentes graus de eficiência e especificidade em fungos MVA, os quais variavam com a correção do pH do solo, concluindo que a eficiência endomicorrízica é de terminada mais por interações entre fungo e solo do que fungo e hospedeiro.

Num outro experimento, MOSSE (1972b) observou que a ordem de eficiência micorrízica diferia com alteração de valores de pH, sendo que não se soube se o efeito da calagem foi devido ao fato de mudanças dos valores de pH afetarem diretamente o desenvolvimento do fungo ou a disponibilidade de P, ou ainda se houve também algum efeito do cálcio. Outra observação interessante foi que a eficiência de uma espécie não estava necessariamente relacionada a uma alta intensidade de colonização.

ANTUNES e CARDOSO (1983) observaram efeitos de eficiência endomicorrízica e diferenças quanto à colonização e esporulação, quando trabalharam com fungos, solos e hospedeiros diferentes. Isso também havia sido observado por POWELL e DANIEL (1978), que obtiveram relações complexas entre espécies de fungos endomicorrízicos introduzidas e espécies nativas, em trevo branco e centeio, ao usarem diferentes solos, sendo que a eficiência dos fungos variava com o tipo de solo, e que o número de pontos de infecção entre fungo e raízes também diferia, não estando porém relacionado às quantidades de P absorvidas. Pôde observar ainda que a eficiência de uma espécie variava em relação a outras em um dos solos testados, à medida em que se faziam colheitas sucessivas, o que foi também observado por POWELL e DANIEL (1978).

O mesmo autor (POWELL, 1982) selecionou três espécies eficientes de fungos endomicorrízicos, comparando a eficiência de espécies nativas provenientes de 20 locais com *Glomus fasciculatum*.

No Brasil, LOPES (1980) observou diferenças na eficiência de diferentes fungos MVA associados a café, o que foi posteriormente observado por ANTUNES *et alii* (dados em publicação), usando-se diferentes tipos de solo.

SPARLING e TINKER (1978) observaram que diferentes espécies endomicorrízicas diferem quanto à sensibilidade a doses de fósforo, sugerindo que esse fator também deve ser de grande importância na introdução de espécies selecionadas em solo natural no campo.

Foi constatado por CLARKE e MOSSE (1981) que, em condição de deficiência de fósforo, qualquer fungo MVA pode aumentar o desenvolvimento

das plantas, principalmente se a colonização ocorrer logo no início do ciclo da cultura. Em tais condições, o aumento no desenvolvimento das plantas pode ser controlado mais pela quantidade de P disponível do que pela espécie de fungo MVA. Porém, num solo mais fértil, o fungo a ser introduzido deve ser mais cuidadosamente selecionado para uma boa adaptação ao solo e à planta.

Segundo CRUSH (1976), a seleção e introdução de endófitos com capacidade mutualística é de interesse mesmo em condição de alta fertilidade. Uma vez estabelecida a infecção de um fungo eficiente, mesmo que em poucas raízes, este rapidamente compete com outros menos eficientes existentes no solo (POWELL e DANIEL, 1978).

2.3. Utilização de Fosfatos Naturais

A correção da deficiência de fósforo em solos ácidos, de baixa fertilidade e pobres em fósforo, como grande parte dos solos brasileiros, exige grandes quantidades de fósforo, devido à forte fixação desse elemento. Estes apresentam uma propriedade chamada comumente de "fixação de fósforo", que consiste na retenção do elemento em compostos sólidos, onde o mesmo se torna pouco disponível. O problema pode ser resolvido pela incorporação ao solo de elevadas quantidades de fosfatos. Tal solução, contudo, pode não ser economicamente viável, principalmente se forem utilizados fosfatos industrializados (VOLKWEISS e RAIJ, 1976). Os aumentos dos preços de fertilizantes fosfatados solúveis, principalmente após 1974, a dependência do país dos produtos importados e a descoberta de novas jazidas de fosfatos naturais, induzem a intensificação de estudos com o

objetivo de utilizar os fosfatos naturais como fonte alternativa de suprimento de fósforo para as plantas (OLIVEIRA *et alii*, 1984).

A fosfatagem, a qual consiste em adubações pesadas com fosfatos naturais, é praticada em algumas regiões com o objetivo de elevar o teor de fósforo no solo, pelo seu efeito lento e residual (LOMBARDI, 1981). Porém, a utilização de fosfatos naturais na forma bruta é muito restrita devido à sua baixa solubilidade. Constituem-se assim, em matéria-prima para a fabricação dos superfosfatos e são usados também em pequena escala para misturas com os mesmos para o seu aproveitamento através de sua lenta solubilização no solo (MALAVOLTA, 1959).

Paralelamente, nos últimos anos, tem-se intensificado a exploração dos solos sob cerrado, em virtude de seus preços e da topografia favorável à mecanização. Todavia, limitações de natureza edáfica impedem o cultivo desses solos sem as correções adequadas. Entre essas limitações está a baixa disponibilidade de fósforo. Entretanto, os baixos níveis de P e Ca, a acidez elevada e a alta capacidade de "fixação" de P por eles apresentados, são condições que permitem uma maior eficiência de utilização de fosfatos de rocha de baixa solubilidade (NOVELINO *et alii*, 1985).

A fim de se comprovar se fungos endomicorrízicos tinham ação na solubilização de fosfatos insolúveis, fizeram-se experimentos usando ^{32}P . Determinou-se a atividade específica das plantas, ou seja, a relação $^{32}\text{P}/^{31}\text{P}$, sabendo-se que, se as associações endomicorrízicas tivessem a capacidade de solubilização de fontes de fósforo menos solúveis, essa relação teria que ser menor nas plantas micorrizadas, uma vez que o ^{32}P só é trocável com fontes lábeis de P no solo. Isso, porém, não ocorreu, sendo

que tanto as plantas micorrizadas como as não micorrizadas apresentaram as mesmas atividades específicas (SANDERS e TINKER, 1971; HAYMAN e MOSSE, 1972; POWELL, 1975; GIANINAZZI-PEARSON *et alii*, 1981).

No entanto, HAYMAN e MOSSE (1972) observaram que as associações endomicorrízicas também promovem um maior desenvolvimento das plantas quando se usa fosfato de baixa solubilidade. Uma possível explicação para isso é que raízes micorrizadas, em virtude da presença das hifas externas do fungo, apresentam uma maior área de contato com superfícies onde íons de fosfatos estão se dissociando quimicamente. Assim sendo, se esses íons são mais eficientemente absorvidos pelas hifas externas do fungo, mais íons se dissociam quimicamente para restaurar o equilíbrio da solução. Esse seria o principal ponto, uma vez que o fator limitante na absorção de fósforo não se refere à habilidade da raiz em absorvê-lo, e sim à habilidade do mesmo em atingir a superfície de absorção devido à sua baixa mobilidade no solo.

Devido à grande ocorrência de solos deficientes em fósforo em países em desenvolvimento, onde o custo e a rápida "fixação" de fertilizantes solúveis inibem seu uso, MOSSE *et alii* (1976) testaram os efeitos combinados de inoculação com fungos micorrízicos e fosfato de rocha no desenvolvimento das plantas em solos ácidos, neutros e alcalinos da Inglaterra, Brasil e Belize. Muitos experimentos haviam mostrado que em solos ácidos a adição de fosfato de rocha aumenta o desenvolvimento de algumas plantas, o que não ocorre em solos neutros ou alcalinos. A associação endomicorrízica não alterou essa relação. Em solos ácidos, a adição de fosfato de rocha aumentou a absorção de fósforo, a qual foi ainda grandemente

aumentada pela associação micorrízica. Nos solos neutros e alcalinos, no entanto, o fosfato de rocha permaneceu indisponível, tanto às plantas micorrizadas como às não micorrizadas.

MURDOCH *et alii* (1967) não observaram diferença no desenvolvimento de milho quando se usou superfosfato, entre plantas micorrizadas ou não; porém, quando se usou fosfato de rocha, observaram diferenças tanto em peso da matéria seca como em absorção de fósforo. Ou seja, com fontes prontamente disponíveis, praticamente não houve benefícios da associação micorrízica, ocorrendo o inverso com fontes menos disponíveis de fósforo.

Em trabalho com duas leguminosas (*Stylosanthes guianensis* e *Desmodium intortum*) e duas gramíneas (*Cenchrus ciliaries* e *Paspalum plicatulum*), CABALA-ROSAND e WILD (1982) estudaram o efeito do fosfato de rocha Patos de Minas associado à inoculação com o fungo micorrízico *Glomus fasciculatum* tipo E3, num solo da Bahia. Observaram que somente as leguminosas foram beneficiadas pela associação micorrízica, o que deve ter ocorrido provavelmente pelo seu menor sistema radicular, uma vez que a micorriza aumenta a superfície de contato da raiz com o solo.

Um outro aspecto estudado é a interação entre associação endomicorrízica, nodulação e fosfato de rocha em leguminosas (MOSSE *et alii*, 1976, MOSSE, 1977). ANTUNES *et alii* (1983) obtiveram resposta positiva à associação micorrízica, no peso de matéria seca de nódulo de soja, usando-se fosfato de rocha como única fonte de fósforo. CARDOSO (1986), trabalhando com soja, observou incrementos máximos de produção nos tratamentos com fosfato Alvorada e micorriza.

Muitos outros experimentos têm mostrado resultados promissores através da utilização de fosfatos naturais, desde que em associação com fungos micorrízicos VA, tornando-se esta uma alternativa para a economia da produção agrícola, principalmente para solos pobres em fósforo, como os solos do Brasil (MOSSE, POWELL e HAYMANN, 1976; NYABYENDA (1977); POWELL e DANIEL (1978); PAIRUNAN *et alii* (1980)).

2.4. Efeitos das Micorrizas Vesículo-arbusculares em Solo não Esterilizado

A maioria dos trabalhos com micorrizas é realizada em solo esterilizado a fim de se eliminar a população micorrízica nativa. Normalmente em condições naturais, a maioria das plantas encontra-se colonizada por fungos MVA nos mais diversos ambientes (GERDEMANN, 1968; HAYMAN, 1975) necessitando-se, assim, para um maior desenvolvimento das culturas, da introdução de endófitos mais eficientes ou com uma infectividade muito maior do que as nativas. Com isso ressalta-se a dúvida de quais seriam os resultados de experimentos com micorriza em solo natural, levando à realização de alguns estudos nessas condições.

MOSSE (1973) apresenta um resumo do comportamento de diversas plantas em solo natural, mostrando haver uma menor resposta à inoculação. A mesma autora, em 1977, apresenta uma outra série de observações com *Stylosanthes guyanensis* em 11 tipos de solo não esterilizados e inoculados com fungos MVA na presença de fosfato natural. Foi observado nesses experimentos que o aumento no desenvolvimento das plantas foi inversamente relacionado com a colonização micorrízica por fungos nativos. No entanto,

a inoculação teve uma certa resposta positiva, mesmo em solos bem supridos de fungos MVA nativos, possivelmente devido ao fato de os introduzidos terem sido mais eficientes ou menos afetados pelo fosfato adicionado.

CRUSH (1974), trabalhando com trevo branco, não constatou efeito benéfico da inoculação com fungo MVA em solo natural, sendo que no solo utilizado encontravam-se endófitos eficientes para tal planta.

POWELL (1977) observou efeitos benéficos da inoculação de fungo MVA ou da utilização de plantas pré-inoculadas e transplantadas para solo natural, superando em cerca de 100% o efeito dos endófitos nativos.

Utilizando dois fungos MVA e diferentes doses de superfosfato em trevo, ABBOT e ROBSON (1977) obtiveram aumentos de até 170% no desenvolvimento das plantas.

