EFEITOS DE DOSES, FONTES DE FÓSFORO E DE FUNGOS MICORRÍZICOS SOBRE O LIMOEIRO 'CRAVO' ATÉ A REPICAGEM

APROVADA: Lavras, 09 de fevereiro de 1989

Prof. Maurício de Souza
(Orientador)

Profª. Janice Guedes de Carvalho

Pesqª. Elizabeth de Oliveira

Pesq. Sérgio Alves de Carvalho

Aos meus pais, Ruy e Léa

À minha esposa Cássia e minha filha Flora

Pelo amor, incentivo e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisas e Extensão - FAEPE, pela ajuda nos trabalhos de impressão.

Ao orientador professor Maurício de Souza, pela confiança, amizade e inestimáveis ensinamentos transmitidos.

À professora Janice Guedes de Carvalho e à pesquisadora Elizabeth de Oliveira, pela coorientação, incentivo e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao pesquisador Sérgio Alves de Carvalho pelo apoio e valiosas sugestões.

Ao professor Gilnei de Souza Duarte pela orientação nas análises estatísticas.

Ao pesquisador Juan Marciani Bendezú pelo compa -

nheirismo e incentivo durante a realização do curso.

Aos colegas pela amizade e agradável convivência.

Aos funcionários do pomar, Departamentos de Agricultura e Solos, do Centro de Processamento de Dados, do Laboratório de Micorrizas, da Oficina Gráfica da ESAL e da Biblioteca, pela colaboração em todas as etapas em que atuaram neste trabalho.

Muito obrigado.

BIOGRAFIA

IVO PEREIRA DE CAMARGO, filho de Ruy Portella de Camargo e Maria Léa Pereira de Camargo, nasceu na cidade de São Paulo, em 6 de setembro de 1962.

Concluiu o 1º grau em 1976 e o 2º grau em 1979, ambos na Escola Rainha da Paz, na cidade de São Paulo.

Em 1980 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras, estado de Minas Gerais, graduando-se em Engenharia Agronômica em 1985.

Em 1986 iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

. INTRODUÇÃO

As plantas cítricas são usualmente propagadas através de mudas enxertadas e a qualidade destas pode limitar a produtividade dos pomares. A obtenção de mudas de boa qualidade é condicionada, entre outros fatores, pela nutrição adequada dos porta-enxertos.

No Brasil o porta-enxerto mais utilizado é o limoeiro 'Cravo', devido a características como ampla adaptação edafoclimática e compatibilidade com a maioria das copas, MOREIRA (76). Vários trabalhos comprovam respostas do limoeiro 'Cravo' à adubação fosfatada em sementeira, havendo efeitos na nutrição mineral e crescimento das plantas (13, 17, 83, 94).

O fósforo pode ser fornecido às plantas sob formas mais solúveis como os superfosfatos ou menos solúveis como os fosfatos naturais.

A absorção de fósforo pela maioria das plantas superiores é influenciada pela presença de micorrizas vesicular-arbusculares (MVA), associações mutualísticas formadas por fungos da família Endogonaceae e as raízes das plantas, LOPES et alii

(59). Estas associações em plantas cítricas têm grande importância devido ao seu sistema radicular ser pobre em pelos absorventes MOSSE & HAYMAN (80), o que as tornam dependentes de fungos MVA para absorção de nutrientes e crescimento.

O fosfato natural de rocha tem demonstrado ser uma fonte satisfatória de fósforo para mudas de limoeiro 'Cravo', quando micorrizadas, ANTUNES (4).

Técnicas como a fumigação de leitos de sementeiras recomendadas para eliminação de fungos patógenos, nematóides e plantas daninhas impossibilitam que as associações micorrízicas ocorram de forma natural. Nos casos em que há fumigação, a inoculação de porta-enxertos de citros com fungos micorrízicos, pode proporcionar maior crescimento dos mesmos.

A produção de porta-enxertos de citros pode ser feita em sistema de sementeiras removíveis, onde as mudas individualizadas podem ser repicadas com torrão em vez de raízes nuas, o que permite o estabelecimento mais rápido das mudas no viveiro.

Este trabalho teve por objetivo verificar o efeito de diferentes doses e fontes de fósforo e de fungos micorrízicos, sobre o crescimento e nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' cultivado em sementeiras removíveis, até o ponto de repicagem.

. REVISÃO DE LITERATURA

A manutenção do crescimento e desenvolvimento das plantas superiores requer luz, CO_2, água e elementos minerais, HODGES (43). O CO_2 fornece às plantas o C, que através do processo fotossintético, combina com a água formando substâncias orgânicas. A água fornece às plantas o H e o O. Os elementos C, H e O correspondem a aproximadamente 95% do peso seco de uma planta cítrica, EMBLETON et alii (26).

Os elementos minerais são fornecidos às plantas através do solo, sendo este o meio mais facilmente modificável pelo homem, que pode fazê-lo produzir sempre que necessário, suplementando o que foi fornecido, MALAVOLTA (62). Para que o elemento existente na solução do solo possa ser absorvido é necessário que este entre em contacto com as raízes. Isto pode ocorrer através do encontro da raiz com o íon, do movimento do íon em fase aquosa móvel ou do movimento do íon em fase aquosa estacionária a curtas distâncias, que são os processos de interceptação radicular, fluxo de massa e difusão, respectivamente, MALAVOLTA (62). De uma forma geral a absorção do nutriente pela raiz se dá através das

paredes celulares por processo de difusão e através das membranas celulares por processos metabolicamente ativos, EPSTEIN (27).

O conteúdo das plantas em minerais pode variar levando-se em conta a espécie de planta, o órgão e o estádio de desenvolvimento e pode refletir a riqueza do meio em que o mineral é absorvido.

Vários elementos são essenciais ao desenvolvimento normal das plantas; o N, P, K, Ca, Mg e S são elementos exigidos em maior quantidade e denominados macronutrientes e o B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Co são exigidos em menor quantidade e denominados micronutrientes, sendo que o Co é considerado essencial apenas para as leguminosas, MALAVOLTA (62).

Os nutrientes absorvidos pelas plantas cítricas podem incorporar-se ao vegetal ou tomar parte direta ou indiretamente em reações de síntese. Estas formas de participação conferem essencialidade a macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg e a micronutrientes como B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, representando estes aproximadamente 5% do vegetal, SOUZA (97).

Os citros apresentam fases distintas de desenvolvimento, como a de formação da muda, crescimento e produção, sendo necessário considerá-las para se proceder às adubações, SOUZA (97).

//A formação da muda cítrica passa pela fase de sementeira, onde vários estudos demonstraram que a adubação fosfatada está diretamente relacionada com o crescimento dos porta-enxertos (8, 13, 17, 83, 94).//

O limoeiro 'Cravo' em sementeira, tem apresentado maior crescimento nas maiores dosagens de fertilizantes fosfatados utilizadas, como demonstram os trabalhos de SILVA (94) e CARVALHO (17). Nestes trabalhos, em condições de máximo crescimento, os macronutrientes mais extraídos pelas plantas foram o Ca e o N, seguidos pelo K, S, Mg e P em ordem decrescente. Embora o P seja extraído em menor quantidade, segundo BLACK (9), na fase de crescimento das plantas obtém-se máxima resposta à adubação fosfatada.

A maioria dos solos brasileiros com potencial agrícola, como os solos sob vegetação de cerrado, são pobres em P, LOPES (58), que faz da carência deste elemento o fator que mais limita a produção.

A maior parte do P no solo não está disponível às plantas. Uma parte do P sólido se mantém em equilíbrio com o P da solução e é chamado P-lábil, este encontra-se predominantemente ligado ao Fe ou Al em solos com pH baixo, ou ligado ao Ca em solos com pH acima de 7. O P pode também estar disposto no interior da estrutura cristalina de sesquióxidos de Fe e Al ou presente em compostos orgânicos, e é chamado de P-não lábil. A diminuição na concentração de P da solução provoca a liberação de P a partir do P-lábil, VOLKWEISS & RAIJ (107).

A matéria orgânica é uma importante fonte de P para as plantas, contendo geralmente de 15 a 80% do P total encontrado nos solos, podendo aumentar a disponibilidade deste nutriente para as plantas, KIEHL (48).

