

EVELINE FÁTIMA DE OLIVEIRA SOUZA

EFEITO DE FUNGOS MVA, FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO DO LIMOEIRO 'CRAVO', PÓS-REPICAGEM

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

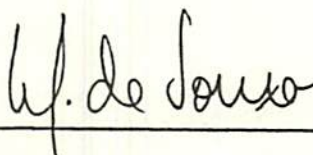
LAVRAS - MINAS GERAIS

1990



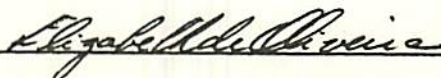
EFEITO DE FUNGOS MVA, FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO DO  
LIMOEIRO 'CRAVO', PÓS-REPICAGEM

APROVADA: 14 de setembro de 1990



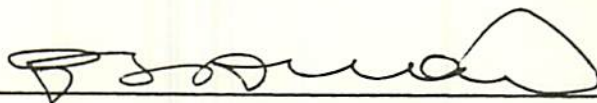
---

Prof. Maurício de Souza  
(Orientador)



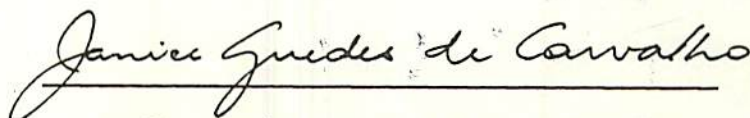
---

Pesq<sup>ª</sup> Elizabeth de Oliveira



---

Prof. Gilnei de Souza Duarte



---

Prof<sup>ª</sup> Janice Guedes de Carvalho

A Deus, por estar sempre  
presente iluminando  
minha vida.

OFEREÇO

Aos meus pais, Pedro e Neuza

Ao meu marido José Antonio

Aos meus irmãos Edilson, Elenice e Luciana

Por tudo que representam.

Com carinho,

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, na pessoa do Professor Juventino Júlio de Souza, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenadoria de Pós-Graduação da ESAL, na pessoa do Professor Fabiano Ribeiro do Vale, pelo constante apoio aos pós-graduandos desta instituição.

À Coordenadoria de Pós-Graduação do Departamento de Agricultura, na pessoa do Professor Moacir Pasqual, pelo apoio aos pós-graduandos deste departamento.

Ao Orientador - Professor Maurício de Souza, pelos ensinamentos transmitidos durante todo o curso.

À Pesquisadora Elizabet de Oliveira, pela amizade, sugestões apresentadas e constante incentivo.

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Edilson Batista de Oliveira, pelo apoio e valiosas sugestões.

À amiga Ana Lúcia de Sequeira Costa, pela colaboração na etapa final do experimento e pelo companheirismo demonstrado.

Ao meu marido José Antonio de Souza Júnior pelo incentivo e apoio espiritual nos momentos mais difíceis.

Aos funcionários do pomar, nas pessoas dos senhores Ival de Souza Arantes, José Ribeiro Sobrinho, Guiomar Pinto Ribeiro e Milton Arantes, pela ajuda na condução do experimento.

Aos funcionários dos departamentos de Agricultura, Solos, Biologia, Biblioteca Central e Oficina Gráfica, pela colaboração e agradável convivência.

Aos amigos, pela convivência, companheirismo e pelo carinho demonstrado durante todo o curso. Para citar todos, que felizmente são muitos, seria preciso muitas páginas. Mas podem ter certeza, estão todos guardados no meu coração onde ficarão para sempre.

Muito Obrigada.

## BIOGRAFIA

EVELINE FÁTIMA DE OLIVEIRA SOUZA, filha de Pedro Batista de Oliveira e Neuza Teixeira de Oliveira, nasceu em Lavras, Estado de Minas Gerais, em 23 de fevereiro de 1964.

Concluiu o 1º grau no Grupo Escolar Anexo ao Colégio N.Sra. de Lourdes em 1974 e o 2º grau na Escola Estadual Dr. João Batista Hermeto em 1981, ambos na cidade de Lavras.

Em 1983 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais, graduando-se em Engenharia Agrônômica em dezembro de 1986.

Em 1987 iniciou o curso de Pós-graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

## SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE QUADROS .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Adubação fosfatada .....	3
2.1.1. Efeitos nos teores de nutrientes das plantas .....	5
2.2. Micorrizas vesicular-arbusculares .....	7
2.3. Micorrizas vesicular-arbusculares em citros .....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1. Material .....	13
3.1.1. Cultivar .....	13
3.1.2. Tipo de solo .....	14
3.1.3. Fontes de P .....	14
3.2. Métodos .....	15
3.2.1. Delineamento experimental .....	15



	PÁGINA
3.2.2. Instalação e condução do experimento ....	16
3.2.3. Avaliações .....	17
3.2.4. Análises estatísticas .....	18
4. RESULTADOS .....	19
4.1. Colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós-repicagem .....	19
4.2. Teores de nutrientes na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós-repicagem .....	21
4.2.1. Macronutrientes .....	21
4.2.2. Micronutrientes .....	24
4.3. Crescimento dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós repicagem .....	25
4.3.1. Altura de plantas e diâmetro do caule ...	25
4.3.2. Peso de m.s. total .....	29
5. DISCUSSÃO .....	30
6. CONCLUSÕES .....	39
7. RESUMO .....	40
8. SUMMARY .....	42
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
APÊNDICE .....	53

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
1	Equação de regressão para as taxas de colonização micorrízica nas raízes de limoeiros 'Cravo', em relação às doses de $P_2O_5$ utilizadas. ESAL, Lavras, 1990.....	20
2	Equações de regressão para os teores de B e Zn na matéria-seca total de limoeiros 'Cravo', em relação às doses de $P_2O_5$ utilizadas. ESAL, Lavras, 1990. ....	26
3	Equações de regressão para os valores de altura de plantas, diâmetro do caule e peso de matéria-seca total de limoeiros 'Cravo', em relação às doses de $P_2O_5$ utilizadas. ESAL, Lavras, 1990. ....	27

## LISTA DE QUADROS

QUADROS		PÁGINA
1	Valores de componentes químicos e granulométricos do solo do viveiro. ESAL, Lavras, 1987	14
2	Valores médios das taxas de colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros 'Cravo', por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.....	21
3	Médias dos teores de N, P, K, Ca e Mg na matéria-seca total dos limoeiros 'Cravo', por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989 .....	22
4	Médias por doses de superfosfato simples(SS) e apatita de Araxá (AA) dos teores de N, P, K, Ca e Mg, na matéria-seca total dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1989 .....	23

## QUADROS

## PÁGINA

5	Médias dos teores de B, Cu, Mn e Zn na matéria-seca total dos limoeiros 'Cravo', por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.....	24
6	Médias referentes à altura (cm) de limoeiros 'Cravo', por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989 .....	28
7	Médias referentes ao diâmetro do caule (mm) de limoeiros 'Cravo', por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.....	28
8	Médias referentes ao peso de matéria-seca total (g) dos limoeiros 'Cravo', por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989 .....	29
9	Teores de nutrientes na matéria-seca total de limoeiros 'Cravo', determinados em vários estudos. ESAL, Lavras, 1990.....	38

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior população de plantas cítricas do mundo e ocupa o primeiro lugar entre os exportadores de suco concentrado congelado. Mesmo assim, a citricultura vem se expandindo com a ampliação da fronteira agrícola para a região centro-oeste do país.

A propagação dos citros é feita através de mudas enxertadas, que devem ser de alta qualidade para o sucesso da exploração.

\* O limoeiro 'Cravo' é o principal porta-enxerto utilizado devido a sua tolerância à tristeza, afinidade com a maioria dos cultivares de copa, existência de grande quantidade de sementes e maior adaptação edafo-climática, GENU (13).

Os porta-enxertos passam pelas fases de sementeira e viveiro, em que são necessárias corretas fertilizações para um maior crescimento em um menor espaço de tempo. Um dos nutrientes mais importantes nessas fases é o fósforo (P), pois estimula o desenvolvimento do sistema radicular das plantas cítricas, BLACK(3). Pode ser fornecido às plantas através de fontes mais solúveis co-

mo os superfosfatos, ou de menor solubilidade como os fosfatos naturais.

A maioria dos solos brasileiros são pobres em P e com alto poder de fixação deste nutriente, sendo necessárias aplicações de altas doses de adubos fosfatados, para que as plantas aproveitem apenas 5-20% do que é fornecido em um dado ano agrícola, MALAVOLTA (26).

Procura-se aumentar o aproveitamento de P pelas plantas cítricas, e uma técnica que vem sendo estudada é a inoculação com fungos micorrízicos vesicular-arbusculares (MVA).

Os fungos MVA se associam às raízes e passam a exercer a função dos pêlos radiculares, aumentando a absorção de nutrientes, ZAMBOLIM & SIQUEIRA (49).

Com a inoculação de fungos MVA, espera-se que os porta-enxertos de citros com doses menores de  $P_2O_5$ , alcancem o mesmo desenvolvimento daqueles com doses maiores sem inoculação.

A maioria dos estudos sobre os efeitos dos fungos MVA nas plantas cítricas, foram desenvolvidos em solos esterilizados e em fase de sementeira. Não se conhece o comportamento desta associação em campo aberto, onde o solo não é esterilizado e ocorre competição com outros microorganismos e com fungos MVA nativos.

O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da inoculação com fungos MVA, fontes e doses de P no crescimento do limoeiro 'Cravo', em condições de viveiro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Adubação fosfatada

As plantas cítricas como todos os vegetais superiores, utilizam-se de nutrientes retirados do ar e do solo para o seu desenvolvimento.