BAGYARAJ *et alii* (1979) obtiveram respostas positivas na nodulação e fixação de N_2 , em trabalho com soja, em solo natural e com inoculação de fungo MVA.

Em solo de cerrado, MIRANDA (1982) observou que em níveis muito baixos de P, nem a população nativa de fungo MVA nem a introduzida beneficiavam o desenvolvimento de sorgo e soja em solo natural.

Recentemente, CARDOSO (1986) avaliou o efeito da introdução de diferentes fungos MVA em três tipos de solos naturais ou esterilizados, sobre o desenvolvimento da soja. Em condições de solo natural observou benefícios dos fungos introduzidos somente em dois tipos de solos.

2.5. Micorrizas Vesículo-arbusculares em Citros

Rayner (1933, 1935), citado por REED e FREMONT (1935), e estes últimos autores, observaram a grande ocorrência de fungos MVA em pomares de citros do sul da Califórnia, e a consideraram importante no metabolismo normal das raízes. Posteriormente, Miller (1936), citado por MARX *et alii* (1971), discordando das conclusões de REED e FREMONT (1935), afirmou que os endófitos eram prejudiciais ao normal metabolismo das raízes. Neill (1944), também citado por MARX *et alii* (1971), encontrou fungos endomicorrízicos associados a raízes de todas as variedades de citros da Nova Zelândia, Austrália e Ilhas Cook, concluindo que estes não eram nem benéficos nem prejudiciais às plantas.

Devido a essa controvérsia sobre o efeito dos fungos MVA em citros, MARX *et alii* (1971) estudaram o efeito de *Glomus mosseae* em solo esterilizado no crescimento de limão Rugoso e laranja Azeda. Observaram aumentos pronunciados no desenvolvimento de limão Rugoso e, em menor grau, na laranja Azeda. Baseados nestes dados e em dados anteriores, os autores atribuíram às raízes micorrizadas o papel de raízes alimentadoras dos citros.

Paralelamente, em viveiros de citros da Califórnia e da Flórida onde o solo era fumigado, observou-se que as plantas se apresentavam cloróticas e com desenvolvimento reduzido. Tais sintomas, que surgiram com o início da prática de fumigação do solo na produção de mudas cítricas dos Estados Unidos, foram inicialmente atribuídos à toxicidade do solo, provocada pela fumigação, a qual visava a exterminação de patógenos

(KLEINSCHMIDT e GERDEMANN, 1972). Estes autores observaram porém, que a inoculação do fungo micorrízico *Glomus mosseae* em solo fumigado ou tratado com vapor, provocava a perda dos sintomas anteriormente observados. Tal evidência indicou que a principal causa do mal desenvolvimento das mudas em solo esterilizado era a nutrição inadequada em consequência da morte dos fungos MVA nativos durante a fumigação.

A partir dessas evidências, muitos trabalhos começaram a ser realizados com micorrizas em citros. Para avaliar o efeito de fungos MVA em citros, SCHENCK e TUCKER (1974) testaram o efeito de *Endogone calospora* e *macrocarpum* em diferentes porta-enxertos, em solo esterilizado no campo e em casa de vegetação. Puderam observar que *Endogone calospora* aumentou significativamente o desenvolvimento dos "seedlings" em casa de vegetação, mas não no campo, ao passo que *Glomus macrocarpum* também promoveu um maior desenvolvimento dos "seedlings" transplantados para o campo, o que não pôde ser devidamente esclarecido.

HATTINGH e GERDEMANN (1975) avaliaram o efeito da inoculação em laranja Azeda, com o fungo MVA *Glomus fasciculatum* através da peletização das sementes, tanto em casa de vegetação como no campo, em solo fumigado com brometo de metila. Nas duas condições observaram-se efeitos benéficos da associação micorrízica no desenvolvimento das plantas, indicando ser a inoculação de sementes um método prático para obtenção de citros micorrizados em solo esterilizado.

O efeito de três espécies endomicorrízicas do gênero *Glomus* foi avaliado em seis porta-enxertos para citros. Quando não se adicionou fósforo, houve aumentos de 21, 8 e 6 vezes no desenvolvimento dos

"seedlings" ocasionados pelas três espécies. Com adição de fósforo esse aumento foi menor. Observou-se, também, que os seis porta-enxertos mostraram diferenças quanto à dependência micorrízica e que esta era inversamente proporcional à capacidade de produção de raízes pela planta (NEMEC, 1978).

WEIR *et alii* (1978) observaram que em solo tratado com vapor, o crescimento de limão Rugoso (*Citrus jambhiri*) foi muito menor do que em solo não tratado, em doses baixas de P, o que não ocorreu em doses maiores. O crescimento das plantas em solos não tratados com vapor foi correlacionado com a percentagem de colonização (76% em média), enquanto em solo tratado não se observou colonização.

Em um ensaio com diferentes porta-enxertos, em solo fumigado ou não, NEMEC e PATTERSON (1979) estudaram o efeito de *Glomus etunicatum* e *Glomus mosseae*, em diferentes locais. Observaram que em geral não houve resposta à inoculação em solos não fumigados devido à ação dos fungos MVA nativos, ou então a resposta foi muito menor, em comparação com a inoculação em solos fumigados.

"Seedlings" de citros, inoculados com *Glomus etunicatum* e transplantados para o campo, cresceram duas vezes mais do que plantas não inoculadas, em solo fumigado. Apresentaram também diferentes respostas à micorriza, sendo que os porta-enxertos laranja Azeda e tangerina Cleópatra foram mais beneficiados do que Carrizo citrange (MAHONEY e NEMEC, 1979).

Devido às diferenças na eficiência das espécies de fungos MVA em promover o desenvolvimento das plantas, MCGRAW e SCHENCK (1980) avaliaram os efeitos de *Glomus epigaeum*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatum*,

G. macrocarpum, *G. microcarpum* e *G. mosseae*, em laranja Azeda. As três primeiras espécies foram as mais eficientes, resultando em 100, 50 e 50% de aumento na altura das plantas, respectivamente. Tais percentagens de aumento foram associadas com o nível de colonização de cada espécie endomycorrizica.

TANG e WAN (1980), num trabalho com três porta-enxertos de citros inoculados ou não com fungos endomycorrizicos, estudaram a absorção de fertilizante fosfatado marcado com ^{32}P . Mostraram que os "seedlings" quando inoculados, apresentaram uma maior absorção de P tanto do solo como do fertilizante, além de um maior peso da matéria fresca, comprimento de ramo e folhas, e diâmetro do caule, em relação às plantas não inoculadas.

Em um solo de Israel, KRIKUN e LEVY (1980), observaram efeito de *Glomus mosseae* em limão Rugoso e laranja Azeda, sendo que no primeiro porta-enxerto a resposta à inoculação foi maior, observando-se concentrações maiores de P e Cu e menores de N, K e Ca nas folhas das plantas inoculadas. Laranja azeda não inoculada apresentou deficiência de Cu induzida pela aplicação de P, o que não ocorreu quando as plantas foram inoculadas com *Glomus fasciculatum* (TIMMER e LEYDEN, 1980).

A resposta no desenvolvimento de plantas cítricas inoculadas com fungos endomycorrizicos parece não estar relacionada com a porcentagem de infecção radicular, e sim com a quantidade de hifas externas do endófito (GRAHAM *et alii*, 1981).

"Seedlings" de lima Ácida também mostraram boas respostas à inoculação, tanto com *Glomus mosseae* quanto com *Glomus etunicatum*, apresentando um maior comprimento e peso dos ramos e raízes, diâmetro do caule e número de folhas, principalmente quando 300ppm de P_2O_5 /planta foram adicionadas em relação às plantas não inoculadas (SHANMUGAN, BARU e TAHLAMUTHU, 1981).

Em um ensaio em casa de vegetação realizado por MENGE *et alii* (1982), o fungo MVA *Glomus fasciculatum* aumentou significativamente o crescimento de *Poncirus trifoliata* em 20 dos 26 solos de citros fumigados com brometo de metila. Observou-se aumento nas concentrações foliares de P, K e Cu e redução nas concentrações de Mg e Na na maioria dos 26 solos estudados.

Observou-se também que a dependência micorrízica daquele porta-enxerto foi correlacionada positivamente com o valor pH do solo e inversamente com o teor de P, Zn, Mn e Cu, percentagem de matéria orgânica e CTC do solo.

OJALA *et alii* (1983) procuraram técnicas de extração de P que melhor predissessem a resposta de "seedlings" de citros à associação micorrízica. Observaram que a dependência micorrízica, peso de matéria seca de plantas micorrizadas/peso de matéria seca de plantas não micorrizadas x 100, (GERDEMANN, 1975), a qual expressa o incremento no desenvolvimento das plantas devido à infecção micorrízica, foi inversamente correlacionada com o nível de P disponível, independentemente do método de extração de P usado.

A fim de estudar o efeito dos fungos MVA em citros em solo natural, MANJUNATH *et alii* (1983) realizaram um experimento com *Glomus fasciculatum* em citros, em quatro tipos de solos da Índia, sem esterilização. Os resultados variaram com o tipo de solo utilizado, porém pôde-se concluir que a inoculação micorrízica pode ser benéfica em certos solos não esterilizados, mesmo na presença de fungos MVA nativos. Também na Índia, realizou-se um outro trabalho com diversos porta-enxertos de citros, nos quais *Glomus mosseae* e *G. etunicatum* foram eficientes em promover maior desenvolvimento das plantas. (CHANDRABABU e SHANMUGAM, 1983).

Na Flórida NEMEC (1983) avaliou o efeito de diferentes níveis de inóculo através de quantidades crescentes de esporos sobre o desenvolvimento de "seedlings" de citros. Neste experimento, em sementeira, observou-se um incremento na altura e peso das plantas à medida que se aumentava o número de esporos de *Glomus etunicatum*, o que não ocorreu com *Glomus mosseae*, havendo um nível acima do qual nenhum incremento era observado. Observou-se ainda, que a laranja Azeda apresentou melhores respostas com *Glomus etunicatum*. Num outro experimento, o autor imergiu as raízes de "seedlings" em diferentes substâncias aderentes com esporos, transplantando-as em seguida para o viveiro. O objetivo dessa prática foi permitir um contato uniforme dos esporos em todo o sistema radicular, além de evitar o problema de parasitismo que os esporos podem sofrer na sementeira, no período anterior à germinação das sementes. Nesse estudo, o autor concluiu que tal prática pode ser aplicável na produção de mudas cítricas.

GRAHAM e TIMMER (1984) estudaram o efeito de diferentes doses de fosfato natural e solúvel, empregando solo ou turfa, no desenvolvimento de limão Rugoso inoculado ou não com *Glomus intraradices*. Concluíram que na turfa a adição de fosfato natural permitiu um melhor balanço nutricional de P e Cu, gerando um maior benefício às plantas, o que poderia resultar numa maior uniformidade e tolerância ao estresse após o transplante. Concluíram também que as altas doses de P disponível provenientes do fosfato solúvel inibiram a associação micorrízica.

Recentemente CARDOSO *et alii* (1986) selecionaram a espécie *Glomus leptotichum* para diversos porta-enxertos de citros, e num segundo ensaio, com diferentes doses de fosfato solúvel, também observaram inibição da colonização e desenvolvimento do porta-enxerto laranja Caipira com a dose mais alta de fósforo (100ppm P).