Nos solos a textura é uma das características que

mais afetam a disponibilidade de P para as plantas. Os componentes do solo, capazes de reagir com o P tornando-o menos solúvel, como os óxidos de Fe e Al, são encontrados em maior quantidade nos solos argilosos, o que faz com que para uma mesma taxa de aplicação de P, ocorra menor disponibilidade deste nutriente para as plantas em solos argilosos do que em solos arenosos, OLSEN et alii (86).

A absorção do P que está em contacto com as raízes, provoca um gradiente de concentração entre o P da solução e o P das superfícies radiculares, o que causa a movimentação deste elemento por difusão, sendo este mecanismo responsável pela maior parte do P que entra em contacto com as raízes, OLSEN et alii (86).

Os pêlos absorventes são as principais estruturas de absorção de água e minerais, sendo mais abundantes nas extremidades das raízes, COSSMAN (23). Aparecem em citros como uma resposta adaptativa a condições de aeração, temperatura, conteúdo de água e pH do solo e têm sido observados nestas plantas apenas na raiz primária, logo após sua emergência da semente, não sendo observados em condições de campo, CASTLE (18).

A ausência de pelos absorventes, a distribuição do sistema radicular, a taxa de crescimento, transporte e utilização de fosfato, e a presença de fungos micorrízicos podem influenciar a absorção de P pelas plantas cítricas, MENGE et alii (69).

O P é absorvido pelas raízes principalmente nas formas de íons $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{--}. Uma vez absorvidos os íons fosfa

to são rapidamente incorporados a compostos orgânicos, sendo 80% do P absorvido, incorporado num período de 10 minutos e rapidamente translocado para todo o vegetal, MENGEL & KIRKBY (74).

Na planta o P constitui algumas nucleoproteínas necessárias à divisão celular, além de ter funções estruturais, de armazenamento e fornecimento de energia, atuar nos processos de espiração, fotossíntese, biossíntese de carboidratos de reserva, absorção iônica e trabalho mecânico, MALAVOLTA (62) e KOO (50). Notadamente, o P tem muita influência sobre o desenvolvimento do sistema radicular e crescimento vegetativo das plantas, BLACK (9) e BARBER (6).

2.1. Utilização de fertilizantes fosfatados em citros

O P aplicado ao solo através de fertilizantes não se perde por volatilização ou lixiviação, sendo um nutriente relativamente estável, OLSEN et alii (86).

Vários fertilizantes fosfatados são capazes de fornecer P à solução do solo, diferindo basicamente quanto a sua concentração e solubilidade. O superfosfato simples, obtido pelo tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico, é composto por fosfato monocálcico, bicálcico e tricálcico, possuindo também sulfato de cálcio ou gesso. Este fertilizante contém cerca de 18% de P_2O_5 solúvel em água e ainda 26% de CaO e 11,6% de S, MALAVOLTA (62, 63).

O aumento nos custos dos fertilizantes fosfatados, devido à importação do ácido sulfúrico e a existência de extensas jazidas de fosfatos naturais no país, são fatores que incentivam o uso dos fosfatos naturais como fonte alternativa de suprimento de P às plantas, OLIVEIRA et alii (85).

A apatita de Araxá é um fosfato natural de origem ígnea onde o P está ligado ao Ca e ao F, geralmente na estrutura molecular da fluoroapatita, BRAGA (12). Apresenta o P insolúvel em água, tendo cerca de 4,5% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% e ainda 42% de CaO, além de outros elementos em menor proporção, MALAVOLTA (62, 63).

São relatados efeitos positivos da matéria orgânica e de microorganismos associados a ela e ao sistema radicular, no aumento da disponibilidade de P pelos fosfatos naturais, sendo este efeito atribuído a ácidos orgânicos liberados no meio (5,16, 24). No entanto, acréscimos na saturação de bases do solo e a presença de altas quantidades de íons $H_2PO_4^-$ e Ca^{++} na solução do solo têm efeito negativo sobre a disponibilidade de P dos fosfatos naturais, KASAWNEH & DOOL (47) e MAGALHÃES (60).

A utilização racional de fertilizantes depende de características dos porta-enxertos de citros empregados, visto haver uma habilidade diferencial destes na absorção e translocação de nutrientes, WALLACE et alii (108). Esta habilidade parece ser relacionada a diferenças na distribuição do sistema radicular e na capacidade de troca de íons das superfícies radiculares, SMITH (96).

A recomendação de adubação fosfatada para a produção de porta-enxertos de citros é bastante variável, sendo mais comum o uso de superfosfatos. Para o limoeiro 'Cravo', SILVA (94) e NICOLI (83) obtiveram maior crescimento das plantas em vasos com aplicação de 1280 gramas de P_2O_5 por m^3 de substrato, enquanto CARVALHO (17) obteve respostas no crescimento deste mesmo porta-enxerto, até a dose de 3724 gramas de P_2O_5 por m^3 de substrato, utilizando o superfosfato simples como fonte de P.

O P aplicado pode interagir com outros nutrientes no solo e na planta, sendo que a eficiência da adubação fosfatada pode ser comprovada através dos efeitos desta sobre o teor de nutrientes na matéria seca (m.s.) das plantas e componentes químicos do solo.

Estudos com limoeiro 'Cravo' em sementeira demonstraram que a adição de superfosfato simples aos substratos de cultivo, tem proporcionado aumento nos teores de P, Ca e Ca + Mg destes, não influenciando os teores de K, NICOLI (83) e CARVALHO (17). O Mg analisado isoladamente não foi alterado por doses crescentes de superfosfato simples, CARVALHO (17).

O fosfato monocálcico, presente nos fertilizantes, ao entrar em contacto com a água do solo, cria ao redor das partículas do fertilizante um pH de 1,8 devido à liberação de ácido fosfórico, podendo diminuir os valores de pH do solo, SPENCER(99). De uma forma geral a adição de superfosfato simples tem causado acréscimo nos valores de pH do solo em experimentos com limoeiro 'Cravo' em vasos (17, 83, 94).

O uso de fosfato de rocha em limoeiro 'Rugoso' crescendo em vasos, demonstrou que a disponibilidade de P deste fertilizante foi baixa em relação ao uso de superfosfato simples, principalmente nas doses mais altas, GRAHAM & TIMMER (38). Em estudo posterior os mesmos autores demonstraram que 25% do P disponível do fosfato de rocha e 80% do P disponível do superfosfato imples, tinham sido liberados pelos fertilizantes após 9 semanas de cultivo do limoeiro 'Rugoso', sendo o conteúdo de P total no substrato sempre superior quando se usou fosfato de rocha, GRAHAM & TIMMER (37).

O uso de apatita de Araxá em limoeiro 'Cravo' proporcionou, ao final de seis meses de cultivo deste porta-enxerto em vasos, cerca de 10 vezes mais P no substrato do que quando se utilizou o superfosfato simples com mesmas doses de adubação havendo também efeito da apatita em aumentar as quantidades de Ca + Mg, valores de pH e em diminuir a quantidade de K no substrato, NICOLI (83).

O crescimento do limoeiro 'Cravo' e de outros porta-enxertos de citros têm aumentado em resposta a níveis crescentes de P nos solos ou substratos de cultivo, decorrentes da adição de superfosfato simples, fosfatos naturais e outras fontes de P, sendo este maior crescimento associado a uma maior absorção deste nutriente (8, 13, 17, 38, 83).

Efeitos do P, fornecido através de fertilizantes fosfatados, sobre a absorção e translocação de outros nutrientes, podem ser comprovados pelas variações nos teores destes na planta.

A deficiência de P pode limitar o crescimento de porta-enxertos de citros causando redução na taxa de crescimento e acúmulo de N nas folhas, RABE & LOVATT (90). Doses crescentes de superfosfato simples (17, 83, 94) e apatita de Araxá, NICOLI (83) causaram diminuição nos teores de N na m.s. de limoeiros'Cravo' em sementeira. Outros estudos, relatam não haver efeito de doses crescentes de P no solo sobre o teor de N nas plantas cítricas, BINGHAM & MARTIN (8) e BUENO (13).