Entre estes nutrientes, destaca-se o P por ser extremamente importante no crescimento inicial, exercendo funções estruturais, de armazenamento e fornecimento de energia. Participa da formação do ATP, da síntese de proteínas, do metabolismo dos carboidratos, dos processos fotossintéticos e respiratórios, EPSTEIN (8) e MALAVOLTA (26).

A falta do P nas plantas cítricas provoca a queda de folhas novas por ocasião da florada, crescimento retardado, produção de frutos cascudos e com columela aberta, afetando a qualidade do suco e reduzindo a produção total, QUIMBRASIL (36).

Por ser um nutriente essencial às plantas e ser frequente sua deficiência aliada ao fenômeno da sua fixação nos solos brasileiros, é necessário fornecê-lo em adubações.

Os vários fertilizantes fosfatados existentes no mercado, diferem basicamente quanto a sua concentração e solubilidade. O superfosfato simples é um dos mais solúveis, sendo obtido pelo tratamento com ácido sulfúrico da rocha fosfática moída. É composto por fosfato monocálcico, contendo aproximadamente 18% de  $P_2O_5$  solúvel em água, 26% de CaO e 12% de S, MALAVOLTA (26).

Devido ao alto custo de importação do ácido sulfúrico para o tratamento da rocha fosfática, torna-se de extrema importância investigar a substituição desses fosfatos solúveis por fontes naturais como as apatitas, que se encontram em extensas jazidas pelo país, OLIVEIRA et alii (33).

A apatita de Araxá é um exemplo de fosfato natural, de origem ígnea, onde o P está ligado ao Ca e ao F, geralmente na estrutura molecular da fluorapatita. Apresenta o P insolúvel em água, tendo cerca de 5% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico a 2%, 42% de CaO, e micronutrientes em quantidades menores, MALAVOLTA (26) e FRANCO (11).

A maioria dos estudos sobre adubação fosfatada na produção de porta-enxertos de citros foi realizada em sementeira. A recomendação quanto a melhor fonte de P é bastante variável, sendo os superfosfatos a mais comum. No Brasil, aproximadamente 6,9 milhões de ha dos solos sob cerrado correspondem a Latossolo Roxo, que possui elevado teor de Fe e Al responsáveis pela fixação do P. HOEFLICH et alii (19).



### 2.1.1. Efeitos nos teores de nutrientes das plantas

As aplicações de adubos fosfatados, promovem alterações nos processos de absorção e translocação de vários nutrientes na planta (4, 6, 7, 32 e 41).

Em relação ao N, existem relatos (7, 32 e 41) sobre a diminuição de sua concentração na matéria-seca (m.s.) das plantas, em consequência do aumento das doses de  $P_2O_5$ . Ocorre correlação negativa entre o P e o N na forma nítrica do solo, ou simplesmente um efeito de diluição devido ao maior crescimento das plantas, Saito e Yamamoto citados por CARVALHO (7). Entretanto, existem divergências quanto a esse resultado, pois outros autores não observaram efeitos do P sobre os teores de N das plantas cítricas, BUENO (4) e CAMARGO (6).

Reduções nos teores de K, como consequência do aumento da adubação fosfatada, foram descritos por vários pesquisadores. Entretanto, este efeito irá depender da concentração do Ca presente nestes adubos: se for baixa ocorrerá sinergismo, caso contrário haverá inibição competitiva. (7, 41 e 45).

O conteúdo elevado de Ca presente no superfosfato simples e apatita de Araxá, contribui para o aumento de seu teor na m.s. total das plantas cítricas adubadas com doses crescentes destes fertilizantes (4, 7 e 32). O Ca é extremamente importante, sendo o nutriente que aparece em maiores proporções nas plantas cítricas. UEXKÜLL (48).

Quanto ao Mg, o efeito do P é variável, tendo sido encontrada tendência de diminuição nos seus teores BUENO (4), de acréscimo SILVA (41) e SOUZA (45) e de não alteração CAMARGO (6) e NICOLI (32), em trabalhos com limoeiro 'Cravo' em fase de sementeira.

Muitos estudos indicam que a adição de P em doses crescentes e em diferentes formas ao substrato de cultivo, diminui o teor de B na m.s. total das plantas, devido ao efeito de diluição ou à inibição competitiva entre os dois nutrientes (4, 7, 32 e 41).

Com relação ao Cu, a indução de sua deficiência causada por adubação fosfatada, é atribuída a vários fatores. O P estimularia o crescimento das plantas, até o suprimento de Cu no solo tornar-se limitante, caracterizando-se o efeito de diluição. Outras causas de deficiência seriam a sua precipitação no solo e raízes e a inibição de absorção pelo excesso de íons fosfato no solo, TIMMER & LEYDEN (47). Entretanto, alguns autores (4, 7, 9 e 32) trabalhando com citros em fase de sementeira, não observaram este efeito depressivo.

Para o Mn, também existem divergências quanto à resposta das plantas adubadas com P. Elevações nos teores foliares em "seedlings" de laranja 'Azeda', foram observadas como resposta a doses crescentes de  $P_2O_5$ , Spencer citado por CAMARGO (6). Já para o limoeiro 'Cravo' em sementeira, menores teores foram encontrados, devido ao uso de superfosfatos (4, 7 e 41), enquanto NICOLI (32) utilizando apatita de Araxá, encontrou maiores teores na m.s. das plantas.

Uma alta dose de  $P_2O_5$  no substrato, pode induzir a carência de Zn. São causas dessa interação o efeito de diluição, diminuição do transporte do elemento da raiz para a parte aérea, insolubilização do Zn na superfície radicular, devido à formação do  $Zn_3(PO_4)_2$  e a inibição não competitiva na absorção do Zn, MALA - VOLTA (26). Esse efeito negativo foi encontrado por vários auto - res que trabalharam com plantas cítricas (2, 4 e 41).

## 2.2. Micorrizas vesicular-arbusculares

O termo micorriza é empregado para designar vários tipos de associações simbióticas, entre fungos do solo e raízes de plantas. Dentre esses tipos, as micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) têm sido relatadas como as mais disseminadas no reino vegetal, ZAMBOLIM & SIQUEIRA (49).

As MVA caracterizam-se pela formação de vesículas e arbúsculos no córtex das raízes das plantas, produção de esporos, geralmente no micélio extrarradicular do fungo e algumas vezes no córtex de raízes velhas. As vesículas podem funcionar como órgãos de reserva ou de propagação, apresentando lipídeos no seu interior, sendo formadas geralmente dentro e algumas vezes fora das raízes. Os arbúsculos são estruturas formadas por finas ramificações dicotômicas de hifas, no interior das células da planta, e constituem pontos de troca de nutrientes entre os simbiontes (25, 30 e 49).

O micélio ativo pode estender-se além de 7 centíme -

tros das raízes colonizadas, RHODES & GERDEMANN (37), explorando o solo fora da zona de depleção que se desenvolve ao seu redor. Devido a isto, aumenta a absorção de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade como o P, Zn e Cu, HOWELER et alii (20).

A disponibilidade de P no solo, constitui um dos mais importantes fatores edáficos que afetam as MVA. Ao mesmo tempo que a maior absorção deste elemento é o principal mecanismo de resposta das plantas à micorrização, ele exerce efeito controlador sobre o grau de colonização nas raízes pelos fungos, SIQUEIRA & FRANCO (42).

As raízes colonizadas absorvem P da mesma reserva de P-lábil do solo que as não micorrizadas. Isto mostra que os fungos micorrízicos não aumentam a disponibilidade do P no solo, e sim a eficiência de absorção do nutriente disponível pela planta, ZAMBOLIM & SIQUEIRA (49).

As MVA podem promover um maior desenvolvimento das plantas quando se usa fosfato de baixa solubilidade, SIQUEIRA & FRANCO (42). Uma explicação para isto é que, como as hifas externas atingem uma maior área de contato com as superfícies onde os íons fosfatos estão se dissociando quimicamente, mais íons devem se dissociar, para que se restaure o equilíbrio da solução.

Em solos com alta capacidade de fixação de P, como os solos sob cerrado, a exploração das MVA associadas com fosfatos naturais, apresenta-se como alternativa para a economia da produção agrícola, bastando para isto um correto manejo dessa associação.

Um dos obstáculos para a exploração comercial da inoculação, está na obrigatoriedade do fungo a raízes ativas, sendo necessário a obtenção do inóculo, através de plantas multiplicadoras cultivadas em substrato previamente desinfestado.

Apesar da possível viabilidade de inoculação dos fungos a nível de campo, existem limitações de seu uso em grandes áreas, principalmente em relação à quantidade de inoculante.

As maiores perspectivas de utilização da inoculação, são para as plantas perenes, que passam pela fase de sementeira para formação de mudas. Isso diminui a quantidade de inóculo necessária para a inoculação, tornando-se viável sua utilização em larga escala, MOSSE (30).

### 2.3. Micorrizas vesicular-arbusculares em citros

A partir da década de 60, a fumigação dos solos para produção de mudas cítricas nos Estados Unidos, tornou-se prática obrigatória para eliminação de patógenos do solo, visando a obtenção de mudas saudáveis, MENGE et alii (29). Verificou-se porém, que as mesmas se apresentavam cloróticas e com desenvolvimento reduzido, o que foi atribuído à toxicidade causada por tal prática. Posteriormente, estudos realizados por KLEINSCHMIDT & GERDEMANN (21) mostraram que, com a adição de solo não fumigado contendo fungos MVA, os sintomas de carência desapareciam. Tornou-se evidente que, com a fumigação do solo, ocorria a eliminação de fungos MVA levan

do as plantas e apresentarem teores deficientes de nutrientes, principalmente P, Zn e Cu.