Além da parte nutricional, alguns aspectos bioquímicos das associações MVA em citros têm sido estudados. As composições de lipídeos das raízes de plantas infectadas e não infectadas foram comparadas por NAGY *et alii* (1980) em laranja Doce, laranja Azeda, limão Rugoso, Carrizo Citrange, tangerina Cleópatra e lima de Rangpur. Foi observado que raízes infectadas de todos os porta-enxertos apresentaram significativamente mais fosfolipídeos e triglicerídeos que seus controles não infectados. Compesteroi foi encontrado em níveis mais altos, ao passo que colesterol e β -sitosterol foram detectados em níveis mais baixos. Encontraram ainda três ácidos graxos não conhecidos, em raízes infectadas, os quais não ocorreram em raízes não infectadas. NORDBY *et alii* (1981) também detectaram quatro ácidos graxos em raízes infectadas de vários cultivares, porém não em

raízes não infectadas. Observaram uma leve diferença na composição desses quatro ácidos graxos entre os "seedlings" infectados com três espécies diferentes de fungos MVA. Tais ácidos graxos não estavam presentes nas plantas não infectadas, mesmo com a adição de fósforo.

O conteúdo de aminoácidos nas folhas de laranja Azeda e limão Rugoso, crescendo em solo pobre em fósforo, com inoculação micorrízica ou com adição de fósforo, foi estudado por NEMEC e MEREDITH (1981). O teor de aminoácidos observado foi significativamente maior nos porta-enxertos sem inoculação e sem adubação fosfatada, não havendo diferença significativa entre os tratamentos inoculados com fungo MVA e o suplementado com fósforo. Os porta-enxertos controle apresentaram maiores teores de citrulina, ornitina, lisina, histidina, arginina e amônia.

Em laranja Doce, laranja Azeda, limão Rugoso e tangerina Cleópatra, a inoculação com um fungo MVA do gênero *Glomus*, num solo pobre em fósforo, provocou aumento no teor de carboidratos das folhas. Tal aumento não ocorreu com altas concentrações de P no solo (NEMEC e GUY, 1982).

Já foi também observado o efeito do fotoperíodo no crescimento e metabolismo de laranja doce em associação com *Glomus fasciculatum*. Observou-se que a colonização radicular e o crescimento dos "seedlings" em casa de vegetação, foram incrementados por fotoperíodos mais longos, ao passo que a fotossíntese e a condutância estomatal não foram afetadas pelo comprimento do dia. Verificou-se também, que a exsudação radicular de açúcares redutores foi maior em plantas não micorrízicas sob fotoperíodos longos, mas que a exsudação de aminoácidos foi variável (JOHNSON *et alii*, 1982). Um trabalho visando estudar o efeito de exsudatos radiculares de

citros sobre a germinação de *Glomus epigaeum*, foi realizado por GRAHAM (1982). Observou-se que os esporos em agar-água apresentaram maior taxa de germinação e um crescimento do tubo germinativo quatro vezes superior aos dos esporos não tratados com os exsudatos. Tais resultados indicaram que os exsudatos radiculares afetam a germinação e crescimento do tubo germinativo de *Glomus epigaeum*, e com isso poderiam afetar a subsequente colonização e formação da micorriza.

Em um outro ensaio, com o objetivo de estudar exsudatos radiculares de plantas micorrizadas ou não, SCHWAB e LEONARD (1984) não encontraram nenhum composto que pudesse promover a formação de micorriza.

A produção de citoquinina em laranja Azeda, associada a fungos MVA, foi também estudada por EDRISS *et alii* (1984). Num experimento com doses crescentes de fósforo, os autores observaram maior produção de citoquinina nas plantas micorrizadas, e que esse aumento estava mais relacionado com a colonização endomicorrizica do que com a maior absorção de fósforo.

Um outro efeito das associações micorrizicas nas plantas é sua relação com a água, sendo que um dos trabalhos visando tal estudo em limão Rugoso, é o de LEVY e KRIKUN (1980). Nesse experimento de recuperação da planta do estresse hídrico, os autores observaram que a MVA afetou a condutância estomatal, a fotossíntese e o acúmulo de prolina, mas não o potencial de água na folha, sugerindo que o maior efeito da associação micorrizica é mais na regulação estomatal do que na resistência das raízes.

LEVY *et alii* (1983) observaram influência do porta-enxerto, irrigação e salinidade da água na distribuição vertical da associação MVA.

Uma maior taxa de transpiração, a qual parece estar relacionada com um aumento na condutividade hidráulica das raízes de "seedlings" de citros associados a fungos MVA, foi observada por GRAHAM e SYVERTSEN (1984). O fluxo de água via hifa porém, não levaria à maior absorção de água. Assim, os autores sugeriram que a melhor nutrição de P nas plantas micorrizadas seria o fator principal para a maior condutividade das raízes, uma vez que não se observaram diferenças entre a condutividade hidráulica de plantas micorrizadas ou não em iguais níveis de P, sob condições de boa umidade.

A relação das associações MVA com doenças de citros também tem sido estudada por alguns autores. Estudando a relação entre micorriza e nematóides, O'BANNON e NEMEC (1979) observaram que "seedlings" de *Citrus limon* inoculados por *Glomus etunicatum* e infectados pelo nematóide *Radopholus similis* apresentaram um maior desenvolvimento em comparação com as plantas sem inoculação com o fungo MVA.

O'BANNON *et alii* (1979) observaram que "Seedlings" de *Citrus limon* infectados por *Tylenchulus semipenetrans* e transplantados para um solo infectado por *Glomus mosseae*, apresentaram um maior desenvolvimento comparado com os "seedlings" sem micorriza.

Em ensaio com o nematóide *Tylenchulus semipenetrans* em "Troyer" citrange, observou-se um efeito diferencial do nematóide sobre o desenvolvimento de plantas inoculadas com diferentes espécies de fungos MVA (MINASSIAN e MENGE, 1979).

Estudando o efeito de *Phytophthora*, fungo causador da podridão de raízes, e de doses crescentes de P em laranja Doce inoculada com

Glomus fasciculatum, DAVIS e MENGE (1980) sugeriram que a tolerância à doença por plantas inoculadas, deve-se à sua maior habilidade de absorção de fósforo e possivelmente de outros minerais.

Os mesmos autores (DAVIS e MENGE, 1981) observaram que diferentes espécies de fungos MVA conferem graus variáveis de tolerância ou resistência a *P. parasitica*.

A podridão de raízes de citros causada por *Thielaviopsis basicola* em plantas inoculadas ou não com *Glomus fasciculatum* foi estudada por DAVIS (1980), observando-se que o fungo MVA teve pequena influência sobre a doença.

NEMEC e MYHRE (1984) tentaram a possibilidade de utilização do fungo MVA *Glomus etunicatum* no controle da tristeza dos citros em laranja Azeda, causada por vírus, não obtendo qualquer sucesso.

Devido à aplicação de produtos químicos nos pomares de citros, a fim de se controlarem ervas daninhas, pragas e doenças, alguns trabalhos têm sido realizados objetivando o estudo do efeito desses produtos sobre os fungos MVA. Respostas diferenciais de *Glomus etunicatum* e *Glomus mosseae* depois de o solo ter sido tratado com diferentes fumigantes foram observadas por NEMEC e O'BANNON (1979). Em estudo com diferentes fumigantes, BARKLEY (1981) observou menor desenvolvimento nos "seedlings" de limão Rugoso provavelmente devido à menor colonização por fungos MVA.

Devido ao fato da necessidade de fumigação das sementeiras de citros na Flórida para controle de patógenos, e do fato de essa prática ter reduzido o efeito benéfico de fungos MVA, NEMEC (1980) avaliou o

efeito de 11 fungicidas aplicados ao solo como uma prática alternativa. Os efeitos foram variáveis, sendo que fungicidas cúpricos foram fitotóxicos e fungitóxicos.

A utilização de herbicidas também foi estudada, sendo observadas diferentes respostas das associações endomicorrízicas, dependendo do porta-enxerto e do herbicida utilizado (NEMEC e TUCKER, 1983).

Dada a grande ocorrência de fungos MVA associados a citros, alguns levantamentos têm sido realizados em pomares de diferentes locais.

Na Itália, a metade dos 149 solos e amostras de raízes de citros estudadas, apresentaram fungos MVA de diferentes espécies. A ausência de fungos nas outras amostras foi atribuída ao uso de nematicidas fumigantes (INSERRA *et alii*, 1980). Num levantamento de fungos MVA nas principais áreas de citros e milho da China, TZEAN *et alii* (1980) encontraram 18 diferentes espécies, porém observaram baixas taxas de colonização.

No sul do Texas, em 20 pomares de citros amostrados, identificaram-se 8 espécies de fungos MVA, sendo que as mais comuns foram *Glomus microcarpum*, *Glomus etunicatum* e *Glomus fasciculatum* (DAVIS, 1982).

TANG e MU (1984) classificaram uma nova espécie de fungo MVA encontrada em pomares de citros da China *Glomus citricolum*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Planta

Empregou-se o porta-enxerto de citros limão Cravo (*Citrus limonia*), obtido a partir de sementes, as quais foram fornecidas pela Estação Experimental de Limeira, Instituto Agronômico, Cordeirópolis, São Paulo.

3.2. Solos

O solo empregado foi uma Areia Quartzosa da Série Paredão Vermelho, coletado na região de Piracicaba, São Paulo, a uma profundidade de 0-20cm.

A análise química e granulométrica do solo foi realizada pelo Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ/USP, e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo Areia Quartzosa - Série Paredão Vermelho

Análise química							Análise granulométrica					
pH H ₂ O	Carbano orgânico %	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al ⁺³	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Argila	
								----- meq/100 ml -----				----- % -----
5,7	0,22	0,04	0,06	0,66	0,42	0,22	1,76	27,0	63,4	90,4	7,0	2,6

3.3. Fungo micorrízico vesículo-arbuscular

A espécie empregada foi *Glomus leptotichum* Schenck e Smith, sendo multiplicada em associação com milho.

3.4. Procedimento

Cada experimento foi um fatorial de 4x2x2 conduzido em casa de vegetação num delineamento inteiramente casualizado. Constaram de quatro doses crescentes de fósforo, tanto solúvel como natural (de rocha), com e sem presença de micorriza, um em solo esterilizado e o outro em solo não esterilizado, sendo cada tratamento repetido quatro vezes.

3.4.1. Preparo do solo

O solo foi peneirado, sendo parte (experimento I) esterilizada por tratamento com vapor fluente por um período de 2 horas, em três dias consecutivos, com a finalidade de se eliminar os endófitos nativos. A outra parte não foi esterilizada correspondendo ao experimento com solo natural. Em ambos os casos, o solo foi misturado com areia de rio, lavada e esterilizada, na proporção de 3:1 (solo:areia) a fim de se contornarem os riscos de compactação. Foi distribuído em vasos de barro com capacidade para 3kg de solo aproximadamente.

3.4.2. Calagem e adubação

Uma curva de calagem foi realizada para se obter a quantidade de calcário a ser aplicada por vaso, obtendo-se o valor 0,6kg de calcário por vaso, a fim de se elevar o valor de pH a 6,2 aproximadamente.

O solo contido em cada vaso foi colocado em sacos plásticos juntamente com o calcário, e agitado a fim de se obter a melhor distribuição possível.

A adubação foi feita da mesma forma, 20 dias após a calagem, baseada em alguns trabalhos com citros (MALAVOLTA, 1975 e 1980; MENGE *et alii*, 1982; RODRIGUES e VIEGAS, 1980).

Utilizaram-se assim, as seguintes doses de adubos:

KCL 50ppm de K

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$... 40ppm de N e 48ppm de S

NH_4NO_3 40ppm de N aplicado 2 meses após o transplante dos "seedlings"

NH_4NO_3 40ppm de N aplicado 4 meses após o transplante dos "seedlings".