Diminuição nos teores de K em limoeiros 'Cravo' em sementeira foi causada pela aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, CARVALHO (17). Outros autores relataram não haver efeito de doses crescentes de fertilizantes fosfatados no solo sobre os teores de K na m.s. deste mesmo porta-enxerto (4, 83, 94).

Para o Ca, ocorreu aumento nos teores na m.s. de plantas cítricas adubadas com doses crescentes de fertilizantes fosfatados, como o superfosfato simples, superfosfato triplo, apatita de Araxá e fosfato monocálcico, sendo este efeito atribuído ao Ca presente nestes fertilizantes (8, 13, 17, 83).

O efeito do P sobre a absorção de Mg é variável, mas na maioria dos experimentos tende a não ser significativo.Com uso de diferentes fertilizantes fosfatados estas tendências foram de diminuição, BUENO (13), acréscimo, SILVA (94) e de não alteração nos teores de Mg na m.s. total de limoeiros 'Cravo' em sementeira segundo CARVALHO (17) e NICOLI (83).

A presença de S nos superfosfatos, faz destes fer

tilizantes uma boa fonte de suprimento de S às plantas cítricas, como demonstram vários autores que utilizaram doses crescentes de superfosfato simples (17, 83, 94) e de superfosfato triplo, BUENO (13), em limoeiro 'Cravo' em sementeira, obtendo acréscimos nos teores de S na m.s.

Muitos estudos demonstraram que o P pode interagir com micronutrientes nas plantas e no solo. Geralmente estas interações ocorrem com a aplicação de altas doses de P no solo ou quando são recentes as aplicações de fertilizantes fosfatados, OLSEN et alii (86).

A adição de diferentes fontes de P aos substratos de cultivo de limoeiros 'Cravo' em sementeira, tem causado tendências a diminuições nos teores de B na m.s. das plantas (13, 17, 83, 94).

A indução de deficiência de Cu pelo P tem sido observada por vários autores (8, 37, 38, 102, 103), e é atribuída por TIMMER & LEYDEN (103) ao baixo suprimento de Cu no solo, precipitação do Cu no solo e raízes, à inibição de absorção deste pelo excesso de íons fosfato no solo e ao efeito de diluição. A relação entre altos níveis de P nos substratos de cultivo e baixos teores de Cu na m.s. total de limoeiros 'Cravo' em fase inicial de crescimento, foi relatada por SILVA (94) e BUENO (13). Esta relação não foi observada por CARVALHO (17) com o uso de superfosfato simples e por NICOLI (83) com o uso de apatita de Araxá no mesmo porta-enxerto.

Aumento nos teores de Mn foram observados na m.s.

em folhas de mudas enxertadas e em "seedlings" de laranjeira 'Azeda', como resposta a doses crescentes de fertilizantes fosfatados, não sendo observados efeitos sobre os teores de Fe, BINGHAM & MARTIN (8) e SPENCER (98). No limoeiro 'Cravo', em fase de sementeira, houve diminuição nos teores de Mn na m.s. total, com a aplicação de doses crescentes de fertilizantes fosfatados (13, 17, 94). Entretanto NICOLI (83) obteve aumento nos teores de Mn na m.s. total deste porta-enxerto com o uso de doses crescentes de apatita de Araxá.

É clássica a deficiência de Zn induzida por altos níveis de P no solo, sendo causas desta interação o efeito de diluição, a insolubilização do Zn nas superfícies radiculares, a diminuição do transporte do elemento da raiz para a parte aérea e a inibição não competitiva na absorção do Zn, MALAVOLTA (62). Segundo OLSEN et alii (86), ainda pode haver efeito do P na planta sobre a função metabólica do Zn.

Cultivando o limoeiro 'Cravo' em fase sementeira, NICOLI (83) e CARVALHO (17) não observaram efeito do superfosfato simples sobre os teores de Zn na m.s. total das plantas. Entretanto com a aplicação de doses crescentes de apatita de Araxá este último autor observou teores crescentes de Zn. Vários autores observaram diminuição nos teores de Zn na m.s. de folhas e total em mudas enxertadas e em porta-enxertos cítricos com doses crescentes de P nos substratos de cultivo (8, 13, 94).

A diminuição nos teores de Zn causada pelos altos níveis de P no solo, ainda pode ser explicada pelo efeito do P em

inibir a colonização das raízes por fungos micorrízicos, visto que estes fungos associados às raízes, além de outros efeitos, aumentam a absorção de Zn pelas plantas, LAMBERT et alii (52).

2.2. Micorrizas vesicular-arbusculares (MVA)

O termo micorriza foi designado por Frank, em 1885, como associações mutualísticas simbióticas não antagônicas entre fungos do solo e radicelas das plantas, exercendo os fungos funções de pelos absorventes, promovendo aumento na absorção de nutrientes e água do solo, ZAMBOLIM & SIQUEIRA (109).

Basicamente as MVA são formadas por três componentes; a raiz do hospedeiro, hifas do fungo no interior das raízes e as hifas externas que se estendem através da rizosfera, sendo que modificações das hifas originam os esporos, vesículas e arbúsculos, principais estruturas dos fungos, LOPES et alii (59).

Os esporos do fungo no solo germinam com crescimento de tubos germinativos e posterior aparecimento de um simples micélio, HARLEY & SMITH (40). A hifa do fungo penetra na planta pelas células da epiderme, geralmente nas raízes jovens próximo da região meristemática, atingindo as células do córtex, com crescimento tanto inter quanto intracelular, GERDEMAN (30).

As vesículas do fungo são formadas dentro e fora das raízes, são estruturas globosas que contêm vacúolos de lipí -

deos, sendo primeiramente órgãos de reservas e podendo se tornar estruturas infectivas, MOSSE (79).

Através de ramificações dicotômicas das hifas no interior das raízes surgem os arbúsculos, estruturas terminais intracelulares que proporcionam grande área de contacto entre o fungo e o citoplasma das células do hospedeiro e que são estruturas de vida curta responsáveis pelas trocas entre os simbiontes, MOSSE (79).

As estruturas do fungo na planta não têm forma estática, havendo contínuo crescimento das hifas dentro das raízes e novos pontos de colonização que permitem a invasão de novos tecidos, HARLEY & SMITH (40).

As hifas do fungo no solo se estendem além das superfícies radiculares, absorvendo o P da solução, o que proporciona maior liberação do P-lábil para o P da solução, SANDERS & TINKER (91).

O P é absorvido pelas hifas na mesma forma que pelas raízes e transformado em grânulos de polifosfato que são translocados pela corrente citoplasmática até os arbúsculos, onde fosfato inorgânico é produzido e transferido para a planta. No sentido contrário existe um fluxo de carboidratos para o fungo, que controla o grau de colonização das raízes, ZAMBOLIM & SIQUEIRA (109).

Autores relatam efeitos das MVA em aumentar a absorção de íons pouco móveis no solo, principalmente o P, Zn, Cu e Fe, havendo também aumentos na absorção de K, Ca, Mo e amônio (3,

11, 52, 77, 89).

Plantas micorrizadas são aparentemente capazes de utilizar melhor formas pouco solúveis de P, MOSSE (79). Esta habilidade parece ser atribuída a um maior contacto das hifas com as partículas de fosfato e uma diminuição do P na solução que proporcionaria maior gradiente de concentração e maior solubilização do osfato, HAYMAN & MOSSE (42).

Estudos comprovam o efeito das MVA sobre a relação água-planta (36, 55, 56) e tolerância das plantas ao estresse hídrico NELSEN & SAFIR (81), e JOHNSON & HUMMEL (45), havendo também efeito sobre a produção de hormônios, ALLEN et alii (2) e EDRISS et alii (25).

Vários fatores podem influenciar a intensidade de colonização micorrízica nas raízes como luz, umidade, aeração, temperatura, pesticidas, patógenos e níveis de nutrientes no solo, LOPES et alii (59).

Altos níveis de P no solo em geral reduzem a colonização micorrízica devido ao aumento nos teores deste elemento na planta, MENGE et alii (73). Este efeito pode ser explicado por uma possível redução na permeabilidade e exsudação de metabólitos das membranas, GRAHAM et alii (34), ou pelo efeito no metabolismo de carboidratos da planta, SIQUEIRA et alii (95). Entretanto, algumas espécies de fungos MVA podem ser mais tolerantes ao excesso de P no solo, como no trabalho de SILVIA & SHENCK (101), onde a taxa de colonização e produção de esporos não foram influenciadas pela utilização de superfosfatos.