A partir daí, foram realizados estudos mostrando que as espécies de citros são altamente dependentes de fungos micorrízicos, diferindo quanto ao grau de dependência, LEVY et alii (23).

Trabalho realizado envolvendo três porta-enxertos de citros, fungo MVA Glomus clarum e quatro doses de superfosfato simples, evidenciou a diferença no grau de dependência micorrízica. O limoeiro 'Rugoso' mostrou-se aparentemente mais dependente, seguido pela tangerineira 'Cleópatra' e limoeiro 'Cravo' para produção de matéria-seca (m.s.) total, FONTANEZZI (9).

Em estudos sobre o efeito de três espécies de fungos MVA do gênero Glomus em seis porta-enxertos de citros, foi sugerido que as diferenças quanto à dependência micorrízica, eram devidas às características inerentes às raízes, como presença e comprimento de pelos absorventes e à taxa de crescimento, NEMEC (31).

A eficiência dos fungos MVA, está relacionada com a quantidade de hifas externas desenvolvidas pelo endófito, independente da capacidade de colonização do córtex das raízes, GRAHAM et alii (16).

Vários fatores influenciam a colonização micorrízica nos citros, SIQUEIRA & RIBEIRO (44), mas o nível de fertilidade dos solos tem merecido maiores estudos, principalmente no que se refere ao teor de P. Diversos trabalhos a nível de sementeira (5, 17, 18, 23 e 28) têm demonstrado que altas doses de  $P_2O_5$  diminuem a taxa de colonização e a produção de esporos dos fungos, e que

plantas micorrizadas apresentam maiores teores de P, além de outros nutrientes, quando comparadas com plantas não micorrizadas.

Laranjeiras 'Azeda' e citrangeiras 'Troyer' micorrizadas e sem adição de fertilizante fosfatado, apresentaram os mesmos valores de peso de m.s. total que as não micorrizadas, fertilizadas com 278 e 56 ppm de P, respectivamente. As plantas micorrizadas apresentaram também, maiores concentrações de P, Zn, Mn e Fe nos tecidos, MENGE et alii (28).

O limoeiro 'Cravo' na presença de fungos MVA, apresentou aumento de 80% na quantidade absorvida de P, K, Ca e Mg e 75% na taxa de crescimento, comparado à testemunha, CALDEIRA et alii (5).

Para a tangerineira 'Cleópatra', foram encontrados aumentos significativos nos teores de P, Zn e Mn na parte aérea e raiz, quando inoculada com Glomus fasciculatum, MANJUNATH et alii (27).

Deficiência de cobre, tem sido observada após a aplicação de fertilizantes fosfatados, não se conhecendo o correto mecanismo dessa indução. Em laranjeiras 'Azeda' inoculadas com fungos micorrízicos, essa deficiência foi menos severa, TIMMER & LEYDEN (47).

Em estudos sobre o efeito de Glomus mosseae em limoeiro 'Rugoso', foram observadas concentrações maiores de P e Cu e menores de N, K e Ca nas folhas das plantas inoculadas, KRIKUN & LEVY (22).

O limoeiro 'Cravo', inoculado com Acaulospora morrowae

apresentou maiores taxas de colonização micorrízica e maiores teores de P, K e Zn na m.s. total, quando comparado com Glomus clarum e testemunha, CAMARGO (6).

Em outro estudo, o limoeiro 'Cravo' inoculado, apresentou aumentos nos teores de P, K, Ca e Mg, respectivamente de 19,3; 18,7; 11,8 e 9,1 vezes em relação à testemunha, Zambolim e Pinto citados por ZAMBOLIM & SIQUEIRA (49).

A expectativa do emprego de fungos associados às raízes dos citros — que pela sua natureza são pobres em radicelas — em aumentar a absorção de P e, pois, de racionalizar seu emprego, deverá ser testada a nível de campo.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de março a dezembro de 1987 em área experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais.

O município de Lavras situa-se a  $21^{\circ}14'06''$  de Latitude Sul e a  $45^{\circ}00'00''$  de Longitude W.Gr. em uma altitude de 918 m.

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. Cultivar

Foram utilizados limoeiros 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) em ponto de repicagem, obtidos em casa de vegetação, inoculados ou não com os fungos micorrízicos Glomus clarum Nicolson & Schenck e Acaulospora morrowae Spain & Schenck que já haviam se mostrado efetivos em experimento anterior, FONTANEZZI et alii(10). Os limoeiros na etapa de sementeira fizeram parte de um experimento

to que se prestou para a dissertação de CAMARGO (6).

### 3.1.2. Tipo de solo

As plantas foram repicadas para um solo classificado como Latossolo Roxo, anteriormente sob cerrado. Uma amostra com - posta de material superficial deste solo foi submetida a análises química e granulométrica e os resultados são apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Valores de componentes químicos e granulométricos do solo do viveiro, ESAL, Lavras, 1987.

P	K	Ca	Mg	Al	V	C	M.O.	pH	Areia	Limo	Argila
ppm		meq/100 cc				%			%		
5	25	2,9	0,9	0,1	55	1,3	2,3	5,9	27	23	50

Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

### 3.1.3. Fontes de P

O P foi fornecido através do superfosfato simples

com cerca de 18,5% de  $P_2O_5$  solúvel em citrato neutro de amônio e água (CNA)<sup>(a)</sup>, 26% de CaO e 11,6% de S e apatita de Araxá com 5% de  $P_2O_5$  solúvel em CNA<sup>(a)</sup> e 42% de CaO, MALAVOLTA (26).

O nitrato de potássio ( $KNO_3$ ) foi utilizado como fonte de N em todos os tratamentos, sendo aplicado em cobertura. Possui em sua constituição 13% de N e 44% de  $K_2O$ , MALAVOLTA (26).

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Delineamento experimental

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados com esquema fatorial (3 x 2 x 4) em 3 repetições, sendo três tratamentos de inoculação, duas fontes de P em quatro doses cada.

Os tratamentos relacionados à inoculação foram:

- plantas não inoculadas
- plantas inoculadas com Glomus clarum
- plantas inoculadas com Acaulospora morrowae.

Como fonte de P foram testados o superfosfato sim -

---

(a) Análises realizadas no Laboratório de Análise de Adubos do Departamento de Química da ESAL.

ples (SS) e a apatita de Araxá (AA) nos níveis 0, 1, 2, 4 correspondendo respectivamente às doses 0; 7,5; 15 e 30 g  $P_2O_5$ /m linear de sulco de plantio.

Adotou-se como base para adubação fosfatada a dose de 15 g  $P_2O_5$ /m linear utilizada normalmente nos viveiros.

As quantidades de SS e AA correspondentes às quatro doses de  $P_2O_5$  foram respectivamente 0, 41, 82, 164 e 0, 150, 300, 600 g/m linear.

A parcela foi constituída de 16 plantas divididas em 4 fileiras no espaçamento de 1 m entre linhas e 30 cm entre plantas. A área útil considerada foram as 4 plantas centrais.

### 3.2.2. Instalação e condução do experimento

No mês anterior à instalação do experimento foi feito o preparo do solo através de aração e gradagem e os sulcos foram abertos com 40 cm de profundidade, aplicando-se o fertilizante fosfatado correspondente a cada tratamento.

Metade das plantas pertencentes ao experimento anteriormente executado por CAMARGO (6), formaram as parcelas e foram repicadas quando atingiram 10 cm do colum à gema apical.

Após o pegamento das plantas, realizaram-se desbrotas frequentes a fim de conduzi-las em haste única.

Foram feitos tratamentos culturais normais para viveiro.

As adubações nitrogenadas foram feitas utilizando-se 0,6% do nitrato de potássio em todos os tratamentos totalizando 4 aplicações.

Foi verificado ataque de Acromyrmex sp. ou formiga quenquém, caracterizado pelo corte das folhas, sendo controlado pelo uso de iscas tóxicas, GALLO (12).

### 3.2.3. Avaliações

A cada 90 dias pós-repíagem foram tomadas medidas de altura de plantas e diâmetro do colum utilizando-se régua milimetrada e paquímetro, respectivamente.

Quando 80% do total dos porta-enxertos atingiram o ponto de enxertia, 1 cm de diâmetro à altura de 15 cm do solo, foram desplantados à profundidade de 40 cm e as seguintes características avaliadas: taxa de colonização micorrízica nas raízes, peso e teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn, Zn) na m.s. total.

Para determinação da taxa de colonização, amostras de 500 mg de raízes foram conservadas em FAA (13 ml de formalina + 200 ml de etanol 50% + 5 ml de ácido acético glacial), clarificadas em KOH a 10% e coradas com azul tripano seguindo-se a metodologia descrita por PHILLIPS & HAYMAN (35). A porcentagem do comprimento das raízes colonizadas foi determinada pelo método da placa quadriculada de acordo com GIOVANNETTI & MOSSE (15).

As plantas após serem lavadas em água corrente, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com aeração a 70°C até obtenção do peso constante. Após secagem, o material foi pesado em balança eletrônica e moído para determinação dos teores de nutrientes.