Quanto ao fósforo, utilizaram-se uma fonte solúvel, superfosfato triplo (45% P_2O_5), e uma de baixa solubilidade, Patos de Minas (24% P_2O_5), nas doses 0, 50, 100 e 200ppm de P.

Aplicaram-se também as seguintes quantidades de micronutrientes por vaso:

H_3BO_3 (0,25ppm de B),

CuSO_4 (0,75ppm de Cu),

FeSO_4 (2,50ppm de Fe),

ZnSO_4 (2,50ppm de Zn),

H_2MoO_4 (0,05ppm de Mo).

3.4.3. Obtenção do inóculo

O fungo micorrízico vesículo-arbuscular utilizado, *Glomus leptotichum*, foi multiplicado na rizosfera de milho. Para tal, quatro meses antes da instalação do experimento, realizou-se a inoculação das plantas de milho em vasos com solo esterilizado por vapor fluente. Quatro meses após o plantio, o inóculo foi coletado para inoculação dos "seedlings" de citros.

3.4.4. Obtenção dos "seedlings"

Sementes de limão Cravo foram semeadas em caixas contendo areia de rio, lavada e esterilizada por autoclavagem (2 horas a 120°C), a fim de se evitar qualquer contaminação por outros fungos MVA. Quando atingiram aproximadamente 5cm de altura, foram transplantadas 128 plântulas, procurando-se manter a maior homogeneidade possível quanto ao desenvolvimento das mesmas.

3.4.5. Inoculação

No momento do transplante dos "seedlings" para os vasos, colocou-se uma camada de solo contendo aproximadamente 500 esporos, além de hifas e pedaços de raízes de milho infectados por *Glomus leptotichum*, por todo o diâmetro do vaso, a uma profundidade aproximada de 7cm. Tal procedimento teve como objetivo obter um maior contato entre o fungo e qualquer raiz que crescesse por tal camada, favorecendo assim o processo de colonização. Sobre essa camada acrescentou-se outra de solo próprio de cada vaso, e realizou-se o transplante dos "seedlings". Nos tratamentos sem

inoculação com fungos MVA adicionou-se igualmente a mesma quantidade de solo, porém, sem a presença de estruturas fúngicas.

3.4.6. Colheita

O experimento foi colhido seis meses após o transplante dos "seedlings" das caixas de areia para os vasos. A parte aérea das plantas foi cortada na altura do colo e acondicionada em sacos de papel, para secagem e posterior determinação do peso da matéria seca. As raízes foram lavadas em água corrente e conservadas em AFA (álcool-formol-ácido acético). O solo também foi coletado e acondicionado em sacos plásticos.

3.5. Variáveis Avaliadas

3.5.1. Altura

Avaliaram-se as alturas das plantas mensalmente a partir de 45 dias após a inoculação, resultando em cinco avaliações.

3.5.2. Diâmetro do caule a 10cm do solo

A fim de se observar a época adequada para a enxertia, avaliou-se nos últimos meses o diâmetro das plantas a 10cm do solo, utilizando-se um paquímetro.

3.5.3. Peso da matéria seca da parte aérea

Para tal, as partes aéreas das plantas foram colocadas em sacos de papel etiquetados e secas em estufa com circulação forçada de ar,

a 60⁰C, até atingirem peso constante, quando então se executou a pesagem das mesmas.

3.5.4. Porcentagem de colonização micorrízica

3.5.4.1. Coloração das raízes

Utilizou-se o método de coloração de raízes descrito por PHILLIPS e HAYMAN (1970). Devido porém, ao fato de as raízes de citros serem bem espessas, houve algumas mudanças nos tempos de tratamento das mesmas. Uma porção de raízes que estava sendo conservada em AFA foi coletada, lavada com água corrente e imersa em solução de KOH a 10% durante 14 horas a frio. Em seguida, foi lavada com água corrente e imersa em uma nova solução de KOH 10% por um período de 50 minutos a 90⁰C. Mais uma vez cada amostra foi lavada com água corrente e acidificada com KCl a 5% por 5 minutos. Finalmente, foi imersa em lactoglicerol mais azul de tripiano a 1% por 15 minutos, a 90⁰C, lavada e imersa em lactoglicerol incolor para remoção do excesso de corante.

3.5.4.2. Avaliação da porcentagem de colonização das raízes

De cada amostra de raiz colorida, tomaram-se ao acaso 16 segmentos de aproximadamente 1,5cm de comprimento, os quais foram dispostos paralelamente em lâminas de microscópio. Uma leve pressão foi feita sobre a lamínula para favorecer a visualização, ao microscópio, das estruturas fúngicas (GIOVANTTI e MOSSE, 1980).

Assim, pôde-se estimar a proporção do córtex radicular ocupado por estruturas micorrízicas (arbúsculos, vesículas e micélio), e calcular a porcentagem de colonização, resultante da média das proporções dos 16 segmentos.

3.5.5. Contagem de esporos

Coletaram-se 50ml de solo de cada amostra e realizou-se a separação dos esporos pela técnica de peneiramento úmido de GERDEMANN e NICOLSON (1963). Essa técnica consiste em lavagens sucessivas do solo com água e passagem por peneiras as quais, no presente experimento, apresentavam abertura das malhas de 50 e 100 μ m.

Para facilitar a posterior visualização dos esporos, uma solução de sacarose a 50% foi adicionada ao material recolhido em cada peneira, separando, assim, os esporos das partículas mais pesadas por decantação, sendo que os primeiros permaneciam em suspensão, como descrito por ANDREOLA (1982).

A contagem dos esporos foi feita sob estereomicroscópio em placas nematológicas com anéis concêntricos, expressando-se o número de esporos por 50ml de solo.

No caso dos tratamentos com solo não esterilizado foram contados também os esporos de outras espécies predominantes, além dos esporos de *Glomus leptotichum*, quando este foi inoculado.

A identificação das espécies MVA nativas predominantes foi feita pela Dra. Vera Lúcia Ramos Bononi, do Instituto de Botânica (SP).

3.5.6. Análise foliar

As folhas das plantas, após secagem até peso constante a 60°C e pesagem, foram moídas em moinho tipo Wiley e submetidas à determinação de P e K, seguindo-se a metodologia de SARRUGE e HAAG (1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I (Solo esterilizado)

4.1.1. Peso da matéria seca da parte aérea:

Como pode ser observado pela Tabela 2, a inoculação com *G. leptotichum* promoveu um aumento significativo no peso da matéria seca da parte aérea, nas doses de 0 e 50ppm de fosfato solúvel (P), em relação aos tratamentos sem inoculação. Na dose de 100ppm de P não houve diferença significativa, e na dose de 200ppm houve uma inversão, em que as plantas não inoculadas apresentaram um peso da matéria seca significativamente superior ao das plantas inoculadas.

Duas hipóteses tem sido formuladas para a explicação de tal fenômeno. A primeira, atribui a repressão no desenvolvimento da planta à competição por carboidratos, provocada pelo dreno destes em direção ao fungo simbiote. A segunda se refere a toxidez de P devido ao alto nível desse elemento no solo, associada ao grande incremento na sua absorção provocado pela micorriza (HARLEY e SMITH, 1983).

Outros trabalhos porém, tem demonstrado que a alta concentração de P na planta, provoca também uma repressão na colonização micorrizica (MOSSE, 1972; RATNAYAKE *et alii*, 1978; HOWELLER *et alii*, 1982).

Assim sendo, a primeira hipótese não poderia explicar totalmente a depressão no desenvolvimento da planta uma vez que, provavelmente, o dreno de carboidratos não seja tão expressivo, além de que, altos níveis de fósforo favorecem a fotossíntese, a qual fornece grandes quantidades de fotossintatos.

A segunda hipótese, referente a toxidez de fósforo, também devido a baixa taxa de colonização, é pouco provável. Ademais, não foram observadas diferenças no teor de P, quando houve o decréscimo no crescimento das plantas.

Deve-se porém, levar em consideração que a maior absorção de P não é o único fator de importância nas relações MVA. A maior absorção de outros macro e micronutrientes (RHODES *et alii*, 1978; RHODES e GERDEMANN, 1980), as alterações enzimáticas (COPACCIO *et alii*, 1982), entre outros efeitos, também podem ser de grande importância para o desenvolvimento vegetal.

Desta forma, no presente experimento, a redução no peso da matéria seca da parte aérea das plantas micorrizadas, na maior dose de P solúvel, deve estar relacionada à falta de qualquer dos outros efeitos benéficos da micorriza, devido à baixa colonização e consequente baixa eficiência simbiótica.

Isto pode levar a um menor desenvolvimento da planta, não em relação ao fósforo, mas a outros nutrientes de baixa mobilidade no solo, que seriam melhor absorvidos pelas plantas mais colonizadas (RHODES e GERDEMANN, 1980).

Isso poderia explicar a diferença entre as doses de 100 a 200ppm de P solúvel com micorriza.

Porém, ao se comparar os tratamentos com e sem micorriza na dose de 200ppm de P, observa-se um maior peso da matéria seca no tratamento sem inoculação. Talvez possa ter ocorrido algum efeito de parasitismo do fungo em relação a planta nesta dose alta de P.

Recentemente CARDOSO *et alii* (1986) obtiveram resultados bem semelhantes com laranja Caipira, a qual na dose de 100ppm de P solúvel, tinha seu desenvolvimento suprimido quando inoculada com *G. leptotichum*. Com limão Cravo tal supressão de desenvolvimento não ocorreu nesta dose de P.

Porém no presente experimento quando utilizou-se 200ppm de P, tal supressão, foi observada em limão Cravo, o que indica que os diferentes porta-enxertos de citros reagem diferentemente quanto a resposta à micorriza, em relação à dose de fósforo aplicada.

A menor resposta à micorriza devido a doses maiores de P também foi observada por WEIR *et alii* (1978) e GRAHAM e TIMMER (1984) em limão Rugoso.

Quando se utilizou fosfato de rocha, a inoculação com o fungo MVA promoveu um aumento no peso da matéria seca da parte aérea em todas

as doses de P, não havendo assim, supressão da colonização MVA devido a altas doses de P, o que também foi observado por GRAHAM e TIMMER (1984) em limão Rugoso.

Comparando-se os tratamentos com fosfato de rocha e fosfato solúvel, pode-se notar que a inoculação com o fungo MVA no tratamento com fosfato natural, pode substituir o fosfato solúvel somente na dose de 0 e 50ppm de P.

Assim, visando uma redução no custo de produção de mudas cítricas, pode-se utilizar fosfato natural talvez em doses maiores, uma vez que seu custo é baixo, e fungos MVA, ao invés de fosfato solúvel.

4.1.2. Porcentagem de colonização micorrízica

Em solo adubado com fosfato solúvel observa-se pela Tabela 3 que a porcentagem de colonização apresenta uma tendência de diminuição à medida que se aumenta a dose de P. Observa-se ainda que a dose máxima difere significativamente da dose mais baixa, não diferindo, porém das intermediárias.

Tal diminuição na porcentagem de colonização com dose mais elevada de fósforo também foi observada por JOHNSON (1983) em laranja Azeda, inoculada com *Glomus intraradicis* e por CARDOSO *et alii* (1986) em laranja Caipira e limão Cravo inoculados com *G. leptotichum*.

Algumas teorias já foram elaboradas para a explicação de tal redução na taxa de colonização, porém são ainda conflitantes (WOOLHOUSE, 1975; RATNAYAKE *et alii*, 1978; GRAHAM *et alii*, 1981; SIQUEIRA, 1983).