Devido à dificuldade de produção de inóculo em larga escala, a utilização de MVA torna-se mais viável para plantas perenes que passam por estágio de produção de mudas em viveiro, onde é necessário menor quantidade de inóculo, MOSSE (79).

O inóculo de fungos MVA pode ser constituído de solo (com esporos, fragmentos de raízes colonizadas e hifas do fungo) ou de raízes colonizadas e esporos, sendo que o uso de solo como inóculo geralmente resulta em formação mais rápida da associação do que outros métodos, HALL (39).

A determinação da colonização das raízes pelo fungo é essencial em estudos envolvendo MVA. Uma vez que não ocorrem modificações anatômicas e morfológicas nas raízes colonizadas visíveis sem auxílio de microscopia, técnicas especiais foram desenvolvidas para a coloração das estruturas fúngicas no interior das raízes, PHILLIPS & HAYMAN (87) e para quantificar a porcentagem de raízes colonizadas determinando-se o grau de estabelecimento de simbiose, como a técnica da placa quadriculada descrita por GIOVANNETTI & MOSSE (31).

2.2.1. Micorrizas vesicular-arbusculares em citros

O estudo da associação micorrízica em citros tem grande importância em nossas condições, visto a maioria dos solos brasileiros com potencial para expansão da área citrícola, se encontrarem sob vegetação de cerrado e terem baixos teores de P.

As pesquisas com fungos MVA em citros no Brasil, em fase inicial, têm estudado o efeito dos fungos sobre o desenvolvimento de porta-enxertos em fase de sementeira.

Em países de citricultura desenvolvida, a fumigação de leitos de sementeira é prática rotineira com objetivo de eliminar fungos patógenos, nematóides e ervas daninhas, chegando a ser obrigatória na Califórnia para certificação de mudas, MENGE et alii (71). Esta prática no entanto elimina os fungos MVA podendo ocasionar uma inibição temporária de crescimento e clorose generalizada, retardando o crescimento de porta-enxertos de citros em sementeira (49, 65, 103). Simultaneamente a estes sintomas tem se encontrado teores deficientes de P, Zn e Cu nos tecidos das plantas, havendo reversão parcial deste quadro, com a aplicação de altas doses de P e pulverizações foliares com micronutrientes (48, 71, 88, 104) e reversão completa pela inoculação com fungos micorrízicos, TIMMER & LEYDEN (103).

A presença de fungos micorrízicos foi detectada na maioria dos pomares e viveiros de citros da Flórida e Califórnia, com predominância do gênero Glomus, MENGE et alii (72). Na região de Viçosa, Minas Gerais, CALDEIRA et alii (14),encontraram associados às raízes de limoeiro 'Cravo' espécies dos gêneros Glomus, Gigaspora e Acaulospora.

Os porta-enxertos de citros diferem quanto a resposta às micorrizas, devido as suas habilidades diferenciais em absorver P da solução do solo, ocasionada por diferenças no sistema radicular como presença e comprimento de pelos absorventes e taxa de crescimento das raízes, NEMEC (82).

Segundo MENGE et alii (69), não é provável que haja especificidade entre as espécies de fungos e as variedades de porta-enxertos de citros, ocorrendo sim uma diferença no grau de dependência da planta ao fungo. A especificidade nas associações micorrízicas, segundo MOSSE (78), pode ser mais determinada pelas interações entre os fungos e o solo do que entre os fungos e a planta, como demonstra o trabalho de MANJUNATH et alii (64) que inocularam tangerineira 'Cleópatra' em vários tipos de solos obtendo diferentes respostas ao fungo.

Em citrange 'Troyer', GRAHAM et alii (35) determinaram que a eficiência do fungo micorrízico é dada pela capacidade deste em desenvolver um sistema de hifas externas, independente de sua capacidade de colonizar o córtex das raízes.

A associação micorrízica em citros é influenciada por diversos fatores como fotoperíodo, JOHNSON et alii (46), frequência de irrigação, LEVY et alii (54), pesticidas, O'BANNON & NEMEC (84), exsudatos radiculares, GRAHAM (33) e substratos de formação das mudas, GRAHAM & TIMMER (38), sendo que o nível de fertilidade dos solos ou substratos de cultivo, principalmente em relação ao conteúdo de P, é o fator mais estudado.

A adição de P sob diferentes formas, em doses crescentes, tem causado diminuição na colonização e nas respostas em crescimento causadas pelos fungos. Os níveis de P que reduzem a colonização variam desde a aplicação de superfosfatos suficiente para fornecer 20 ppm de P disponível até o nível de 556 ppm de P disponível no solo (38, 44, 70, 100). No entanto, níveis cres -

centes de P no substrato não diminuíram a colonização micorrízica causada pelo fungo Glomus fasciculatum em laranjeira 'Azeda', TIMMER & LEYDEN (103). Esta grande variação deve-se provavelmente a características próprias do substrato de cultivo, espécie de fungo, variedade de porta-enxertos, fonte de P e tipo de solo de cada experimento.

A maioria dos autores relatam o efeito de fungos micorrízicos em aumentar o teor de P na m.s. de porta-enxertos de citros, sendo este efeito mais acentuado em solos de baixa fertilidade e nos menores níveis de P (4, 15, 41, 66, 71). Segundo MAHONEY (61) o P, Zn e Cu são os principais elementos transportados pelas hifas dos fungos micorrízicos para os citros. Estudos demonstraram que as micorrizas podem aumentar também a absorção de K, ANTUNES (4), Ca, BOUHIRED et alii (10), Zn, Mn e Fe, MENGE et alii (70) e Cu (51, 68, 70) em diferentes porta-enxertos de citros, havendo até relatos de diminuição nos teores de alguns elementos como o N, KRIKUN & LEVY (51), Mg, Ca e K, MENGE et alii (70) e KLEINSCHMIDT & GERDEMAN (49). A deficiência de Cu induzida pelo excesso de P foi menos severa em plantas inoculadas com fungos micorrízicos, TIMMER & LEYDEN (102, 103).

Em limoeiro 'Cravo' a inoculação com fungos micorrízicos proporionou quantidades de P, K, Ca e Mg absorvidas, respectivamente 19.3, 18.7, 11.8 e 9.1 vezes maiores do que plantas não inoculadas, Zambolim e Pinto (1985), citados por ZAMBOLIM & SIQUEIRA (109).

2.3. Produção de porta-enxertos de citros em sementeiras removíveis

O sistema tradicional de produção de mudas cítricas no Brasil envolve a semeadura de porta-enxertos em sementeiras no solo, com posterior repicagem destes de raízes nuas para os viveiros onde se procederá a enxertia.

Os porta-enxertos de citros podem ser produzidos em fase de sementeira, em sistema de sementeiras removíveis em casa-de-vegetação, sendo este processo utilizado por viveiristas na Flórida desde 1977, CASTLE & FERGUSON (20). Este processo, inicialmente descrito por MOORE (75), se resume na semeadura dos porta enxertos em células individuais que compõem as bandejas de isopor (poliestireno) ou sementeiras removíveis, sendo estas células preenchidas com substratos apropriados. O formato piramidal das células e o orifício inferior evitam o enovelamento das raízes e estimulam maior brotação destas no interior das células.

Segundo CASTLE et alii (19), os porta-enxertos produzidos em sementeiras removíveis são menos vigorosos do que os produzidos no solo, porém ultrapassam estes em crescimento quando levados para o viveiro. Outras vantagens deste sistema são a padronização dos substratos para características físicas, químicas e fitossanitárias ótimas, facilidade na aplicação de fertilizantes, redução no espaço necessário, diminuição do ciclo de produção dos porta-enxertos e redução no estresse causado pelo transplantio, MOORE (75).

Segundo FERGUSON (28) o maior potencial de uso das micorrizas em citros talvez seja na formação de mudas em sementeiras removíveis, podendo se produzir "seedlings" micorrizados vigorosos. No entanto fungos micorrízicos não têm se adaptado aos substratos utilizados, devido ao alto teor de matéria orgânica e aos altos níveis de fertilização utilizados, CASTLE & FERGUON (20).