Para o N adotou-se o método de Kjeldahl; o P e o B foram determinados por colorimetria com molibdato e vanadato de amônio; o K por fotometria de chama e o Ca, Mg, Cu, Mn e Zn por espectro-fotometria de absorção atômica, através da digestão das amostras com ácido nítrico-perclórico, conforme SARRUGE & HAAG(38).

Amostras do solo foram retiradas em cada parcela e submetidas à técnica do peneiramento úmido segundo GERDEMANN & NICOLSON (14), em peneiras com malhas de aberturas 0,710 e 0,053 mm e o material retido nestas, foi centrifugado por 3 minutos em água e 2 minutos em solução de sacarose 50%, para extração dos esporos presentes.

#### 3.2.4. Análises estatísticas

As análises dos dados foram baseadas em modelos recomendados para o delineamento experimental utilizado. Os dados obtidos na última avaliação foram submetidos à análise de variância. Aplicou-se o teste Tukey a 5% para comparação das médias relativas à inoculação e para as doses de  $P_2O_5$  utilizou-se o estudo da análise de regressão.

#### 4. RESULTADOS

Os resumos das análises de variância para os valores de colonização micorrízica, nutrientes, altura de plantas, diâmetro do caule e peso de matéria-seca (m.s.) total dos limoeiros 'Cravo' encontram-se nos Quadros 1 a 4 do Apêndice.

##### 4.1. Colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós-repicagem

*Esp* Não houve efeito da inoculação com fungos MVA e das fontes de P utilizadas, superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA), na taxa de colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros 'Cravo', Quadro 2.

Com relação às doses de  $P_2O_5$ , a equação de regressão para as taxas de colonização micorrízica nas raízes encontra-se na Figura 1. A equação é de natureza quadrática estimando uma mínima colonização micorrízica de 56,67% com a dose 0,73 t  $P_2O_5$ /ha

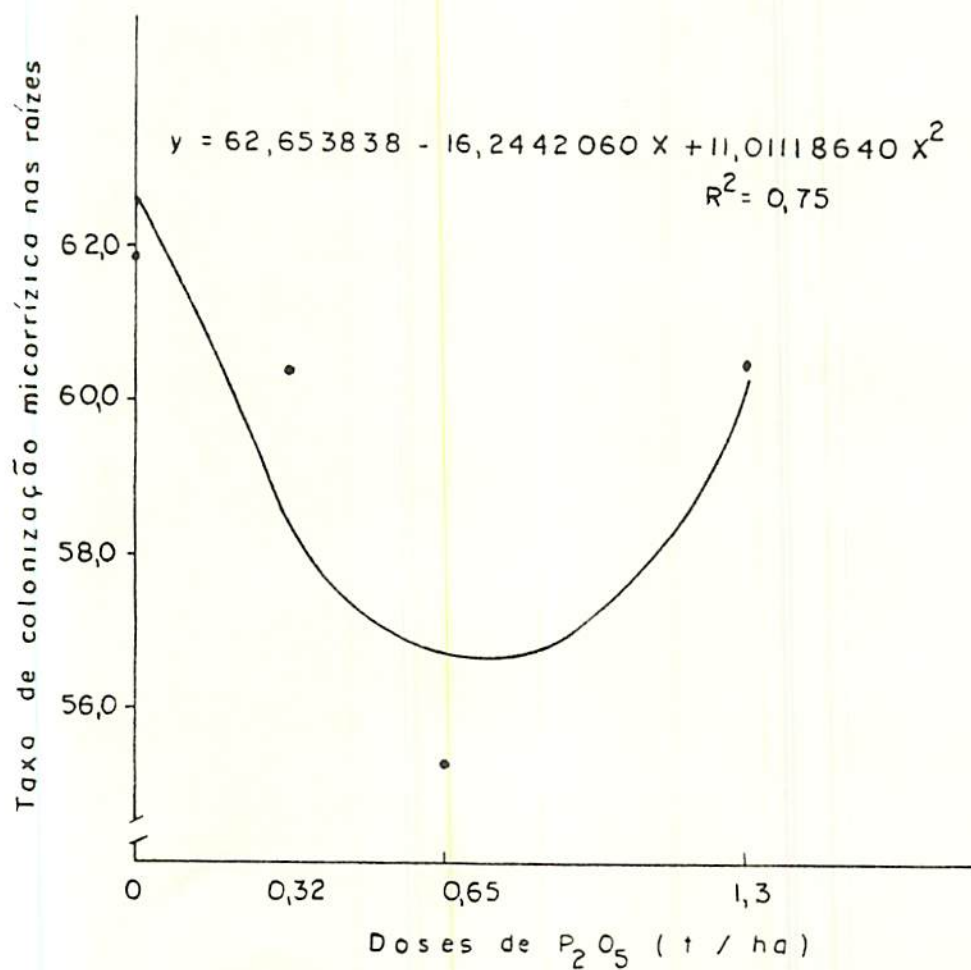


FIGURA 1 - Equação de regressão para as taxas de colonização micorrízica nas raízes de limoeiros 'Cravo', em relação às doses de  $P_2O_5$  utilizadas. ESAL, Lavras, 1990.



QUADRO 2 - Valores médios das taxas de colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.

Fontes de P	Inoculação			Médias
	Não inoculado	<u>Glomus clarum</u>	<u>Acaulospora morrowae</u>	
SS	59,74	58,30	60,91	59,65 a
AA	62,25	57,74	58,41	59,47 a
Médias	60,99 A	58,02 A	59,66 A	59,56

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

aplicada ao solo.

Não foram encontrados esporos de fungos MVA nas amostras de solo analisadas.

#### 4.2. Teores de nutrientes na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós repicagem

##### 4.2.1. Macronutrientes

Para os teores de N, P, K, Ca e Mg na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' não houve efeito da inoculação com os fungos

MVA, Quadro 3. Também não foi verificado efeito das doses de  $P_2O_5$  aplicadas ao solo.

QUADRO 3 - Médias dos teores de N, P, K, Ca e Mg na matéria - seca total dos limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.

Nutri- entes	Fontes de P	Inoculação		
		Não inoculado	<u>Glomus clarum</u>	<u>Acaulospora morrawae</u>
(%)				
N	SS	0,90	0,98	0,92
	AA	0,94	0,88	0,91
P	SS	0,14	0,11	0,11
	AA	0,11	0,11	0,10
K	SS	0,69	0,85	0,75
	AA	0,76	0,80	0,80
Ca	SS	1,41	1,46	1,33
	AA	1,30	1,34	1,23
Mg	SS	0,13	0,12	0,12
	AA	0,12	0,12	0,11

Para cada nutriente, as médias não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Não houve efeito significativo das fontes de P estu-

dadas nos teores dos macronutrientes da m.s. total à exceção do Ca que teve um aumento quando a fonte de P utilizada foi o SS, Quadro 4.

QUADRO 4 - Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) dos teores de N, P, K, Ca e Mg na matéria-seca total dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1989.

Nutrientes (%)	Fontes de P	Doses (t P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)				Médias
		0	0,32	0,65	1,3	
N	AA	0,96	0,90	0,88	0,90	0,91 A
	SS	0,90	0,88	0,98	0,98	0,94 A
P	AA	0,12	0,12	0,10	0,11	0,11 A
	SS	0,16	0,10	0,11	0,11	0,12 A
K	AA	0,79	0,75	0,82	0,78	0,79 A
	SS	0,78	0,72	0,78	0,78	0,76 A
Ca	AA	1,34	1,25	1,23	1,34	1,29 B
	SS	1,30	1,33	1,53	1,49	1,41 A
Mg	AA	0,13	0,12	0,11	0,12	0,12 A
	SS	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13 A

Para cada nutriente, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

## 4.2.2. Micronutrientes

Para os teores de B, Cu, Mn e Zn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', não houve efeito da inoculação com os fungos MVA e das fontes de P utilizadas, Quadro 5.

QUADRO 5 - Médias dos teores de B, Cu, Mn e Zn na matéria-seca total dos limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.

Nutri <u>en</u> tes (ppm)	Fontes de P	Inoculação			Médias
		Não inoculado	<u>Glomus clarum</u>	<u>Acaulospora morrowae</u>	
B	SS	25,56	26,28	25,86	25,90
	AA	25,82	25,89	25,86	25,86
Cu	SS	8,08	11,70	7,71	9,16
	AA	10,21	8,77	11,23	10,07
Mn	SS	10,53	11,39	10,22	10,71
	AA	10,47	12,01	10,59	11,02
Zn	SS	14,90	14,53	14,75	14,72
	AA	14,36	15,75	15,06	15,06

Para cada nutriente, as médias não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Com relação às doses de  $P_2O_5$  estudadas, houve efeito significativo apenas para os teores de B e Zn da m.s. total. As equações de regressão são apresentadas na Figura 2, sendo de natureza linear estimando decréscimos de aproximadamente 2,0 e 2,34 ppm nos teores de B e Zn respectivamente para cada t de  $P_2O_5$ /ha aplicada ao solo.

#### 4.3. Crescimento dos limoeiros 'Cravo' nove meses pós-repica - gem

##### 4.3.1. Altura de plantas e diâmetro do caule

✓ Com relação a estes parâmetros, observa-se interação entre fonte de P e inoculação com fungos MVA à qual se explica pelo fato das fontes diferirem apenas para o fungo MVA Glomus clarum. Quadro 6 e 7.

Com relação às doses de  $P_2O_5$  estudadas, as equações de regressão para altura de plantas e diâmetro do caule estão apresentadas na Figura 3. As equações são de natureza linear estimando acréscimos aproximados de 20,50 cm e 2,40 mm nos valores de altura de plantas e diâmetro do caule para cada t de  $P_2O_5$ /ha aplicada ao solo.