Com aplicação de fosfato de rocha não foram observadas diferenças significativas na porcentagem de colonização micorrízica entre as 4 doses de P. Possivelmente tais resultados devem-se ao fato da quantidade de fósforo disponível ser muito pequena mesmo na dose máxima, uma vez que tratou-se de um fertilizante fosfatado de baixa solubilidade.

Estes resultados concordam com os observados por GRAHAM e TIMMER (1984), em cujo trabalho houve uma redução na taxa de colonização micorrízica quando se utilizaram doses crescentes de fosfato solúvel.

4.1.3. Absorção de P e K

Os teores e quantidades de P e K encontrados nas folhas, podem ser observados nas tabelas 4, 5, 6 e 7 respectivamente.

Quando se utilizou fosfato solúvel sem inoculação observou-se diferença significativa no teor de P na parte aérea somente entre a dose 1 (0ppm de P) e as demais, sendo que estas últimas não diferiram entre si. O mesmo ocorreu com os tratamentos inoculados com o fungo MVA.

Os tratamentos com e sem micorriza também não diferiram entre si em cada dose, provavelmente devido aos efeitos de "diluição" do elemento na planta.

Com fosfato de rocha, tanto com, como sem inoculação não houve diferenças entre doses de P nos teores de P. Porém ao se comparar os tratamentos com e sem inoculação observaram-se diferenças significativas em todas as doses de P. Isso deve-se provavelmente à baixa disponibilidade do elemento para as plantas não inoculadas, ao passo que as pequenas

quantidades disponíveis puderam ser absorvidas pelas hifas do fungo MVA, nas plantas inoculadas.

Vários trabalhos anteriores afirmam que este seria o papel das micorrizas em relação a fosfatos de rocha, e não a solubilização do mesmo (SANDERS e TINKER, 1971; HAYMAN e MOSSE, 1972; POWELL, 1975; GIANNAZZI-PEARSON *et alii*, 1981).

Assim, utilizando fosfato de rocha, outros autores também obtiveram resultados positivos com inoculação de fungos MVA em citros (GRAHAM e TIMMER, 1984).

Quanto à quantidade de P nas folhas observou-se diferença significativa entre o tratamento com e sem micorriza na dose 1 (0ppm de P) de fosfato solúvel, o que não foi observado com o teor de P, provavelmente devido aos efeitos de "diluição".

Pelas análises dos teores de K, não se observaram diferenças significativas entre as doses de P, tanto nos tratamentos com fosfato solúvel como nos tratamentos com fosfato de rocha.

Comparando-se os tratamentos com e sem micorriza, observou-se diferença significativa somente na dose 1 de P.

Quanto à quantidade de K nos tratamentos com fósforo solúvel, observou-se diferença significativa entre a dose 1 de P e as demais, tanto com como sem micorriza, sendo que as 3 doses superiores não diferiram entre si.

Comparando-se os tratamentos com e sem inoculação, observou-se diferenças significativas na quantidade de K, somente com a dose 1 de fosfato solúvel.

Porém com fosfato natural, as plantas micorrizadas apresentaram uma maior quantidade de K em todas as doses de P, em comparação com as não micorrizadas.

CARDOSO *et alii* (1986) obtiveram resultados semelhantes quanto à absorção de P e K em limão Cravo inoculados com *G. leptotichum*. Esses autores usaram uma dose intermediária de 30ppm de P solúvel, aonde ainda houve resposta significativa à micorriza, não havendo porém a 100ppm. No presente experimento não se usou tal dose, mas sim 50ppm de P, não se observando resposta significativa em relação à absorção de P e K. Ressalta-se assim a importância das associações MVA em condições de baixas doses de P no solo, como já foi anteriormente demonstrado com citros, (MENGE *et alii*, 1978); WEIR *et alii*, 1978; MENGE *et alii*, 1982; GRAHAM e TIMMER, 1984).

4.1.4. Número de esporos no solo rizosférico

Nos tratamentos com fosfato solúvel, observa-se pela Tabela 8 que existiu uma tendência de diminuição no número de esporos à medida que se aumentava a dose de P. Esses resultados seguem as mesmas tendências das de colonização e peso de matéria seca da parte aérea, que também foram menores na dose máxima de P.

Tal diminuição no número de esporos a doses altas de P foi também observado por MENGE *et alii* (1978) em laranja Azeda e Troyer citrange.

4.1.5. Altura e diâmetro das plantas

As cinco determinações de altura das plantas não foram analisadas estatisticamente devido à grande variabilidade existente entre as repetições, principalmente devido ao alto número de ramificação (Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13).

Pode-se notar entretanto, a tendência das plantas inoculadas e com a maior dose de P solúvel, apresentarem uma altura menor do que as plantas da dose anterior, desde a primeira determinação. Tal fato não ocorreu nos tratamentos não inoculados, bem como nos tratamentos com P natural.

Observou-se ainda que tal diferença se acentuou ainda mais com o desenvolvimento das plantas, provavelmente devido ao efeito das micorrizas. Esses resultados concordam com os resultados observados para algumas das outras variáveis avaliadas no presente trabalho.

As avaliações dos diâmetros das plantas também apresentaram uma variabilidade muito grande, não sendo portanto, analisadas estatisticamente.

Pode-se no entanto observar pelas tabelas 14 e 15, as mesmas tendências observadas para altura das plantas.

4.2. Experimento II (Solo não esterilizado)

4.2.1. Peso da matéria seca da parte aérea

Os resultados desta variável podem ser observados na Tabela

Neste experimento encontraram-se duas espécies predominantes de fungos MVA, as quais foram identificadas no Instituto de Botânica (SP), como *Scutellospora pellucida* e *Glomus macrocarpum*.

Tais espécies parecem ser eficientes para citros, uma vez que não houve diferenças significativas entre os tratamentos inoculados com *G. leptotichum* e não inoculados.

Também não se observaram diferenças significativas entre as doses de P solúvel com exceção da dose 0 em relação às demais, no tratamento não inoculado.

Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores com citros, (WEIR *et alii*, 1978; NEMEC e PATTERSON, 1979) e com outras culturas (CRUSH, 1974; MOSSE, 1977; CARDOSO, 1986).

No entanto POWELL (1977) obteve bons resultados, mesmo em solo não esterilizado, atribuindo-os a maior eficiência dos fungos introduzidos em relação aos nativos.

No presente experimento entretanto, os fungos nativos pareceram ser tão eficientes quanto o introduzido, o qual já havia sido anteriormente selecionado como eficiente para citros, por CARDOSO *et alii* (1986).

Esses autores testaram o efeito da espécie *Glomus macrocarpum*, a qual não se mostrou eficiente em relação a *G. leptotichum*.

No presente, a mistura das 2 espécies encontradas em solo natural foi aparentemente tão eficiente quanto a *G. leptotichum*.

Ressalta-se por $\bar{e}$ m, que neste experimento n $\bar{a}$ o foi utilizado o mesmo solo do experimento de CARDOSO *et alii* (1986), o que pode alterar totalmente os resultados quanto a efici $\bar{e}$ ncia dos fungos MVA (MOSSE, 1972; ANTUNES e CARDOSO, 1983; ANTUNES, dados em publica $\bar{c}$ o).

Resta portanto a necessidade de pesquisas futuras a fim de se estudar qual das duas esp $\bar{e}$ cies encontradas $\bar{e}$ a mais eficiente, ou ainda, se a mistura das duas $\bar{e}$ que realmente promove o efeito observado.

4.2.2. Porcentagem de coloniza $\bar{c}$ o

N $\bar{a}$ o foram observadas diferen $\bar{c}$ as significativas entre os tratamentos com e sem inocula $\bar{c}$ o, uma vez que tanto as esp $\bar{e}$ cies nativas como a introduzida apresentaram altas taxas de coloniza $\bar{c}$ o (Tabela 17).

Pode-se tamb $\bar{e}$ m observar que as altas doses de P sol $\bar{u}$ vel n $\bar{a}$ o reduziram a porcentagem de coloniza $\bar{c}$ o, como ocorreu no experimento I, mostrando que os end $\bar{o}$ fitos nativos n $\bar{a}$ o foram inibidos por tais doses de P.

4.2.3. Absor $\bar{c}$ o de P e K

Em geral n $\bar{a}$ o se observaram diferen $\bar{c}$ as significativas entre doses de P, tanto com como sem inocula $\bar{c}$ o, no teor de P, provavelmente devido aos efeitos de dilui $\bar{c}$ o (Tabela 18).

Tamb $\bar{e}$ m n $\bar{a}$ o se observaram diferen $\bar{c}$ as entre os tratamentos com e sem inocula $\bar{c}$ o, tanto quando se utilizou fosfato sol $\bar{u}$ vel como fosfato de rocha, uma vez que os fungos nativos s $\bar{a}$ o aparentemente t $\bar{a}$ o eficientes quanto o introduzido.

Quanto à quantidade de P nas folhas (Tabela 19), observou-se uma tendência de aumento, com o aumento da dose P.

Comparando-se os tratamentos com e sem inoculação não se encontraram diferenças significativas na quantidade de P em nenhuma das fontes de P. Isso deve ter ocorrido provavelmente devido à eficiência dos endófitos nativos.

Em relação ao teor e quantidade de K, também não foram observadas diferenças significativas, provavelmente pelas mesmas razões atribuídas às avaliações de P (Tabelas 20 e 21).

4.2.4. Número de esporos no solo rizosférico

Tal avaliação não foi analisada estatisticamente devido à grande variabilidade e às diferentes espécies existentes (Tabela 22).

Como já esclarecido anteriormente, encontraram-se duas espécies nativas predominantes, identificadas como *Scutellospora pellucida* e *Glomus macrocarpum*.

Praticamente não foram encontrados esporos do fungo introduzido, o que provavelmente indique maior agressividade dos endófitos nativos em relação a este, o qual não deve ter colonizado as plantas e, assim, não esporulado.

4.2.5. Altura e diâmetro das plantas

Da mesma forma que no experimento I, devido à grande variabilidade destas duas variáveis, não foram realizadas as análises estatísticas.

Os dados podem, porém, ser observados nas Tabelas 23, 24, 25, 26 e 27 (altura) e 28 e 29 (diâmetro das plantas a 10cm do solo).

Aparentemente não houve diferenças entre os tratamentos inoculados e não inoculados, para ambas as variáveis. Observou-se, porém, uma provável resposta a doses e fontes de P, sendo que as plantas com fosfato de rocha apresentaram menor altura e diâmetro comparadas as plantas com fosfato solúvel.

Tabela 2. Peso da matéria seca da parte aérea das plantas, em g, em solo esterilizado com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (supertriplo) ou fosfato de rocha (Patós de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	6,81fg	1,18h	6,30g	1,63h
50	15,28abcd	9,00efg	11,60def	1,23h
100	19,06abc	19,96ab	9,90defg	1,98h
200	14,50bcde	22,65a	12,58cde	1,97h
C.V. 24,77%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 3. Porcentagem de colonização das raízes das plantas em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	73,90a	0,00	70,94a	0,00
50	56,75ab	0,00	54,29a	0,00
100	45,70ab	0,00	67,91a	0,00
200	22,72b	0,00	66,79a	0,00
C.V. 22,71%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 4. Efeito da associação MVA no teor de P na parte aérea das plantas, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas) (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	0,08315def	0,04080fg	0,10330cde	0,02680g
50	0,16448abc	0,14450bcd	0,14090bcd	0,03270g
100	0,21490ab	0,1743abc	0,14110bcd	0,04530efg
200	0,24110a	0,1777ab	0,16490abc	0,04050fg
C.V. 22,25%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 5. Efeito da associação MVA na quantidade de P na parte aérea das plantas, (em mg), em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	1,649d	0,044e	1,327d	0,017e
50	8,202ab	5,809bc	4,935bc	0,026e
100	12,555a	10,545a	4,597c	0,048e
200	10,793a	12,736a	5,689bc	0,046e
C.V. 30,75%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo testes de Tukey (5%).