No Brasil, em porta-enxertos de citros produzidos em sementeiras removíveis, com substrato comercial rico e matéria orgânica e com altos níveis de fertilidade, houve ao final de cinco meses de cultivo, maior desenvolvimento das plantas micorrizadas em relação às não micorrizadas, LIN (57).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação com cobertura plástica, a 20 de outubro de 1986 e conduzido até 20 de fevereiro de 1987, no setor de fruticultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

O município de Lavras está situado no sul do Estado de Minas Gerais a aproximadamente 21°14'06" de latitude sul e 45°00'00" de longitude oeste, apresentando altitude média de 900 metros.

3.1. Material

3.1.1. Plantas

Utilizaram-se plantas de limoeiro (Citros limonia Osbeck cv Cravo) obtidas a partir de sementes, coletadas de frutos maduros oriundos de plantas vigorosas e sadias, apropriadas

para matrizes de porta-enxertos.

3.1.2. Fungos

Testaram-se duas espécies de fungos MVA, Glomus clarum (Nicolson & Schenk) e Acaulospora morrowae (Spain & Schenk) sendo a primeira proveniente da Flórida (EUA) e a segunda isolada em pimenteira 'Do Reino' no Pará. Estas espécies já haviam se mostrado efetivas para o limoeiro 'Cravo', conforme FONTANEZZI et alii (29). Os fungos utilizados foram multiplicados em vasos de cultivo com Brachiaria decumbens (Stapf) como planta multiplicadora e Latossolo Roxo (LR) desinfestado com Brometo de Metila (264 ml/m^3 de solo) como substrato.

3.1.3. Substrato

Foi utilizado um substrato comercial "Plantmax", composto por vermiculita e casca de Pinus moída e compostada, parcialmente fertilizado. Uma amostra deste substrato foi submetida a análises para determinação de alguns componentes químicos, pH e teor de matéria orgânica (m.o.). Os resultados são apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Componentes químicos, pH e teor de matéria orgânica do substrato comercial "Plantmax", ESAL, Lavras, 1987.

P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V	m.o.	pH
ppm	ppm	mE/100 cm^3				%	%	
144	160	5,8	11,4	0,1	1,3	93	22,3	6,4

Determinações realizadas no Instituto de Química "John H. Weelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

Os resultados demonstram altos níveis de P, K, Ca e Mg, baixa acidez provocada pela saturação de Alumínio e Hidrogênio trocáveis, alto índice de saturação de bases, alto teor de matéria orgânica e acidez média, segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (22).

3.1.4. Fertilizantes

O P foi fornecido através do superfosfato simples (SS), com 18,5% de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio e água (CNA)[a], contendo ainda cerca de 26% de CaO e 11,6% de S, MALAVOLTA (62, 63) e apatita de Araxá (AA) com 3% de P_2O_5 solúvel

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

em CNA[a], e ainda cerca de 42% de CaO, MALAVOLTA (62, 63).

O N foi fornecido através de fertilizante foliar para citros, contendo cerca de 10% de N, 3% de Zn, 3% de S, 2% de Mn, 1% de Mg e 0,5% de B.

3.1.5. Recipientes

Conduziram-se as mudas em bandejas de isopor contendo 128 células de formato piramidal, vazadas em baixo. Cada célula possuia dimensões de 3,5 cm x 3,5 cm de boca, 1 cm x 1 cm de fundo e 12 cm de altura, comportando cerca de 80 ml de substrato.

3.2. Métodos

3.2.1. Delineamento experimental

12,5 cm boca
10x10 cm fundo
33,5 cm altura

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas. Nos blocos, cada parcela era composta por duas bandejas, com 256 plantas, constituindo os tratamentos não inoculados, inoculados com Glomus clarum e inoculados com Acaulospora morrowae, totalizando três parcelas por bloco. Cada subparcela era composta por 32 plantas constituindo os tratamentos de doses e fontes de P_2O_5 em esquema fatorial (4 x 2),

com quatro doses de adubação, correspondentes à adição de 0, 320, 640 e 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato e duas fontes de P, SS e AA. Adotou-se como base para adubação fosfatada a dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, conforme os melhores resultados obtidos por SILVA (94) e NICOLI (83). Utilizou-se três repetições totalizando 72 subparcelas.

As quantidades de SS e AA correspondentes às quatro doses de adubação foram respectivamente 0, 4.15, 8.30, 16.60 e 0, 25.6, 51.2, 102.4 g de fertilizante por subparcela.

3.2.2. Instalação e condução do experimento

O substrato foi submetido a prévia desinfestação com brometo de metila na dosagem de 150 cc por m^3, coberto por 48 horas e aerado por 72 horas antes de sua utilização, segundo metodologia descrita por VANATCHER (105).

O fertilizante correspondente a cada tratamento foi finamente moído, pesado em balança eletrônica e incorporado a 6,72 litros de substrato (cerca de 70 ml por planta) sendo homogeneizado em sacos de polietileno.

A inoculação foi realizada utilizando-se como inóculo o substrato dos vasos de cultivo contendo esporos dos fungos MVA e segmentos de raízes de Brachiaria colonizadas, de forma a fornecer cerca de 200 esporos por planta. O volume de inóculo foi

completado para 5 ml por planta, com Latossolo Roxo previamente desinfestado com brometo de metila. Nos tratamentos não inoculados utilizou-se apenas 5 ml de Latossolo Roxo desinfestado por planta. Cerca de 480 ml de inóculo foi adicionado à mistura de cada tratamento e homogeneizado.

As sementes do limoeiro 'Cravo' foram tratadas ~~tratadas~~ com hipoclorito de sódio a 2% por 10 minutos e semeadas em número de três por célula. Após a germinação foi feito desbaste de forma a uniformizar o stand inicial, deixando-se uma planta por célula.

Conservou-se a casa-de-vegetação à temperatura média de 27°C. Foram feitas irrigações diárias de forma a fornecer nível adequado de umidade às plantas. Realizou-se uma adubação nitrogenada com concentração de N a 0,3% fornecido na água de irrigação aos 60 dias pós-germinação, na base de 2,5 l de solução por bandeja.

3.2.3. Avaliações

As características de crescimento, altura e número de folhas por planta, foram aferidas aos dois, três e quatro meses pós-semeadura. As determinações de altura foram aferidas com régua milimetrada medindo-se do colum até o meristema apical.

As avaliações finais foram feitas nas 16 plantas

centrais de cada subparcela, quando 80% das plantas do tratamento que apresentou maior crescimento, atingiram o ponto de repicagem com altura média de 10 cm. As seguintes características foram avaliadas, peso de matéria seca de raízes, de parte aérea e total, colonização micorrízica nas raízes, teores de nutrientes na matéria seca total e características químicas do substrato.

Amostras de 500mg de raízes foram retiradas das plantas, 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, segundo metodologia descrita por PHILLIPS & HAYMAN (87). O comprimento de raízes colonizadas foi determinado pelo método da placa quadriculada de acordo com GIOVANNETTI & MOSSE (31).

A parte aérea e o sistema radicular foram separados na região do colum, acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa com aeração a 70°C até obtenção de peso constante. Após secagem o material foi pesado em balança eletrônica e moído. Determinou-se o teor de nutrientes na matéria seca total. Foram determinados adotando-se para o N o método de Kjedahl; o B e o P foram determinados por colorimetria com molibdato e vanadato de amônio; o K por fotometria de chama; o S por turbidimetria e o Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectro-fotometria de absorção atômica, através da digestão das amostras com ácido nítrico-perclórico. Os métodos utilizados foram descritos por SARRUGE & HAAG (92).

Amostras de substrato foram coletadas em cada subparcela e submetidas a análises, determinando-se os teores de P,

K, Ca e Mg e valores de pH, conforme metodologia descrita por VETTORI (106).

3.2.4. Análises estatísticas

As análises empregadas foram baseadas em modelos matemáticos apropriados para o delineamento adotado, blocos casualizados em esquema de parcelas sub-divididas. Todos os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se os níveis de significância de 1 e 5% para o teste F. Aplicou-se o teste Tukey a 5% para comparação das médias.