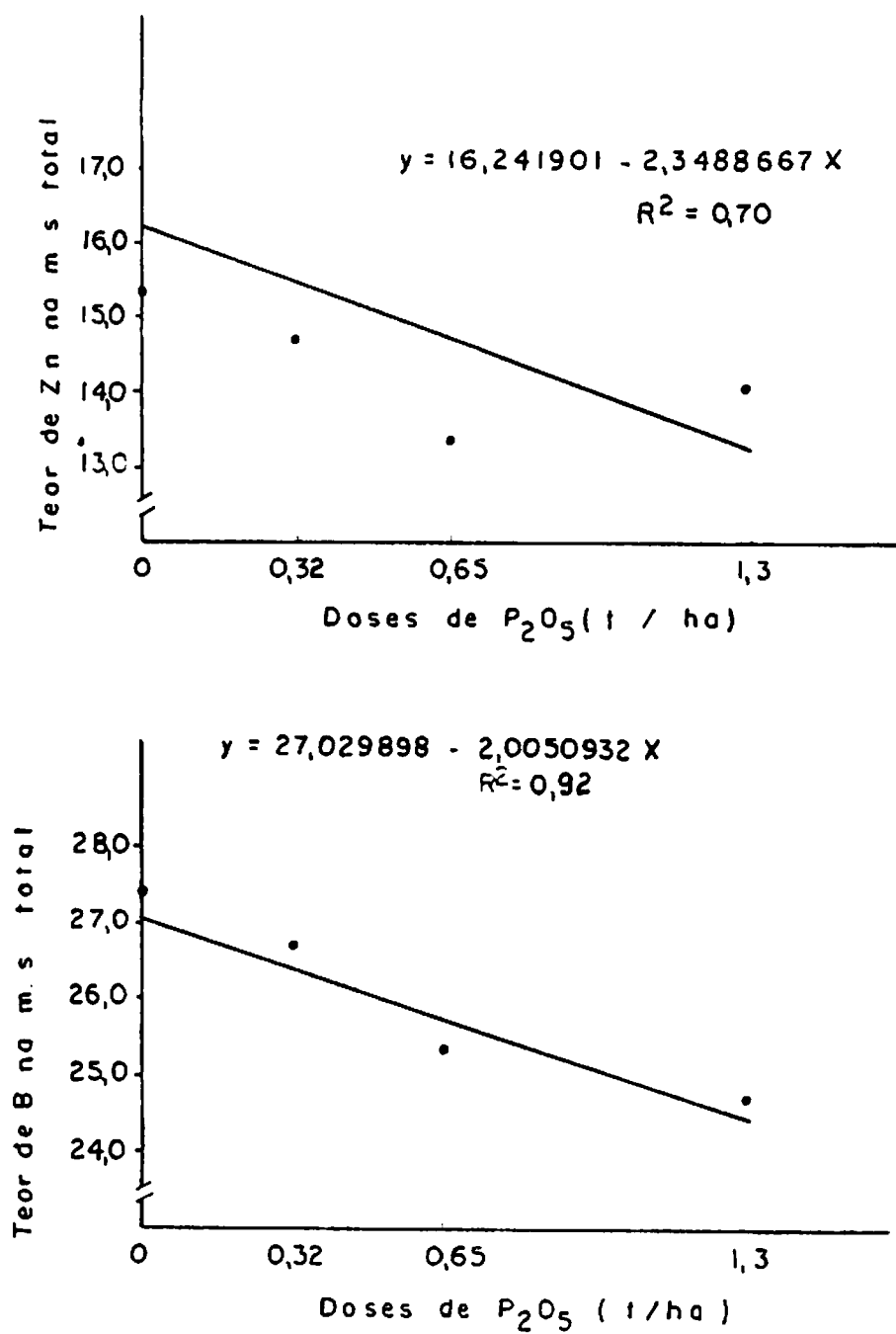


FIGURA 2 - Equações de regressão para os teores de B e Zn na matéria-seca total dos limoeiros 'Cravo', em relação às doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas. ESAL, Lavras, 1990.

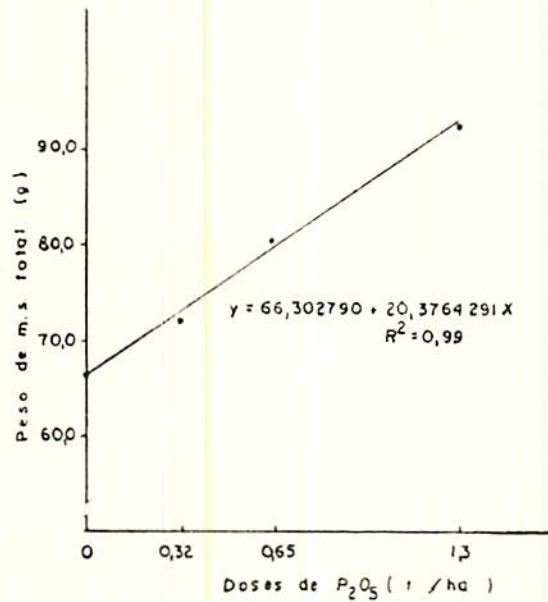
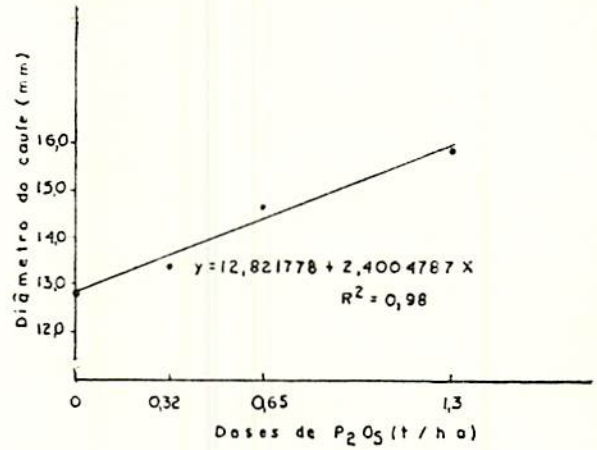
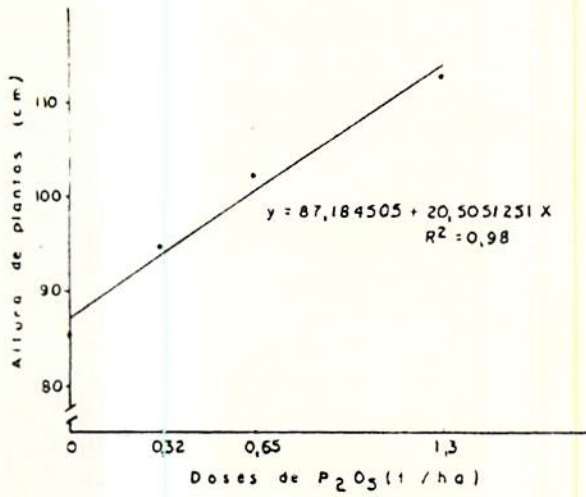


FIGURA 3 - Equações de regressão para os valores de altura de plantas, diâmetro do caule e peso de matéria-seca total de limoeiros, 'Cravo' em relação às doses de  $P_2O_5$  utilizadas. ESAL, Lavras, 1990.

QUADRO 6 - Médias referentes à altura (cm) de limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.

Fontes de P	Inoculação			Médias
	Não inoculado	<u>Glomus clarum</u>	<u>Acaulospora morrowae</u>	
SS	103,71 Aa	108,50 Aa	97,47 Aa	103,22
AA	97,08 Aa	87,47 A b	99,50 Aa	94,68
Médias	100,40	97,99	98,47	98,95

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey e F respectivamente, ao nível de 5% de significância.

QUADRO 7 - Médias referentes ao diâmetro do caule (mm) de limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.

Fontes de P	Inoculação			Médias
	Não inoculado	<u>Glomus clarum</u>	<u>Acaulospora morrowae</u>	
SS	14,38 Aa	15,63 Aa	14,03 Aa	14,68
AA	13,68 Aa	13,05 A b	14,42 Aa	13,72
Médias	14,03	14,34	14,22	14,20

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey e F respectivamente, ao nível de 5% de significância.

*diferem só na coluna*



## 4.3.2. Peso de m.s. total

Para os pesos de m.s. total dos limoeiros 'Cravo' não foi verificado efeito da inoculação com os fungos MVA e das fontes de P estudadas, Quadro 8.

QUADRO 8 - Médias referentes ao peso de matéria-seca total (g) dos limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e diferentes fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.

Fontes de P	Inoculação			Médias
	Não inoculado	<u>Glomus clarum</u>	<u>Acaulospora morrowae</u>	
SS	75,40	89,95	80,44	81,93 a
AA	73,16	70,83	78,46	74,07 a
Médias	74,28 A	80,39 A	79,45 A	78,00

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Para as doses de  $P_2O_5$ , a equação de regressão está apresentada na Figura 3. A equação é de natureza linear estimando um acréscimo aproximado de 20,4 g no peso de m.s. total para cada t de  $P_2O_5$ /ha aplicada ao solo.

## 5. DISCUSSÃO

A taxa de colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros 'Cravo', previamente inoculadas com fungos MVA, não diferiu das plantas repicadas sem inoculação. No solo não esterilizado, os fungos MVA nativos colonizaram as raízes das plantas que não haviam sido inoculadas.