Tabela 6. Efeito de associação MVA no teor de K na parte aérea das plantas, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	2,972a	1,275e	2,569ab	1,870abcde
50	2,100abcde	1,680bcde	2,023abcde	1,874abcde
100	1,571cde	1,632bcde	2,818a	2,222abcd
200	2,258abcd	1,443de	2,303abcd	2,491abc
C.V. 19,09%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 7. Efeito da associação MVA na quantidade de K na parte aérea das plantas, (em mg), em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	43,883bc	1,279d	33,099c	1,656d
50	105,980a	62,962abc	73,172abc	1,449d
100	92,008a	92,226a	87,355a	2,158d
200	100,613a	102,411a	71,408ab	1,656d
C.V. 33,59%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotrichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 8. Número de esporos por 50ml de solo rizosférico esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	705,0ab	0,0	82,65ab	0,0
50	964,5a	0,0	1117,7a	0,0
100	798,5ab	0,0	778,0a	0,0
200	155,7b	0,0	724,7a	0,0
C.V. 27,43%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 9. Altura das plantas em cm, 1 mês e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	8,00	6,75	9,00	4,75
50	13,13	7,63	8,63	5,50
100	14,75	10,25	8,13	5,38
200	12,38	9,88	8,38	6,38

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 10. Altura das plantas em cm, 2 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	10,62	7,37	10,25	5,75
50	21,75	10,75	13,75	5,75
100	24,87	19,75	10,12	5,62
200	20,00	19,37	12,75	7,00

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 11. Altura das plantas em cm, 3 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado com adição de fosfato solúvel (Supertríplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	33,63	8,40	24,88	11,25
50	61,50	31,38	38,88	7,13
100	60,88	50,87	21,00	6,75
200	52,00	60,37	41,50	8,50

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 12. Altura das plantas em cm, 4 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de fosfato solúvel (Supertríplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	39,25	9,00	32,13	6,00
50	62,75	41,75	44,00	6,75
100	69,75	54,13	23,38	6,63
200	58,37	67,63	49,38	8,25

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 13. Altura das plantas em cm, 5 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	44,50	9,50	32,50	6,00
50	69,75	34,75	45,00	6,75
100	75,75	57,00	24,25	7,00
200	59,00	71,00	49,50	8,88

Nota: I - inoculado com *G. leptotrichum*

NI - não inoculado

Tabela 14. Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 4 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	3,78	-	3,48	3,20
50	5,63	3,95	4,40	-
100	6,00	5,58	3,70	-
200	5,05	6,08	4,45	2,00

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

- Tratamentos com repetições que não apresentavam 10cm de altura, ou com diâmetro do caule extremamente reduzido.

Tabela 15. Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 5 meses e meio após a inoculação, em solo esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) e fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	5,00	-	5,05	4,40
50	7,40	6,10	6,35	-
100	7,85	6,70	4,50	-
200	6,60	7,50	6,45	2,00

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

- Tratamentos com repetições que não apresentavam 10cm de altura, ou com diâmetro do caule extremamente reduzido.

Tabela 16. Peso da matéria seca da parte aérea das plantas, em g, em solo não esterilizado, com adição de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	5,48f	6,38ef	6,10ef	7,03ef
50	12,55abcd	14,05abc	10,25abcde	8,38cdef
100	16,54ab	15,30ab	5,95ef	8,08def
200	16,55a	15,33ab	10,20bcdef	9,98bcdef
C.V.	20,71%			

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 17. Porcentagem de colonização das raízes das plantas em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	92,37a	93,67a	93,58a	93,75a
50	84,29a	78,48a	94,03a	85,06a
100	78,52a	80,03a	96,71a	95,05a
200	88,29a	73,28a	96,86a	94,56a
C.V. 10,69%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 18. Efeito da associação MVA no teor de P na parte aérea das plantas, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	0,1722bcd	0,1287d	0,1212d	0,1249d
50	0,1761bcd	0,1702bcd	0,1307d	0,1619cd
100	0,2192abcd	0,2426abc	0,2059abcd	0,1688bcd
200	0,2920ab	0,3097a	0,2168abcd	0,1964abcd
C.V. 22,96%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 19. Efeito da associação MVA na quantidade de P na parte aérea das plantas, (em mg), em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	3,480de	2,286e	2,115e	2,431e
50	8,416abc.	7,524abc	4,299cde	4,532cde
100	11,038ab	12,778a	1,793e	4,464cde
200	12,751a	9,447ab	7,662abc	6,520bcd
C.V. 29,03%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 20. Efeito da associação MVA no teor de K na parte aérea das plantas, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	2,321abc	3,059ab	2,595abc	2,716abc
50	1,989abc	1,829c	2,219abc	2,341abc
100	1,811c	1,836bc	2,404abc	2,360abc
200	1,938abc	2,237abc	3,105a	2,193abc
C.V. 19,46%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 21. Efeito da associação MVA na quantidade de K na parte aérea das plantas, (em mg), em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	49,080bc	53,663bc	45,938bc	58,048abc
50	92,437ab	81,498ab	73,323ab	60,931ab
100	91,076ab	97,515ab	20,219c	61,100ab
200	88,758ab	71,597ab	117,499a	75,126ab
C.V. 32,57%				

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 22. Número de esporos por 50ml de solo rizosférico não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel						Fosfato de rocha					
	I			NI			I			NI		
	G.l.	G.ma.	S.pe.	G.l.	G.ma.	S.pe.	G.l.	G.ma.	S.pe.	G.l.	G.ma.	S.pe.
0	0,0	321,0	41,3	0,0	266,3	25,5	1,5	150,0	29,3	0,0	117,8	17,3
50	9,0	198,8	16,5	0,0	215,3	21,8	0,8	163,5	27,8	0,0	137,3	3,0
100	0,8	140,8	24,8	0,0	133,5	56,3	5,3	150,8	0,8	0,0	219,8	19,5
200	1,5	108,8	19,5	0,0	246,0	84,0	0,0	167,5	0,8	0,0	213,8	16,5

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

G.l. *Glomus leptotichum*; S.pe. *Scutellospora pellucida*; G.ma. *Glomus macrocarpum*

Tabela 23. Altura das plantas, em cm, 1 mês e meio após a inoculação em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	7,62	7,45	7,38	8,13
50	10,30	9,75	9,13	8,00
100	14,00	10,75	8,08	8,13
200	13,75	10,13	8,25	6,63

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 24. Altura das plantas, em cm, 2 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	9,37	9,90	9,00	9,87
50	16,62	15,75	12,00	9,62
100	23,00	17,00	9,12	9,75
200	23,12	17,37	11,75	9,00

Nota: I - inoculado com *G. leptotrichum*

NI - não inoculado

Tabela 25. Altura das plantas, em cm, 3 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Dose de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	25,75	27,75	24,38	24,75
50	48,87	50,87	37,63	22,63
100	59,50	49,25	23,88	26,50
200	60,50	48,75	37,75	31,50

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 26. Altura das plantas, em cm, 4 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	29,00	30,75	27,63	27,62
50	51,12	41,88	41,13	27,50
100	64,38	51,75	28,00	29,88
200	62,75	56,25	40,25	35,63

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 27. Altura das plantas, em cm, 5 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	33,75	37,00	27,75	34,25
50	77,50	61,25	45,00	35,25
100	68,50	52,25	28,75	32,00
200	63,00	56,00	44,50	41,26

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 28. Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 4 meses e meio após a inoculação em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	3,10	3,60	2,95	3,20
50	4,73	5,28	4,03	3,20
100	5,10	5,43	2,93	3,53
200	5,35	4,90	3,90	3,68

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

Tabela 29. Diâmetro do caule das plantas, em mm, a 10cm do solo, aos 5 meses e meio após a inoculação, em solo não esterilizado, com adição de doses crescentes de fosfato solúvel (Supertriplo) ou fosfato de rocha (Patos de Minas). (Médias de 4 repetições)

Doses de P (ppm)	Fosfato solúvel		Fosfato de rocha	
	I	NI	I	NI
0	4,60	4,68	4,18	4,13
50	6,25	6,68	5,68	5,35
100	6,78	7,10	4,55	4,53
200	7,10	6,58	5,30	5,28

Nota: I - inoculado com *G. leptotichum*

NI - não inoculado

5. CONCLUSÕES

Analisando-se os resultados dos presentes experimentos, conclue-se que em substrato esterilizado e com baixas doses de fósforo solúvel, a introdução de *Glomus leptotichum* é de extrema importância para o desenvolvimento de limão Cravo. Com isso é possível obter-se uma boa redução no tempo que antecede a enxertia, além da economia de fertilizantes fosfatados.

A utilização de fosfatos de rocha de baixo custo, mostrou-se eficiente, desde que associada à micorriza.

Tanto a porcentagem de colonização radicular como o número de esporos de *G. leptotichum*, diminuíram a medida que se aumentou a dose de fosfato solúvel, havendo maior eficiência do endófito em baixos níveis de P.

Em solo esterilizado, a inoculação com *G. leptotichum* não alterou a produção de matéria seca, porcentagem de colonização e o teor e quantidade de P e K nas folhas. Isto indica que os endófitos nativos (*Scutellospora pellucida* e *Glomus macrocarpum*) são tão eficientes quanto

o introduzido, não sendo ainda, inibidos pelas altas doses de fosfato solúvel.

Ademais, a não persistência do fungo MVA introduzido, em tal substrato, mostra uma maior agressividade dos fungos MVA nativos.

Desta forma, num programa de inoculação com fungos MVA para produção de limão Cravo, em solo não esterilizado, é imprescindível um levantamento prévio dos endófitos nativos, uma vez que na presença de *S. pellucida* e *G. macrocarpum*, torna-se dispensável a inoculação com *G. leptotichum*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K. & A.D.ROBSON, 1977. Growth stimulation of subterranean clover with vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Aust.J.Agric.Res.*, 28(4):639-650.
- ABBOTT, L.K. & A.D.ROBSON, 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: V.A.Mycorrhiza. Conway L. Powell & D.Joseph Bagyaraj (eds.) 234pp.
- ALLEN, M.F.; T.S.MOORE Jr.; M.CRISTENSEN; N.STANTON, 1979. Growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal and nonmycorrhizal *Bouteloua gracilis* in a defined medium. *Mycologia*, 71:666-669.
- ANDREOLLA, F., 1982. Micorrizas vesiculares-arbusculares em cana-de-açúcar. Tese de Mestrado, ESALQ-USP, Piracicaba, 74p.
- ANTUNES, V.; M.R.LAMBAIS; M.H.A.OLIVEIRA; A.PARADA; E.J.B.N.CARDOSO, 1983. Influência da concentração do inóculo do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* em soja (*Glycine max* L.). *O Solo*, 2:17-21.