Os resultados cujas características, referentes às doses de adubação, apresentaram diferenças significativas entre si foram submetidos a análises de regressão sendo as equações selecionadas pelo teste F ao nível de significância de 5%.

Os dados referentes ao número de folhas planta foram transformados para $\sqrt{x + 1}$ e os de % de colonização micorrízica e de % de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca total foram transformados para arc sen$\sqrt{\frac{x}{100}}$.

RESULTADOS

4.1. Características químicas do substrato aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'

Os valores médios para os teores de P, K, Ca e Mg e valores de pH do substrato, referentes às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA), encontram-se no Quadro 2.

As médias para os teores de P disponível no substrato, cresceram com o aumento das doses de P_2O_5 aplicadas nas duas fontes utilizadas e foram maiores com o uso de AA do que com SS. A adição de AA na dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato proporcionou um teor médio de P 4,8 vezes maior do que o SS na mesma dose de adubação.

As equações de regressão para os teores de P no substrato em relação às doses de SS e AA encontram-se na Figura 1. As equações são de natureza linear demonstrando que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato na forma de SS e AA, espera-se um aumento de 11 e 64 ppm, respectivamente, nos teores

QUADRO 2 - Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) para os teores de P, K, Ca e Mg e valores de pH em amostra de substrato aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

Características	Fertilizante	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato)				Médias
		0	320	640	1280	
P (ppm)	AA	45 b	693 a	933 a	955 a	656 A
	SS	52 b	84 b	120 b	198 a	113 B
K (ppm)	AA	153 a	150 a	148 a	145 a	149 A
	SS	149 a	156 a	157 a	147 a	152 A
Ca (mE/100 cc)	AA	9,1 a	9,8 a	8,7 a	8,4 a	9,0 B
	SS	8,9 a	9,8 a	9,9 a	10,4 a	9,7 A
Mg (mE/100 cc)	AA	9,4 a	8,9 a	9,6 a	8,9 a	9,2 A
	SS	9,0 a	9,0 a	9,4 a	8,8 a	9,0 A
pH	AA	6,4 a	6,3 a	6,3 a	6,4 a	6,3 A
	SS	6,4 a	6,3 a	6,4 a	6,4 a	6,4 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra ~~minúscula~~ MAIÚSCULA na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey e F respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

SS $y = 49,4004 + 0,1152\ x$ $R^2 = 0,99$

AA $y = 300,1502 + 0,6370\ x$ $R^2 = 0,67$

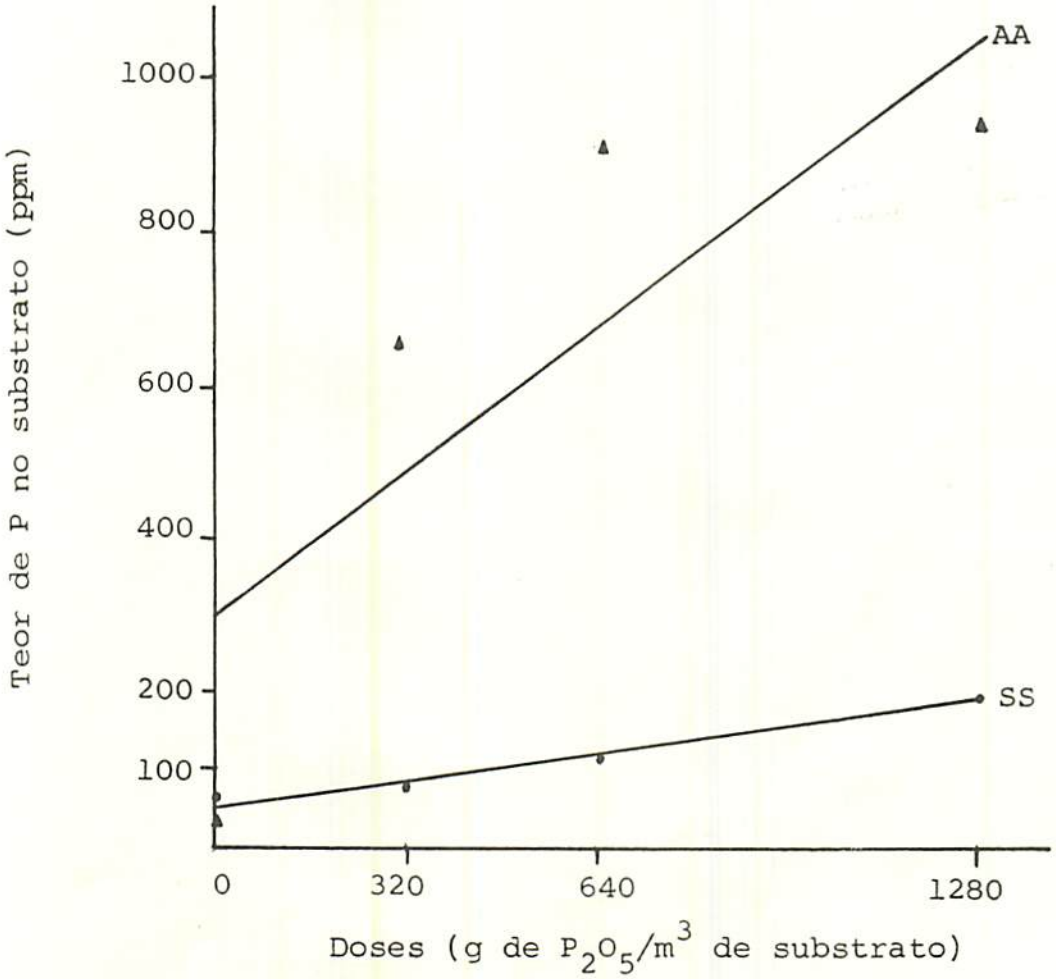

FIGURA 1 - Equações de regressão para os teores de P no substrato aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', em relação às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

de P no substrato.

As médias para os teores de K, Mg e valores de pH do substrato não foram afetadas pelas variáveis estudadas. Os teores médios de Ca no substrato foram maiores com o uso de SS do que com o uso de AA e tenderam a crescer com o aumento das doses de SS.

4.2. Colonização micorrízica das raízes aos quatro meses pós - semeadura dos limoeiros 'Cravo'

Os valores médios para percentagem de colonização micorrízica das raízes aos quatro meses pós-semeadura, referentes às doses de P_2O_5 em cada tratamento de inoculação encontram-se no Quadro 3.

Não houve efeito das doses e fontes de P_2O_5 empregados sobre a colonização das raízes pelos fungos inoculados. Os tratamentos inoculados com Acaulospora morrowae apresentaram valores médios de colonização superiores aos inoculados com Glomus clarum, com respectivamente 93.1 e 33.4% de colonização. Os tratamentos não inoculados não apresentaram colonização.

QUADRO 3 - Médias por doses de P_2O_5 em cada tratamento de inoculação, para os valores de percentagem de colonização micorrízica das raízes dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, ESAL, Lavras, 1987.

Inoculação	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato)				Médias
	0	320	640	1280	
Não inoculado	0	0	0	0	0 C
Glomus clarum	32,9 a	34,8 a	32,5 a	33,7 a	33,4 B
Acaulospora morrowae	95,3 a	91,8 a	91,2 a	94,1 a	93,1 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.3. Teores de nutrientes na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura

4.3.1. Macronutrientes

Os valores médios para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca (m.s.) total das plantas aos quatro meses pós-semeadura referentes às doses de SS e AA encontram-se no Quadro 4.

QUADRO 4 - Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', aos quatro meses pós-semeadura. ESAL, Lavras, 1987.