Em estudo de inoculação com fungos MVA nas raízes de limoeiros 'Cravo', em substrato previamente desinfestado, houve efeito de Acaulospora morrowae na absorção de nutrientes. Provavelmente, este efeito foi devido à ausência de espécies nativas do solo, que poderiam competir com as introduzidas, CAMARGO (6).

Em outro estudo, verificou-se o efeito de inoculação com Glomus etunicatum e Glomus mosseae em diversos porta-enxertos de citros e em diferentes solos fumigados ou não. Não houve resposta à inoculação nos solos não fumigados, devido à ação dos fungos MVA nativos, Nemeç e Patterson citados por ANTUNES (1).

Os resultados obtidos neste estudo são semelhantes aos de HOWELER et alii (20), indicando que a resposta positiva à inoculação com fungos MVA, depende da quantidade e qualidade dos en

dófitos presentes no solo não esterilizado.

Portanto, é imprescindível definir, se a inoculação com fungos MVA em determinadas áreas é uma prática benéfica. Para isso, é necessário conhecer a efetividade dos fungos nativos, SA-SA & ZAHKA (39).

Neste estudo, as espécies de fungos MVA presentes nas raízes das plantas, não puderam ser identificadas devido à ausência de esporos nas amostras. Uma possível explicação para esse fato é que, os fungos MVA são dependentes do ciclo das plantas para esporulação. Sendo o limoeiro uma planta perene, o seu estado fisiológico determinante da produção de esporos, pode necessitar de maior período de tempo, em relação ao que acontece com as plantas anuais. As raízes que vão surgindo, tornam-se infectadas pelo micélio de outras raízes antes que ocorra a esporulação, SIQUEIRA & FRANCO (42). Outra hipótese é que, como a esporulação é afetada pela temperatura, SCHENCK & SCHRODER (40), aeração, MOSSE (30), umidade do solo e disponibilidade de nutrientes, SIQUEIRA & FRANCO (42), qualquer desses fatores estaria afetando e impedindo a esporulação dos fungos MVA.

O superfosfato simples (SS) e a apatita de Araxá(AA), apresentaram o mesmo comportamento em relação à taxa de colonização micorrízica nas raízes, concordando com CAMARGO (6), que trabalhou com o mesmo cultivar em sementeira. Este resultado reforça a possibilidade de utilização das MVA, visando aumentar a eficiência de rochas fosfatadas já estudadas por SIQUEIRA & FRANCO (42).

Diversos autores (5, 17, 18, 23 e 28) relataram o e-

feito inibitório na taxa de colonização micorrízica, causado por altas doses de  $P_2O_5$ . Isto pode ser explicado a partir da hipótese de SIQUEIRA et alii (43), de que o P controla o grau de colonização das raízes pelos fungos MVA, através do metabolismo de carboidratos da planta hospedeira. Entretanto, as doses de  $P_2O_5$  consideradas inibitórias à colonização micorrízica, são dependentes de características inerentes à espécie de fungo, às plantas hospedeiras e ao substrato utilizado (42, 44 e 46).

Na rizosfera das plantas em estudo, estavam atuando fungos introduzidos e nativos, não sendo possível determinar as espécies que estavam colonizando as raízes. Assim, é possível que até a dose  $0,65t P_2O_5/ha$ , as espécies de fungos que estavam colonizando as raízes, tiveram sua colonização reduzida pelo aumento das doses de  $P_2O_5$ . A partir daí, outras espécies nativas, mais adaptadas a altas doses de  $P_2O_5$  no solo, podem ter novamente aumentado as taxas de colonização das raízes. Algumas espécies de fungos MVA são mais tolerantes e podem mesmo ser estimuladas por altas doses de  $P_2O_5$  no solo, Mosse citada por ZAMBOLIM & SIQUEIRA (49).

Os teores de N, P, K, Ca e Mg na matéria-seca (m.s.) total das plantas previamente inoculadas, não diferindo das plantas não inoculadas e que foram colonizadas por fungos nativos, sugerem a eficiência destes fungos no aproveitamento daqueles nutrientes.

Vários autores observaram diminuição na concentração de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' em sementeira, com a adição de fertilizantes fosfatados, caracterizando-se a correlação

negativa, ou o efeito de diluição (7, 32, 41 e 45). Neste estudo, provavelmente as quantidades de  $\text{KNO}_3$  fornecidas em cobertura, supriram o N necessário, e as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  utilizadas não foram suficientes para estabelecerem correlação negativa com o N, concordando com CAMARGO (6) e LIRA (24).

Com relação ao teor de P na m.s. total das plantas, o resultado deste estudo difere de outros encontrados por vários autores (1, 4, 6, 7, 24 e 41), que trabalhando com o mesmo porta-enxerto, obtiveram aumentos significativos, acompanhando as doses crescentes de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Entretanto, houve maior crescimento das plantas em função das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  adicionadas ao solo. Isto indica que estas plantas absorveram maiores quantidades de P, que foi utilizado para seu crescimento, e que a disponibilidade de P no solo não foi suficiente para determinar aumentos na concentração.

Baixa concentração iônica de K na solução do solo, favorece as associações micorrízicas nas raízes, segundo Kemler citado por SIQUEIRA & RIBEIRO (44). O solo utilizado neste estudo possuía baixos teores de K, o que deve ter favorecido a micorrização por fungos nativos, não diferenciando seus resultados aos dos fungos introduzidos.

Diminuições nos teores de K na m.s. total de limoeiros 'Cravo' cultivados em sementeira, foram obtidos por CAMARGO (6) e CARVALHO (7) com o aumento nas doses de adubos fosfatados adicionadas aos substratos de cultivo devido ao Ca normalmente presente. Entretanto em outros estudos (4, 24 e 32), não foi constatada a influência da adição de adubos fosfatados em doses crescentes nos teores deste nutriente concordando com os resultados obtidos

neste estudo.

As quantidades de  $KNO_3$  fornecidas em cobertura, sendo iguais para todos os tratamentos, forneceu as mesmas quantidades de K para todas as plantas, eliminando o efeito antagônico causado por alta concentração de Ca nos adubos fosfatados.

Adição de SS proporcionando aumentos nos teores de Ca na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', confirma os resultados obtidos em condições de sementeira por outros autores (6, 7, 9, 32 e 41), sendo atribuídos à presença do nutriente neste fertilizante em forma disponível às plantas. Embora a AA tenha maior teor de Ca que o SS, esse nutriente não está prontamente disponível para as plantas, o que explica menores teores quando utilizada a AA. Porém este resultado não influenciou o crescimento das plantas em altura, diâmetro e peso de m.s. total, pois para estes parâmetros não houve diferença entre as fontes de P estudadas.

Para o caso do Mg, diversos autores (8, 26 e 45) mencionam haver uma associação sinérgica com o P. Neste estudo os teores de P foram semelhantes em todos os tratamentos, não variando os teores de Mg na m.s. total das plantas. Este resultado concorda com os obtidos por CARVALHO (7) e NICOLI (32) que trabalharam com o mesmo porta-enxerto em vasos e sementeira, respectivamente.

Limoeiros 'Cravo' previamente inoculados e os não inoculados, apresentaram teores semelhantes de B, Cu, Mn e Zn na m.s. total, sugerindo mais uma vez, que os fungos nativos foram tão eficientes quanto os selecionados para inoculação em sementeira.

Com a adição de doses crescentes de  $P_2O_5$ , independentemente da diferença de solubilidade das fontes utilizadas, ocorreram diminuições nos teores de B das plantas, confirmando os resultados obtidos por outros autores (4, 7, 9, 32 e 41) para o mesmo porta-enxerto em sementeira. Este efeito pode ser atribuído à inibição competitiva, que ocorre entre o P presente nos fertilizantes e o B existente no solo, ou à diluição do nutriente no tecido das plantas.

Não foram constatadas diferenças nos teores de Cu e Mn na m.s. das plantas, com adição ao solo de doses crescentes de  $P_2O_5$ , concordando com outros autores (6, 7, 9 e 24) para o mesmo porta-enxerto. Este resultado, indica que o solo utilizado possuía elevados teores de Cu e Mn. Por outro lado, CAMARGO (6) e NICOLI (32), encontraram aumentos nos teores de Mn dos limoeiros 'Cravo' em sementeira utilizando AA que possui 0,042% deste nutriente na sua constituição, segundo FRANCO (11).

A adição de doses crescentes de  $P_2O_5$  ao solo, reduziram os teores de Zn das plantas, evidenciando os resultados obtidos em outros estudos (4, 24, 41 e 45) e discordando de NICOLI (32) no trabalho acima citado, que obteve aumentos com o uso da AA. Esse efeito pode ser, entre outros fatores, devido à interação P-Zn no solo, ou à diluição deste nutriente na planta, conforme sugerido por OLSEN et alii (34).

A inoculação de fungos MVA, não alterando a absorção de nutrientes, não influenciou o crescimento dos limoeiros 'Cravo' provavelmente devido a efetividade dos fungos nativos, presentes no solo utilizado. Entretanto, SS beneficiou o crescimento em al-

tura e diâmetro do caule, quando foi utilizado o fungo Glomus clarum. Isto indica que esta espécie de fungo necessita de condições de alta fertilidade do solo para contribuir no crescimento das plantas confirmando a afirmação de Mosse citada por ZAMBOLIM & SIQUEIRA (49). Este efeito não foi verificado para o peso de m. s. total das plantas, provavelmente devido à metodologia utilizada para retirada das raízes. Só foi possível recolher as raízes até aproximadamente 40 cm de profundidade, o que pode ter influenciado o peso de m.s. total, pela perda de muitos segmentos de raízes no solo.