- ANTUNES, V.; E.J.B.N.CARDOSO, 1983. Endomicorriza vesículo arbuscular: Importância do trinômio solo-fungo-planta. Resumos do IXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Curitiba-PR.
- BAGYARAJ, P.J.; A.MANJUNATH e R.B.PATIL, 1979. Interaction between a vesicular arbuscular mycorrhiza and *Rhizobium* and their effects on soybean in the field. *New Phytol.*, 82:141-145.
- BARKLEY, P., 1981. Replanting citrus. Farmers' Newsletter, nº 150, 22-27. Raydalmere, NSW, Australia (Abs.).
- BAYLIS, G.T.S., 1975. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. *In*: SANDERS, F.E.; B.MOSSE e P.B.TINKER (eds.). Endomycorrhizas. p.373-390.
- BUWALDA, J.G.; D.P.STRIBLEY, P.B.TINKER, 1983. Increased uptake of bromide and chloride by plants infected with vesicular arbuscular mycorrhizas. *New Phytol.*, 93:217-225.
- CABALA-ROSAND, P. & A.WILD, 1982. Direct use of low grade phosphate rock from Brazil as fertilizer. II Effects of mycorrhizal inoculation and nitrogen source. *Pl.Soil*, The Hague, 65:363-373.
- CARDOSO, E.J.B.N., 1986. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em soja, com *Rhizobium japonicum* e fosfato de rocha, em função do tipo de solo. *R.bras.Ci.solo*, 10:17-23.

- CARDOSO, E.J.B.N.; V.ANTUNES; A.P.D.da SILVEIRA; M.H.A.DE OLIVEIRA, 1986. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em porta-enxertos de citros. *R.bras.Ci.Solo*, 10:25-30.
- CHANDRABABU, R.; N.SHANMUGAM, 1983. Preliminary studies on the interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizae and citrus seedlings at Periyakulam. *South Indian Horticulture*, 31(1):25-26 (abs.).
- CLARKE, C. & B.MOSSE, 1981. Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XII. Field inoculation responses of barley at two soil P levels. *New Phytol.*, 87(4):695-704.
- COOPER, K.M., 1984. Physiology of VA mycorrhizal Associations. In: VA mycorrhiza. Conway L. Powell & D.Joseph Bagyaraj (eds.). 234p.
- COPACCIO, L.C.M. & J.A.CALLOW, 1982. The enzymes of polyphosphate metabolism in vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytol.* 91:81-91.
- CRUSH, V.R., 1974. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. *New Phytol*, 73:743-749.
- CRUSH, V.R., 1976. Endomycorrhizas and legume growth in some soils of the Mackenzie Basin, Cantenburry, New Zealand. *N.Z.J. of Agric.Res.* 19:473-476.

- DAVIS, R.M., 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* on *Thielaviopsis basicola* root rot of citrus. *Plant Disease*, 64(9):839-840.
- DAVIS, R.M. & J.A.MENGE, 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on phytophthora root rot of citrus. *Phytopathology*, 70(5): 447-452.
- DAVIS, R.M. & J.A.MENGE, 1981. *Phytophthora parasitica* inoculation and intensity of vesicular-arbuscular mycorrhizae in citrus (*Citrus sinensis* cultivar Pineapple). *New Phytologist*, 87(4):705-716.
- DAVIS, R.M., 1982. Mycorrhizal fungi associated with citrus in south Texas. *Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society*, 35:127-129 (abs.).
- EDRISS, M.H.; R.M. DAVIS; D.W.BURGER, 1984. Influence of mycorrhizal fungi on cytokinin production in sour orange. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109(4):587-590.
- FERGUSON, J.J.; J.A.MENGE, 1982. The influence light intensity and artificially extended photoperiod upon infection and sporulation of *Glomus fasciculatus* on sudan grass and on root exudation of sudan grass. *New Phytol.*, 92:183-191.
- GERDEMANN, J.W. e T.H.NICOLSON, 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans.Brit. Mycol.Soc.*, 46:235-244.

- GERDEMANN, J.W., 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Am.Rev.Phytopathol.*, 6:397-418.
- GERDEMANN, J.W., 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *An.Rev.Phytolp.*, 6:397-418.
- GERDEMANN, J.W., 1975. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: J.G.TORREY e D.T.CLARKSON (eds.), The development and function of roots. pg.575-591. Academic Press, New York.
- GIANINAZZI-PEARSON, V.; J.C.FARDEAD; S.ASIMI; S.GIANINAZZI, 1981. Source of additional phosphorus absorbed from soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal soybeans. *Physiol.Veg.*, 19(1):33-44.
- GILMORE, A.E., 1971. The influence of endotrophic mycorrhizae on the growth of peach seedlings. *J.Am.Soc.Hort.Sci.*, 96:35-38.
- GIOVANNETTI, M. e B.MOSSE, 1980. An evaluation of technique measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84: 489-500.
- GRAHAM, J.H., 1982. Effect of citrus root exudates on germination of chlamydospores of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeum*. *Mycologia*, 74(5):831-835.
- GRAHAM, J.H.; R.T.LEONARD; J.A.MENGE, 1981. Membrane mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. *Plant Physiol.*, 68:548-552.

- GRAHAM, J.H. & L.W. TIMMER, 1984. Vesicular-arbuscular mycorrhizal development and Growth response of rough lemon in soil and soilless media: effect of phosphorus source. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 109(1):118-121.
- GRAHAM, J.H.; J.P. SYVERTSEN, 1984. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots two citrus rootstocks. *New Phytologist*, 97(2):277-284.
- HARLEY, V.L. & S.E.SMITH, 1983. Carbon Metabolism and Growth. Mycorrhizal Symbiosis, *Academic Press*. London-New York.
- HATTINGH, M.J. & J.W. GERDEMANN, 1975. Inoculation of 'Brazilian sour orange seed with endomycorrhizal fungus. *Phytopathology*, 65:1013-1016.
- HAYMAN, O.S.; B.MOSSE, 1972. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. III Increased uptake of labile P from soil. *New Phytol*, 81:41-47.
- HAYMAN, O.S., 1975. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (eds.), Endomycorrhizas. pg.495-510. Academic Press, London.
- HOWELLER, R.H.; C.J.ASHER; D.G.EDWARDS, 1982. Establishment of an effective endomycorrhizal association on Cassava in flowing solution culture and its effects on phosphorus nutrition.

- INSERRA, R.N.; S.NEMEC; V.Lo GIUDICE, 1980. A survey of endomycorrhizal fungi in Italian citrus nurseries. *Rivista della Ortoflorofriticoltura Italiana*, 64(1):83-88 (abs.).
- JOHNSON, C.R.; J.A.MENGE; S.SCHWAB; I.P.TING, 1982. Interaction of photoperiod and vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth and metabolism of sweet orange. *New Phytologist*, 90(4):665-669.
- KLEINSCHMIDT, G.D.; J.W.GERDEMANN, 1972. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizal. *Phytopathology*, 62:1447-1453.
- KRIKUN, J. & Y.LEVY, 1980. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on *Citrus* growth and mineral composition. *Phytoparasitica*, 8(3):195-200.
- KRUCKELMANN, H.W., 1975. Effects of fertilizers, soils, soil tillage, and plant species on the frequency of *Endogone* chamydospores and mycorrhizal infection in arable soil. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P. B. (eds.), Endomycorrhizal, pgs. 511-526. Academic Press, London.
- LEVY, I. e J.KRIKUM, 1980. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on *Citrus jambhiri* water relation. *New Phytologist*. 85:25-32.
- LEVY, Y.; J.P.SYVERTSEN; S.NEMEC, 1983. Effect of drought stress and vesicular-arbuscular mycorrhiza on citrus transpiration and hydraulic conductivity of roots. *New Phytologist*, 93(11):61-66.

- LEWIS, D. H., 1975. Comparative aspects of the carbon nutrition of mycorrhizas. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. e TINKER, P. B. London, *Academic Press*, p.119-148.
- LOMBARDI, M.L.C.O., 1981. Dissolução de três fosfatos naturais através da atividade microbiológica da oxidação do enxofre. Tese de Mestrado apresentada à ESALQ/USP-Piracicaba.
- LOPES, E.S., 1980. Eficiência e especificidade das associações micorrízicas do tipo vesicular-arbuscular em gramíneas e leguminosas forrageiras, e no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Tese de Doutorado apresentada à ESALQ.
- LOPES, E.S. & J.O.SIQUEIRA, 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhizas - Their potential in phosphate nutrition in tropical regions. In: RUSSEL, R. S.; K.IGUE e Y.R.MEHTA (eds.). The Soil-root system in relation to Brazilian agriculture. IAPAR, Londrina, p.225-242.
- LOPES, E.S.; J.O.S.SIQUEIRA; L.ZAMBOLIM, 1983. Caracterização das micorrizas vesicular-arbuscular (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *R.bras.Ci.Solo*, 7:1-19.
- MAHONEY, M.P. & S.NEMEC, 1979. Researching the super soils to improve plant nutrition. *Citrus & Vegetable Magazine*, 43(4):8-21.
- MALAVOLTA, E., 1959. Manual de Química Agrícola. Edit. Agronômica "Ceres" Ltda. São Paulo, Brasil.

- MALAVOLTA, E., 1975. Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação. São Paulo. Ed. Agronômica "Ceres", 487p.
- MALAVOLTA, E., 1980. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Editora Agronômica "Ceres" Ltda., São Paulo, 251p.
- MANJUNATH, A.; R. MOHAN; D.J. BAGYARAJ, 1983. Response of citrus to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation in unsterile soils. *Canadian Journal of Botany*, 61(10):2729-2732.
- MARX, D.H.; W.C. BRYAN; W.A. CAMPBELL, 1971. Effect of endomycorrhizae formed by *Endogone mosseae* on growth of citrus. *Mycologia*, 63:1222-1226.
- McGRAW, A.C. & N.C. SCHENCK, 1980. Growth stimulation of citrus, ornamental, and vegetable crops by select mycorrhizal fungi. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 93:201-205.
- MENGE, J.A.; C.K. LABANAUSKAS; E.L.V. JOHNSON; R.G. PLATT, 1978. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in the greenhouse culture of citrus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42(6):926-30.
- MENGE, J.A.; W.M. JARRELL; C.K. LABANAUSKAS; J.C. OJALA; C. HUSZAR; E.L.V. JOHNSON, 1982. Predicting Mycorrhizal dependency of Troyer Citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nursery mixes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:762-768.

- MINASSIAN, V. & J.A.MENGE, 1979. Interactions between VA mycorrhizae and *Tylenchulus semipenetrans* on sweet orange and Troyer citrange. IX. International Congress of Plant Protection. Washington D.C.
- MIRANDA, J.C.C., 1982. Influência de fungos endomicorrízicos inoculados a campo, na cultura de sorgo e soja, em um solo sob cerrado. *R.bras.Ci. Solo*, 6:19-23.
- MOSSE, B., 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and nonmycorrhizal apples. *Nature*, 179:922-924.
- MOSSE, B., 1959. The regular germination of resting spores and some observations on the growth requirements of an *Endogone* sp. Causing vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Trans.Brit.Mycol.Soc.*, 42:273-285.
- MOSSE, B., 1963. Vesicular-arbuscular mycorrhiza: an extreme form of fungal adaptation. In: P.S.NUTHAN e B.MOSSE (eds.). Symbiotic Associations. 13th Symposium of the society for general microbiology Cambridge University Press. p.146-169.
- MOSSE, B., 1972a. The influence of soil type and *Endogone* strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soils. *Rev.Ecol. Biol.Sool.*, 9:529-537.
- MOSSE, B., 1972b. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. *Nature*, 239:221-223.

MOSSE, B., 1973. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *An. Rev. Phytopath.*, 11:171-196.

MOSSE, B., 1973. The role of mycorrhiza in phosphorus solubilization GIAM IV Global Impacts of Applied Microbiology Fourth International Conference. São Paulo, Brasil.

MOSSE, B., 1975. Specificity in V.A. mycorrhizas. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (eds.), Endomycorrhizas, London, Academic Press, p.469-484.