Nutrientes (%)	Fertilizante	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato				Médias
		0	320	640	1280	
N	AA	1,03 a	1,01 a	0,90 a	0,99 a	0,98 B
	SS	1,09 a	1,10 a	1,11 a	1,12 a	1,11 A
P	AA	0,17 b	0,19 a	0,21 a	0,21 a	0,19 B
	SS	0,17 c	0,21 b	0,23 ab	0,25 a	0,21 A
K	AA	2,09 a	2,06 a	2,12 a	2,06 a	2,07 A
	SS	2,10 a	2,15 a	2,16 a	2,15 a	2,15 A
Ca	AA	0,98 a	1,02 a	1,07 a	1,06 a	1,03 B
	SS	0,99 b	1,10 b	1,12 b	1,29 a	1,12 A
Mg	AA	0,38 a	0,38 a	0,39 a	0,38 a	0,38 A
	SS	0,38 a	0,39 a	0,40 a	0,39 a	0,39 A
S	AA	0,14 a	0,11 a	0,12 a	0,14 a	0,13 A
	SS	0,14 a	0,13 a	0,12 a	0,13 a	0,13 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelos testes de Tukey e F respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

As médias para os teores de N, P e Ca foram maiores com o uso de SS do que com AA e para os teores de P e Ca foram maiores com o uso de SS na dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato.

As equações de regressão para os teores de P na m.s. total aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de SS e AA, encontram-se na Figura 2. As equações são de natureza linear, demonstrando que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato na forma de SS e AA, espera-se um aumento de 0,005 e 0,003% respectivamente, nos teores de P na m.s. total.

A equação de regressão para teores de Ca na m.s. total aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de SS, encontram-se na Figura 3. Esta é de natureza linear e demonstra que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato na forma de SS, espera-se um aumento de 0,021% nos teores de Ca na m.s. total.

Os teores de K, Mg e S não foram afetados pelas doses e fontes de P_2O_5.

Os valores médios para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S na m.s. total das plantas aos quatro meses pós-semeadura referentes aos tratamentos de inoculação encontram-se no Quadro 5.

Os tratamentos inoculados com Acaulospora morrowae proporcionaram teores de P e K 2,40 e 1,15 vezes respectivamente maiores do que os tratamentos inoculados com Glomus clarum e não inoculados, sendo estas diferenças significativas.

SS $y = 2,4598 + 0,0003\ x$ $R^2 = 0,83$

AA $y = 2,4126 + 0,0002\ x$ $R^2 = 0,73$

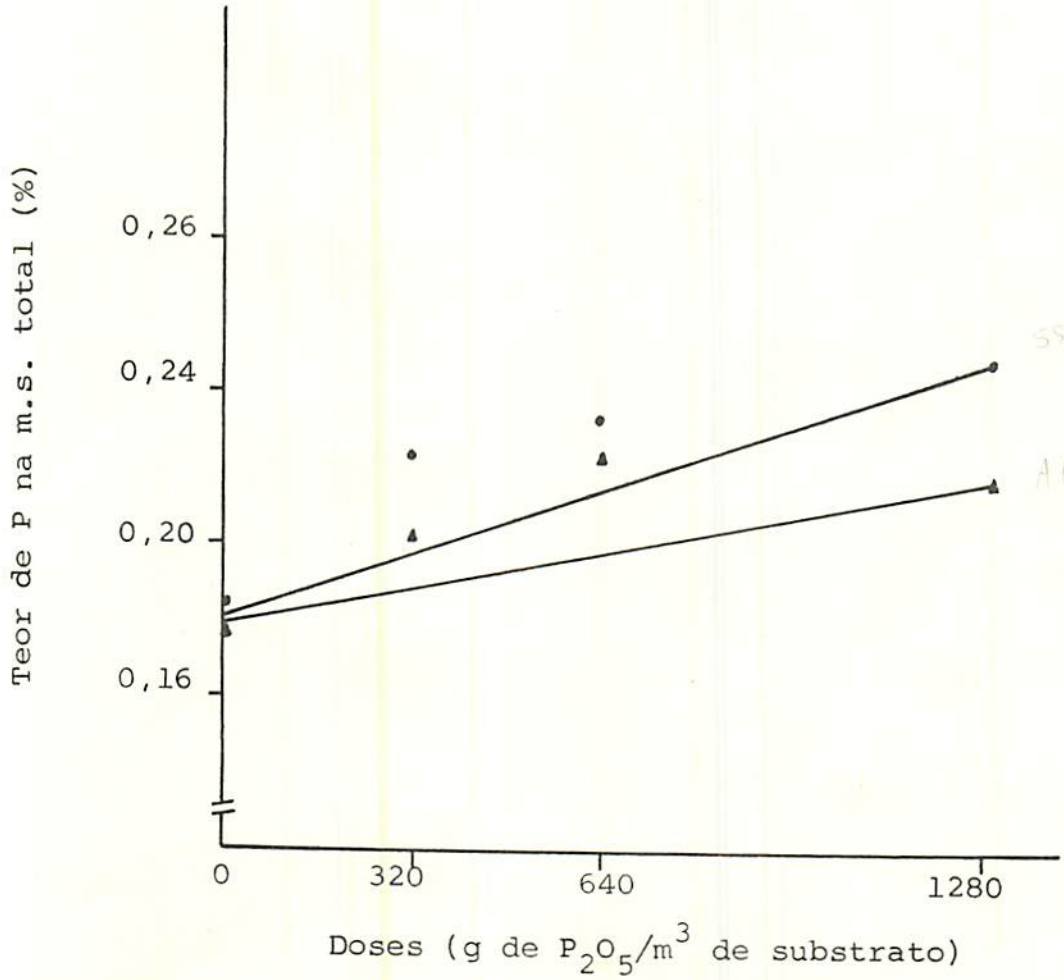

FIGURA 2 - Equações de regressão para os teores de P na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

$y = 5,7562 + 0,0006\ x \qquad R^2 = 0,95$

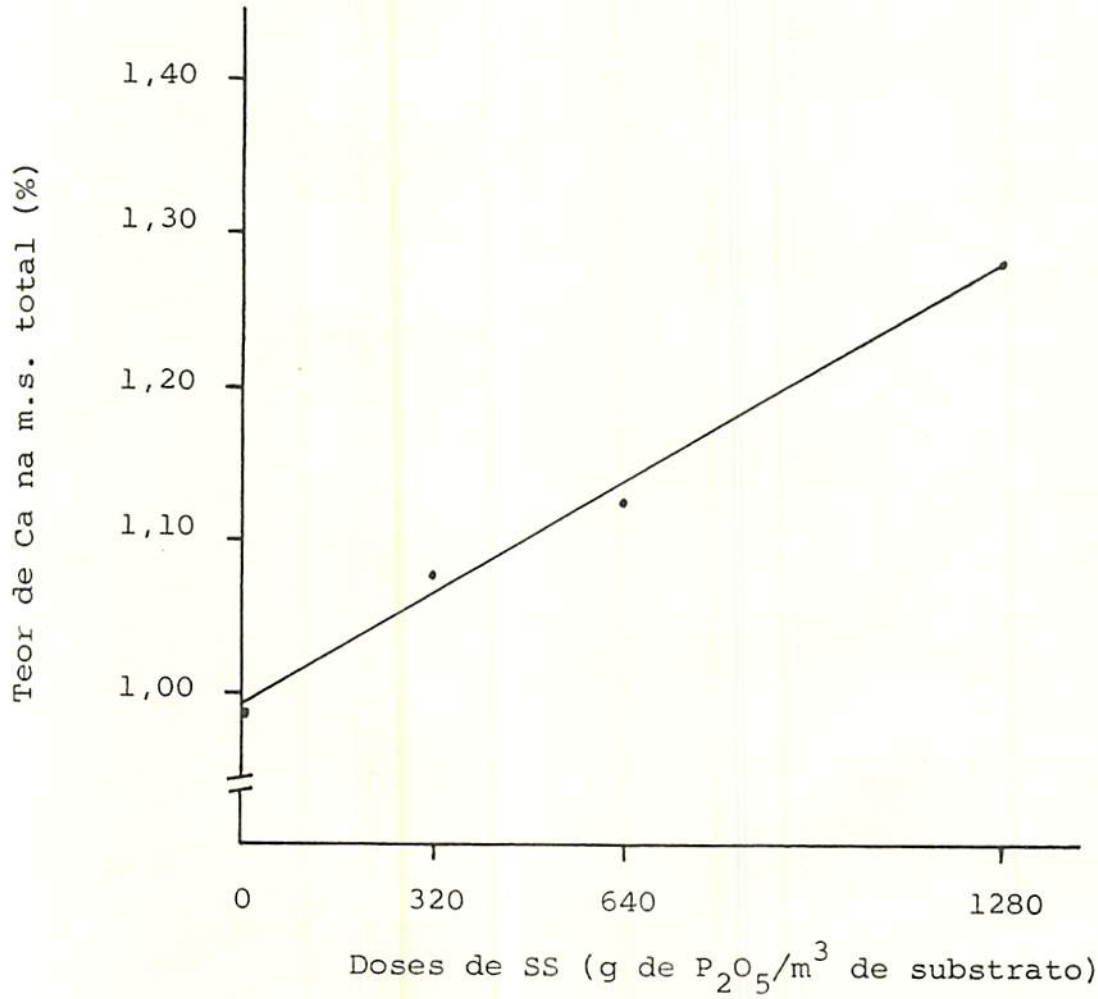

FIGURA 3 - Equação de regressão para os teores de Ca na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de superfosfato simples (SS).