A maioria dos estudos (1, 4, 6, 7 e 32) sobre adubação fosfatada em limoeiro 'Cravo', foi realizada em sementeira, mostrando seu efeito positivo e confirmando a importância do P para o crescimento das plantas.

Os maiores valores em altura e diâmetro com a interação entre Glomus clarum e SS, foram provavelmente devidos ao maior aproveitamento do P, sendo notório o fato deste nutriente promover o crescimento das plantas cítricas, BLACK (3).

Independente da fonte de P, o aumento nas doses de  $P_2O_5$  aplicadas ao solo, resultou em aumentos na altura do diâmetro do caule e peso de m.s. total das plantas, apesar da influência negativa na absorção de nutrientes como B e Zn. Este aumento é devido ao maior aproveitamento de P pelas plantas, sem entretanto ser traduzido em aumento do seu teor, em função da diluição provocada por maior crescimento. Apesar de não ter sido analisado o solo no final do experimento, este resultado indica que o teor de P no solo foi insuficiente para o pleno crescimento das plan -



tas. Mesmo com uma dose considerada alta, o dobro da normalmente utilizada em viveiro, as plantas não atingiram seu máximo crescimento, assemelhando-se aos resultados obtidos por CAMARGO (6) e CARVALHO (7) em sementeira.

Não foram encontradas referências à respeito de teores de nutrientes padrões para o limoeiro 'Cravo' em ponto de enxertia. Devido a isto, são apresentados no Quadro 9 os teores determinados neste estudo e os encontrados por outros autores para o mesmo porta-enxerto, porém em ponto de repicagem.

Com os resultados deste estudo nota-se a necessidade de trabalhos a nível de campo, envolvendo outras espécies de fungos micorrízicos e de porta-enxertos de citros. É necessário não apenas conduzir novas pesquisas em condições de viveiro, mas fazer um acompanhamento das mudas que serão formadas e transferidas para locais diferentes, onde haverá influência do clima, do solo e competição com microrganismos do solo. Outro ponto importante que necessita ser verificado, é se a inoculação com fungos MVA influencia a produção de frutos, que é o objetivo da exploração comercial.

QUADRO 9 - Teores médios de nutrientes na matéria-seca total de limoeiros 'Cravo' determinados em vários estudos. ESAL, Lavras, 1990.

N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Mn	Zn	Autores
%				ppm					
0,92	0,11	0,77	1,35	0,12	25,88	9,61	10,86	14,89	Presente trabalho
1,04	0,20	2,11	1,07	0,38	29,00	9,00	160,00	116,00	CAMARGO (6)
1,54	0,15	0,79	1,33	0,12	30,73	6,07	81,92	12,62	CARVALHO (7)
3,36	0,05	1,05	0,80	0,08	25,04	6,33	307,00	23,81	NICOLI (32)
3,24	0,06	0,90	1,33	0,11	22,41	5,80	98,16	16,90	SILVA (41)
1,81	0,14	1,23	1,14	0,15	19,05	6,31	81,28	28,18	BUENO (4)
3,62	0,13	1,24	1,68	0,32	37,33	47,52	253,71	76,69	FONTANEZZI (9)
1,77	0,39	2,08	1,09	0,28	23,78	9,53	102,76	35,26	LIRA (24)

## 6. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido este estudo, os resultados apresentados permitem as seguintes conclusões:

1. O fungo micorrízico Glomus clarum é dependente de fontes solúveis de P para favorecer o crescimento do limoeiro 'Cravo' em altura e diâmetro.
2. Adubos fosfatados adicionados em doses crescentes, proporcionam crescimentos correspondentes dos limoeiros. Mesmo sendo altas, as doses de  $P_2O_5$  usadas não foram suficientes para promover o máximo crescimento das plantas. Com relação aos teores de B e Zn da matéria-seca total da planta, ocorre efeito antagônico com o P dos adubos com diminuições respectivamente de 9,64 e 18,80%.
3. Os efeitos considerados negativos das fertilizações com superfosfato simples e fosfato de Araxá em diferentes doses não foram suficientes para causarem as mesmas reações no crescimento do limoeiro 'Cravo' no viveiro.
4. O nitrato de potássio é eficiente na correção do antagonismo normalmente existente entre o superfosfato simples e o K da matéria-seca total das plantas.

## 7. RESUMO

Os porta-enxertos de citros necessitam de fósforo para crescimento adequado e são dependentes das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) que geralmente aumentam a absorção deste nutriente encontrado em teores muito baixos nos solos sob cerrado, comuns na região agrícola do Brasil. Devido a isto, conduziu-se o presente estudo para verificar os efeitos da inoculação com fungos MVA, fontes e doses de fósforo no crescimento do limoeiro (Citrus limonia Osbeck cv Cravo) em viveiro. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com esquema fatorial 2 x 4 x 3 e três repetições. O primeiro fator refere-se às fontes superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA), o segundo às doses 0; 7,5; 15 e 30 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro linear de sulco de plantio e o terceiro à inoculação com Acaulospora morrowae, Glomus clarum e não inoculação. As plantas foram repicadas para um Latosolo Roxo e conduzidas até 80% atingirem o ponto de enxertia. Foram avaliadas as seguintes características: taxa de colonização micorrízica nas raízes, teores de nutrientes, altura, diâmetro e peso de matéria-seca total das plantas. O fungo micorrízico Glomus clarum foi dependente de fontes solúveis de P para favorecer o

crescimento do limoeiro em altura e diâmetro. Doses crescentes de  $P_2O_5$  independente da fonte, proporcionaram aumentos nas características de crescimento avaliadas e diminuições nos teores de B e Zn da matéria-seca total em 9,64 e 18,80%, respectivamente. Não houve efeito da inoculação com os fungos MVA devido a efetividade dos nativos do solo.

## 8. SUMMARY

EFFECTS OF VAM FUNGUS, SOURCES AND DOSAGES OF PHOSPHORUS IN 'RANGPUR LIME' AFTER TRANSPLANTING.

Root stocks of citrus need phosphorus for their growth and are dependent on vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) fungus which usually increase phosphorus uptake, specially in cerrado soils, where it occurs in low amounts. Due to this fact this study was carried out to verify the effects of VAM fungus inoculation and sources and dosages of phosphorus on lemon tree (Citrus limonia Osbeck cv Rangpur Lime) growth under nursery conditions. The experimental design was randomized complete blocks in 2 x 4 x 3 factorial scheme and three replications. The first factor was phosphorus sources such as simples superphosphate (SS) and Apatite of Araxá (AA), applied at dosages of 0, 7.5, 15 and 30 g of  $P_2O_5$  per meter of furrow, and the third factor was inoculation with Acaulospora morrowae, Glomus clarum and no inoculation. Plants were transferred to a dusk latosol and grown until 80% reached grafting stage. The following traits were evaluated: colonization ratio, amounts of nutrients, height, stem diameter, and

total dry matter weight. The mycorrhiza fungus Glomus clarum depended on sources of soluble P to increase lemon tree height and diameter. Increasing doses of  $P_2O_5$ , independent of sources, increased growth characteristics and reduced amounts of B and Zn in total dry matter by 9.64 and 18.80%, respectively. There was no effect of VAM fungus inoculation due to the effectiveness of native soil fungi.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTUNES, V. Crescimento do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) sob influência da inoculação com fungo micorrízico vesículo-arbusculares e da aplicação de fósforo. Piracicaba, ESALQ, 1987. 99p. (Tese MS).
2. BINGHAM, F.T. & MARTIN, J.P. Effect of soil phosphorus on growth and minor element nutrition of citrus. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 20(3):382-5, July 1956.
3. BLACK, C.A. Soil-plant relationships. New York, John Wiley & Sons, 1968. 792p.
4. BUENO, D.M. Efeito do superfosfato triplo no crescimento inicial de porta-enxertos de citros em diferentes tipos de solos. Lavras, ESAL, 1984. 176p. (Tese MS).



5. CALDEIRA, S.F.; CHAVES, G.M. & ZAMBOLIM, L. Associação de micorriza vesicular-arbuscular com café, limão-rosa e capim gordura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 18(3): 223-8, mar. 1983.
6. CAMARGO, I.P. Efeitos de doses, fontes de fósforo e de fungos micorrízicos sobre o limoeiro 'Cravo' até a repicagem. Lavras, ESAL, 1989. 104p. (Tese MS).
7. CARVALHO, S.A. Métodos de aplicação do superfosfato simples e do calcário dolomítico no limoeiro 'Cravo' em sementeira. Lavras, ESAL, 1987. 124p. (Tese MS).
8. EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
9. FONTANEZZI, G.B.S. Efeitos de micorriza vesicular-arbuscular e de superfosfato simples no crescimento e nutrição de porta-enxertos de citros. Lavras, ESAL, 1989. 105p. (Tese MS).
10. \_\_\_\_\_; SOUZA, P. & OLIVEIRA, E. Efetividade de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares para o limoeiro 'Cravo'. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 2, São Paulo, 1987. Resumos... São Paulo, SEMA/SEAG/USP, 1987. p.37.