MOSSE, B.; C.L.POWELL; D.S.HAYMAN, 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. Interaction between V.A. mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. *New Phytol.*, 76:331-42.

MOSSE, B., 1977. The role of mycorrhiza in legume nutrition on marginal soils. In: J.M.VINCENT; A.S.WHITNEY (eds.), Exploiting the legume - *Rhizobium symbiosis* in Tropical Agriculture.

MOSSE, B. & D.S.HAYMAN, 1980. Mycorrhiza in agricultural plants. Ed. P. Mikoka. pp.214-230. Oxford Univ.Press.

MOSSE, B., 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii, Inst.for Tropical Agric. and Human Resources, 82p. (Research Bulletin, 194).

- MURDOCH, J.A.; J.A.JACKOBS e J.W.GERDEMANN, 1967. Utilization of phosphorus sources of different availability by mycorrhizal and nonmycorrhizal maize. *Plant.Soil*, 27:329-34.
- NAGY, S.; H.E.NORDBY; S.NEMEC, 1980. Composition of lipids in roots of six citrus cultivars infected by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*. *New Phytologist*, 85(3):377-384.
- NEMEC, S., 1978. Responses of six citrus rootstocks to three Species of *Glomus*, a mycorrhizal fungus. *Proc. Fla. State Hort.Soc.*, 91:10-14.
- NEMEC, S. & J.H. O'BANNON, 1979. Response of *Citrus aurantium* to *Glomus etunicatus* and *G. mosseae* after soil treatment with selected fumigants. *Plant and Soil*, 53(3):351-359.
- NEMEC, S. & M.PATTERSON, 1979. Comparison of techniques to inoculate citrus in the field in Florida. *The Citrus Industry*, 60(7):31-40.
- NEMEC, S., 1980. Effects of 11 fungicides on endomycorrhizal development in sour orange. *Canadian Journal of Botany*, 58(5):522-526.
- NEMEC, S. & F.I.MEREDITH, 1981. Amino acid content of leaves in mycorrhizal and non mycorrhizal citrus rootstocks. *Annals of Botany*, 47(3):351-358.
- NEMEC, S. & G.GUY, 1982. Carbohydrate status of mycorrhizal and non mycorrhizal citrus rootstocks. *Journal of the American Soc. for Hort. Sci.*, 107(2):177-180.

- NEMEC, S., 1983. Inoculation of citrus in the field with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in Florida. *Trop.Agric.* (Trinidad), 60(2):97-101.
- NEMEÇ, S. & D.TUCKER, 1983. Effects of herbicides on endomycorrhizal fungi in Florida (USA) Citrus (*Citrus* spp) soils. *Weed Sci.*, 31(4):427-431.
- NEMEC, S. & D.MYHRE, 1984. Virus-*Glomus etunicatum* interactions in citrus rootstocks. *Plant Disease*, 68(4):311-314.
- NICOLSON, T.H., 1967. Vesicular-arbuscular mycorrhiza - an Universal plant symbiosis. *Sci.Prog.*, 55:561-581.
- NORDBY, H.E.; S.NEMEC; S.NAGY, 1981. Fatty acids and sterols associated with citrus root mycorrhizae. *J. of Agric. and food chem.*, 29(2) : 396-401.
- NOVELINO, J.O.; R.F.NOVAIS; J.C.L.NEVES; L.M.COSTA; N.F.BARROS, 1985. Solubilização de fosfato de araxã, em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco latossolos, na presença e ausência de calagem. *R. bras.Ci.Solo*, 9(1):13-22.
- NYABYENDA, P., 1977. Einfluss der Bodentemperatur und organischer Stoffe im Boden auf die Wirkung der vesiculär-arbuskulären Mykorrhiza. Georg-August Univ. Göttingen (Tese de doutorado).

- O'BANNON, J.H.; R.N.INSERRA; S.NEMEC; N.VOVLAS, 1979. The influence of *Glomus mosseae* on *Tylenchulus semipenetrans* infected and uninfected *Citrus limon* seedlings. *Journal of Nematology*, 11(3):247-250.
- O'BANNON, J.H. & S.NEMEC, 1979. The response of *Citrus limon* seedlings to a symbiont *Glomus etunicatus*, and a pathogen, *Radopholus similis*. *Journal of Nematology*, 11(3):270-275.
- OJALA, J.C.; W.M.JARREL; J.A.MENGE; E.L.V.JOHNSON, 1983. Comparison of soil phosphorus extractants as predictors of mycorrhizal dependency. *Soil Sci.Soc.Am.J.*, 47:958-62.
- OLIVEIRA, E.L.; O.MUZILLI; K.IGUE; M.T.T.TORNERO, 1984. Avaliação da eficiência agronômica de fosfatos naturais. *R.bras.Ci.Solo*, 8(1):63-68.
- PAIRUNAN, A.K.; A.D.ROBSON; L.K.ABBOTT, 1980. The effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizas uptake of subterranean clover from phosphorus sources of different solubilities. *New Phytol.*, 84:327-338.
- PHILLIPS, J.M. e D.S.HAYMANN, 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans.Brit.Mycol.Soc.* 55:158-161.
- POWELL, C.L., 1975. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VII Uptake of P by onion and clover infected soils. *New Phytol.*, 75:563-566.

POWELL, C.L., 1977. Mycorrhizas in Hill Country soils. V. Growth responses in ryegrass *N.Z.J. of Agric. Res.*, 20:495-502.

POWELL, C.L. & J.DANIEL, 1978. Growth of white clover in undisturbed soils after inoculation with efficient mycorrhizal fungi. *N.Z.J. Agric. Res.*, 21:675-681.

POWELL, C.L., 1982. Selection of efficient V.A. mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 68:3-9.

RATNAYAKE, M.; R.T.LEONARD; J.A.MENGE, 1978. Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. *New Phytol.*, 81:543-552.

REED, H.S. & FREMONT, T., 1935. Factors that influence the formation and development of mycorrhizal associations in citrus roots *Phytopathology*, 25:645-647.

RHODES, L.H.; M.C.HIRREL; J.W.GERDEMANN, 1978. Influence of soil phosphorus on translocation of ^{65}Zn and ^{32}P by external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhiza of onion. *Phytopathology News*, 12(9):197 (abs.).

RHODES, L.H.; J.W.GERDEMANN, 1980. Nutrient translocation in vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: Cellular interactions in symbiosis and parasitism. C.B.COOK; W.PAPAAS; E.D.RUDOLPH (eds.). The Ohio State University Press, Columbus, Ohio, p.173-195.

- RODRIGUES, O.; F.C.P.VIEGAS, 1980. Citricultura Brasileira. Fundação Cargill, Campinas, SP.
- SAFIR, G.R.; J.S.BOYER e J.W.GERDEMANN, 1971. Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Science*, 172:581-583.
- SAFIR, G.R.; J.S.BOYER; J.W.GERDEMANN, 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant Physiol.*, 49:700-703.
- SANDERS, F.E.; P.B.TINKER, 1971. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. *Nature*, 233:278-279.
- SANDERS, F.E., 1975. The effects of foliar-applied phosphate on the mycorrhizal infections of onion roots. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (eds.), Endomycorrhizas, pag.261-76. Academic Press, London.
- SARRUGE, J.R. & H.P.HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Depto. de Química - ESALQ/USP (mimeografado).
- SCHENCK, N.C. & D.P.H.TUCKER, 1974. Endomycorrhizal fungi and the development of citrus seedlings in Florida fumigated soils. *J.Amer.Soc. Hort.Sci.*, 99(3):284-287.
- SCHENCK, N.C. e M.K.KELLAM, 1978. The influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal on disease development. Agric.Experiment Stations - Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida, Gainesville. Techn.Bull. 798, 16p.

- SCHENCK, N.C., 1981. Can mycorrhiza control root disease? *Plant Disease*. 65:231-234.
- SCHENCK, N.C.; G.S.SMITH, 1982. Responses of six species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their effects on soybean at four soil temperatures. *New Phytol.*, 92:193-201.
- SCHWAB, S.M. & R.T.LEONARD, 1984. Quantitative and qualitative comparison of root exudates of mycorrhizal and nonmycorrhizal plant species. *Canadian Journal of Botany*, 62(6):1227-1231.
- SHANMUGAN, N.; R.C.BARU; C.THALAMUTHU, 1981. Studies on the response of acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingl.) to vesicular arbuscular mycorrhizae. *Current Sci.* 50(17):772-73.
- SIQUEIRA, J.O., 1983. Nutritional and edaphic factors affecting spore germination, germ tube growth and root colonization by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Gainesville, University of Florida. 124p. (Tese Ph.D.).
- SPARLING, G.P.; P.B.TINKER, 1978. Mycorrhizal infection in Pennine Grassland. III - Effects of mycorrhizal infection on the growth of white clover. *J. of Applied Ecology*, 15:959-964.
- STRZEMSKA, J., 1975. Occurrence and intensity of mycorrhiza and deformation of roots without mycorrhiza in cultivated plants. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (eds.), *Endomycorrhizas*, pag.537-544. Academic Press, London.

- SUTTON, J.C. & B.R.SHEPPARD, 1976. Aggregation of sand-dune soil by endomycorrhizal fungi. *Can.J.Bot.*, 54(3/4):326-333.
- TANG, ZHENYAO & MU., ZANG, 1984, Additions to the key of Endogonaceae and a new species of mycorrhizal fungus: *Acta Bot. YUNNANICA*, 6(3):295-304. (abs.).
- TANG, Z.Y. & Z.L.WAN, 1980. Effects of inoculation of mycorrhizal fungi on phosphorus nutrition and growth of citrus seedlings. *Acta Pedolōgica Sinica*, 17(4):336-345 (abs.).
- TIMMER, L.W. & R.F.LEYDEN, 1980. The relationship of mycorrhizal infection to phosphorus - induced copper deficiency in sour orange seedlings. *New Phytologist*, 85(1):15-23.
- TINKER, P.B.H., 1975. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on higher plants. *Symp.Soc.Expt.Biol.*, 29:325-49.
- TISDAL, J.M. & J.M.OADES, 1979. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass *Lolium perenne*. *Aust.J.Soil.Res.*, 17(3):429-442.
- TRAPPE, J.M. & N.C.SCHENCK, 1982. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae. A vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales). In: SCHENCK, N.C. (ed.). Methods and principles of mycorrhizal research. The Am. Phytopathological Society, St.Paul, Minnesota. p.1-10.

- TZEAN SHEAN-SHONG & YUN-SHIOU HUANG, 1980. The occurrence and formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae of citrus and maize. *Bot. Bull. Acad. Sin. (TAPIPEI)*, 21(2):119-134. (abs.).
- VOLKWEISS, S.J. e B.VAN RAIJ, 1976. Retenção e disponibilidade do fósforo em solos *In Simpósio sobre o Cerrado*, 4º, Brasília, Ed. Itatiaia, Belo Horizonte, p.317-332.
- WEIR, R.G.; D.B.LETHAM; P.BROADBENT; P.J.NICHOLLS, 1978. The effect of phosphorus and vesicular-arbuscular mycorrhizal development soil. *Proceedings of the International Soc. of Citriculture*, 288-292.
- WHITTINGHAM, J. e D.J.READ, 1982. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. III Nutrient transfer between plants with mycorrhizal interconnections. *New Phytol.*, 90:277-284.
- WOOLHOUSE, H.W., 1975. Membrane structure and transport problems considered in relation to phosphorus and carbohydrate movements and the regulation of endotrophic mycorrhizal associations. *In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds.). Endomycorrhizas. London, Academic Press. p.209-239.*