11. FRANCO, M. Fosfatos naturais parcialmente acidificados com  $H_3PO_4$ , HCl e  $H_2SO_4$  na cultura de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em um solo de cerrado de Ituiutaba-MG. Viçosa, UFV, 1977. 73p. (Tese MS).
12. GALLO, D. Manual de entomologia agrícola. São Paulo, Agronômica Ceres, 1988. 649p.
13. GENU, P.J. da C. Teores de macro e micronutrientes em folhas de porta-enxertos cítricos (*Citrus* spp) de pés-francos e em folhas de tangerineira 'Poncã' (*Citrus reticulata*, Blanco) enxertada sobre os mesmos porta-enxertos. Piracicaba, ESALQ, 1985. 156p. (Tese de Doutorado).
14. GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, London, 46:235-44, 1963.
15. GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, London, 84(3):489-500, Mar. 1980.
16. GRAHAM, J.H.; LINDERMAN, R.G. & MENGE, J.A. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal, Glo-  
mus spp in relation to root colonization and growth of Troyer citrange. New Phytologist, London, 91(2):183-9, June 1982.

17. GRAHAM, J.H. & TIMMER, L.W. Rock phosphate as a source of phosphorus for vesicular-arbuscular mycorrhizal development and growth of citrus in a soilless medium. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 110(4):489-92, July 1985.
18. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Vesicular-arbuscular mycorrhizal development and growth response of rough lemon in soil and soilless media: effect of phosphorus source. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 109(1):118-21, Jan. 1984.
19. HOEFLICH, V.A.; CRUZ, E.R.; PEREIRA, J.; DUQUE, F.F. & TOLLINI, H. Sistema de produção agrícola no cerrado. In: FERRI, M.G., coord. IV Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1977. p.37-58.
20. HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E. & SAIF, S. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. Plant and Soil, Dordrecht, 100(1/3):249-83, 1987.
21. KLEINSCHMIDT, G.D. & GERDEMANN, J.W. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. Phytopathology, St. Paul, 62(12):1447-53, Dec. 1972.

22. KRIKUN, J. & LEVY, Y. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on citrus growth and mineral composition. Phytoparasitica, Bet Dagan, 8(3):195-200, 1980.
23. LEVY, Y.; DODD, J. & KRIKUN, J. Effect of irrigation, water salinity and rootstock on the vertical distribution of vesicular-arbuscular mycorrhiza in citrus roots. New Phytologist, Cambridge, 95(3):397-403, Nov. 1983.
24. LIRA, L.M. Efeito de substratos e do superfosfato simples no limoeiro (Citrus limonia Osbeck cv Cravo) até a repicagem. Lavras, ESAL, 1990. 86p. (Tese MS).
25. LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O. & ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7(1):1-19, jan./abr. 1983.
26. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
27. MANJUNATH, A.; MOHAN, R. & BAGYARAJ, D.J. Response of citrus to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation in unsterile soils. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 61(10): 2729-32, Oct. 1983.

28. MENGE, J.A.; LABANAUKAS, C.K.; JOHNSON, E.L.V. & PLATT, R.G. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in the greenhouse culture of citrus. Soil Science Society of America Journal, Madison, 42(6):926-30, Nov./Dec. 1978.
29. \_\_\_\_\_; LEMBRIGHT, H. & JOHNSON, E.L.V. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. Proceedings of International Society of Citriculture, Late Alfred, 1:129-32, 1977.
30. MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawai, Institute for Tropical Agriculture on Human Resources, 1981. 81p. (Research Bulletin, 194).
31. NEMEC, S. Response of six rootstocks to three species of Glomus a mycorrhizal fungus. Proceedings of Florida State Horticultural Society, Delan, 91:10-4, 1978.
32. NICOLI, A.M. Influência de fontes e níveis de fósforo no crescimento e nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras, ESAL, 1982. 103p. (Tese MS).

33. OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, K. & TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agronômica de fosfatos naturais. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 8(1):63-8, jan./abr. 1984.
34. OLSEN, S.R.; BOWMAN, R.A. & WATANABE, F.S. Behavior of phosphorus in the soil and interactions with other nutrients. Phosphorus in Agriculture, Paris, 31(70):31-46, June 1977.
35. PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, London, 55(1): 158-60, Aug. 1970.
36. QUIMBRASIL. Citros; do plantio à colheita. s.l., 1984. 38p.
37. RHODES, L.M. & GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. New Phytologist, London, 75:555-61, 1975.
38. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
39. SASA, M. & ZAHKA, G. The effect of pretransplant inoculation with VA mycorrhizal fungi on the subsequent growth of leeks in the field. Plant and Soil, Dordrecht, 97(2):279-83, 1983.

40. SCHENCK, N.C. & SCHRODER, V.N. Temperature response of Endogone mycorrhiza on soybean roots. Mycologia, Bronx, 66(4): 600-5, July/Aug. 1974.
41. SILVA, J.U.B. Efeito de superfosfato simples e de seus nutrientes principais no crescimento do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras, ESAL, 1981. 100p. (Tese MS).
42. SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo; fundamentos e perspectivas. Brasília, MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, 1988. 235p.
43. \_\_\_\_\_; HUBBELL, D.H. & VALLE, R.R. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(12):1465-74, dez. 1984.
44. \_\_\_\_\_ & RIBEIRO, M.A.V. Efeito da micorriza vesicular-arbuscular (MVA) na produção de matéria-seca e absorção de potássio do sienito nefelínico de Poços de Caldas pelo milho e soja. Ciência e Prática, Lavras, 7(2):197-204, jul./dez. 1983.
45. SOUZA, M. Efeito do P, K, Ca no crescimento da parte aérea da laranjeira 'Pera Rio' (Citrus sinensis L. Osbeck) em Lattossolo Vermelho Escuro fase cerrado. Piracicaba, ESALQ, 1976. 132p. (Tese de Doutorado).

46. SYLVIA, D.M. & SCHENCK, N.C. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus - tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist, Cambridge, 95(4):655-61, Dec. 1983.
47. TIMMER, L.W. & LEYDEN, R.F. The relationship of mycorrhizal infection to phosphorus induced copper deficiency in sour orange seedlings. New Phytologist, London, 85(1):15-23, May 1980.
48. UEXKÜLL, H. von. Conocimientos y experiencias en la fertilización de citrus. Hannover, Alemanha, 1955. 16p. (Boletín Verde, 1).
49. ZAMBOLIM, L. & SIQUEIRA, J.O. Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura. Belo Horizonte, EPAMIG, 1985. 36p. (Série Documentos, 26).



APÊNDICE

No apêndice estão apresentados os quadros com os resumos das análises de variância para os valores de colonização mi corrizica, altura de plantas, diâmetro do caule, teores de nutrientes e peso de matéria-seca (m.s.) total dos limoeiros 'Cravo', no ve meses pós-repicagem.

QUADRO 1A - Resumo da análise de variância para os valores de colonização micorrízica, nove meses pós-repicagem, dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1989.

FV	GL	QM e Significância
Inoculação (I)	2	138,7787
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (D)	3	613,0269*
Fontes de P (F)	1	1,9378
I x D	6	117,6780
I x F	2	271,2272
D x F	3	85,2125
I x D x F	6	271,4610
Erro	46	159,2709
C.V. (%)		21,15

\* Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 2A - Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca e Mg na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós-repicagem. ESAL, Lavras, 1989.

FV	GL	QM e Significância				
		N	P	K	Ca	Mg
Inoculação (I)	2	0,0030	0,0036	0,0538	0,0895	0,00072
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (D)	3	0,0163	0,0032	0,0141	0,0693	0,00009
Fontes de P (F)	1	0,0021	0,0051	0,0103	0,2327*	0,00073
I x D	6	0,0061	0,0042	0,0344	0,0311	0,00034
I x F	2	0,0291	0,0019	0,0298	0,0004	0,00042
D x F	3	0,0366	0,0039	0,0019	0,1149	0,00052
I x D x F	6	0,0143	0,0023	0,0445	0,0669	0,00026
Erro	46	0,0158	0,0037	0,0302	0,0589	0,00034
C.V. (%)		13,49	52,96	22,36	18,01	14,92

\* Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 3A - Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Mn e Zn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós-repicagem. ESAL, Lavras, 1989.

FV	GL	QM e Significância			
		B	Cu	Mn	Zn
Inoculação (I)	2	0,9459	7,5138	12,5354	0,8898
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (D)	3	63,2930*	86,2836	6,0572	62,4639*
Fontes de P (F)	1	0,0352	14,7082	1,7399	1,9904
I x D	6	25,0696	44,8355	2,8598	9,1952
I x F	2	0,6292	69,0415	0,7159	4,6877
D x F	3	29,9365	58,7200	5,3510	29,6943
I x D x F	6	9,3807	45,4483	3,3404	9,0904
Erro	46	16,6752	56,2972	7,3609	13,5133
C.V. (%)		15,78	78,02	24,96	24,68

\* Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 4A - Resumo das análises de variância para os valores de peso de m.s. total, altura de plantas e diâmetro do caule dos limoeiros 'Cravo', nove meses pós-repicagem. ESAL, Lavras, 1989.

FV	GL	QM e Significância		
		Peso de m.s. total	Altura de plantas	Diâmetro do caule
Inoculação (I)	2	270,8468	39,0827	0,5824
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (D)	3	2352,5013*	2411,8621*	33,0718*
Fontes de P (F)	1	1111,3914	1310,7200*	16,6994*
I x D	6	159,1468	234,7502	2,3664
I x F	2	570,5090	815,0713*	13,5178*
D x F	3	126,9061	105,1901	1,1078
I x D x F	6	274,0905	125,1010	2,0436
Erro	46	530,0910	223,7699	3,1814
C.V. (%)		39,50	15,12	12,56

\* Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.