QUADRO 5 - Médias por tratamento de inoculação para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', aos quatro meses pós-semeadura. ESAL, Lavras, 1987.

Nutrientes (%)	Inoculação		
	Não inoculado	*Glomus clarum*	*Acaulospora morrowae*
N	1,01 a	0,98 a	1,13 a
P	0,14 b	0,15 b	0,34 a
K	1,95 b	2,06 b	2,30 a
Ca	1,09 a	1,03 a	1,12 a
Mg	0,37 a	0,38 a	0,39 a
S	0,10 a	0,11 a	0,16 a

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2. Micronutrientes

Os valores médios para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na m.s. total das plantas aos quatro meses pós-semeadura, referentes às doses de SS e AA encontram-se no Quadro 6.

As médias para os teores de B, não foram influenciadas pelas doses e fontes de P_2O_5. Houve uma tendência de aumento nos teores de Cu com o uso de doses crescentes de P_2O_5 até certo ponto, a partir do qual houve tendência a diminuição.

QUADRO 6 - Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', aos quatro meses pós-semeadura. ESAL, Lavras, 1987.

Nutrientes (ppm)	Fertilizante	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato) 0	320	640	1280	Médias
B	AA	28 a	31 a	32 a	29 a	30A
	SS	30 a	29 a	29 a	29 a	29A
Cu	AA	8 a	9 a	10 a	8 a	9A
	SS	8 a	9 a	10 a	8 a	9A
Fe	AA	627 b	838 a	873 a	959 a	823A
	SS	645 a	622 a	546 a	507 a	580 B
Mn	AA	120 b	177 b	248 a	301 a	212A
	SS	112 a	112 a	100 a	113 a	109 B
Zn	AA	106 a	117 a	123 a	130 a	119A
	SS	111 a	116 a	114 a	113 a	114A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelos testes de Tukey e F respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

A equação de regressão para os teores de Cu na m.s. total aos quatro meses pós-semeadura em relação às doses de P_2O_5, encontra-se na Figura 4, esta é de natureza quadrática, passando pelo ponto de máximo teor de Cu ao nível de 629,59 g de P_2O_5 por m^3 de substrato.

Os tratamentos adubados com AA apresentaram teores de Fe maiores do que os não adubados e os adubados com SS. Houve uma tendência de diminuição e acréscimo, nos teores de Fe, com o uso de doses crescentes de SS e AA respectivamente.

As equações de regressão para os teores de Fe na m.s. total aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de SS e AA encontram-se na Figura 5. As equações são de natureza linear, demonstrando que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato na forma de SS e AA, espera-se uma diminuição e aumento de 11 e 23 ppm respectivamente nos teores de Fe na m.s. total.

Os tratamentos adubados com AA apresentaram teores de Mn maiores do que os com SS. Houve uma tendência de acréscimo nos teores de Mn com o uso de doses crescentes de AA.

A equação de regressão para os teores de Mn na m.s. total aos quatro meses pós-semeadura em relação às doses de AA, encontra-se na Figura 6. Esta é de natureza linear e indica que para acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato na forma de AA, espera-se um aumento de 14 ppm nos teores de Mn na m.s. total.

Houve uma tendência de aumento nos teores de Zn

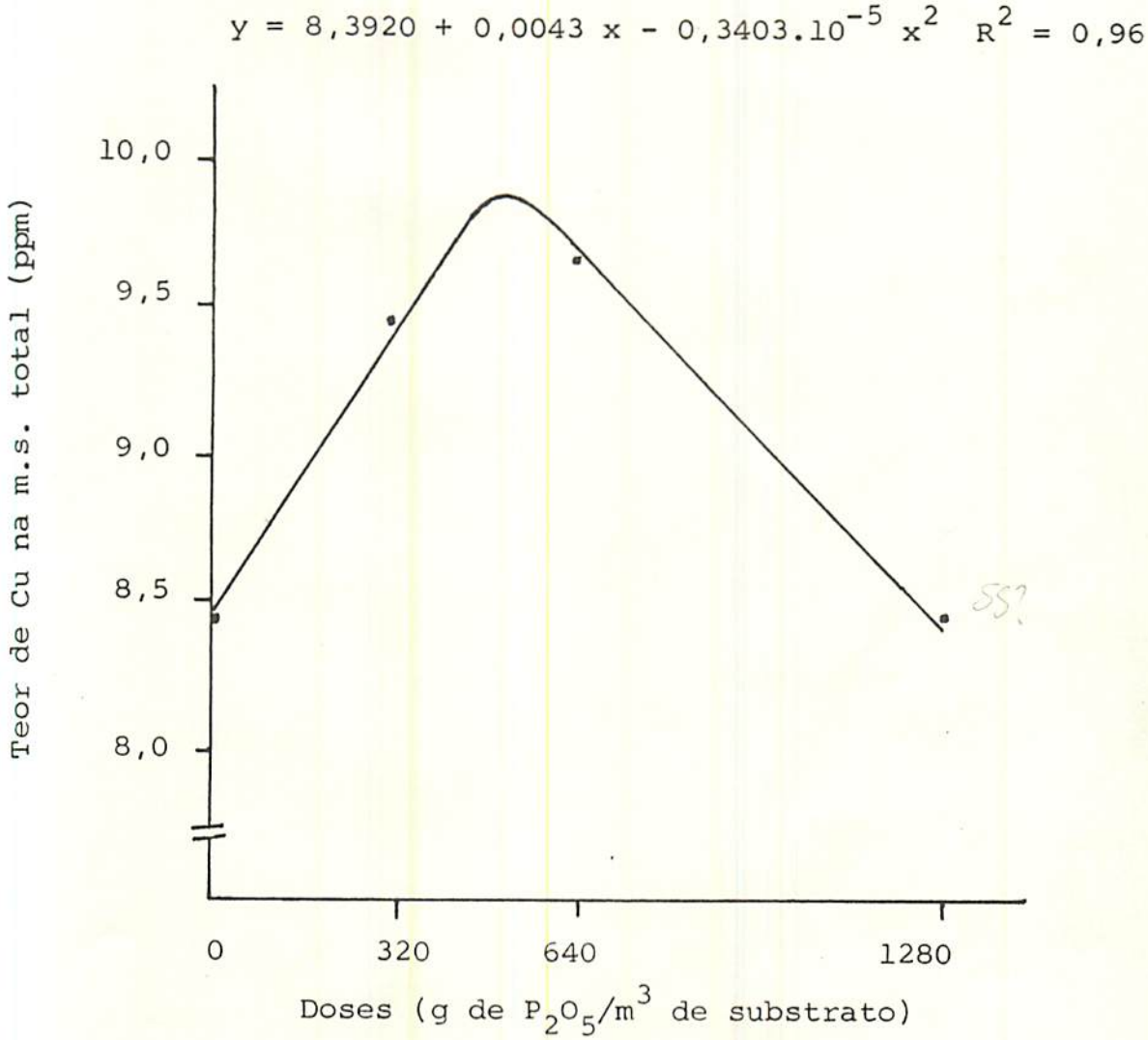

FIGURA 4 - Equação de regressão para os teores de Cu na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura em relação às doses de P_2O_5 por m^3 de substrato.

SS $y = 643,3312 - 0,1135\ x$ $R^2 = 0,92$

AA $y = 693,0156 + 0,2325\ x$ $R^2 = 0,81$

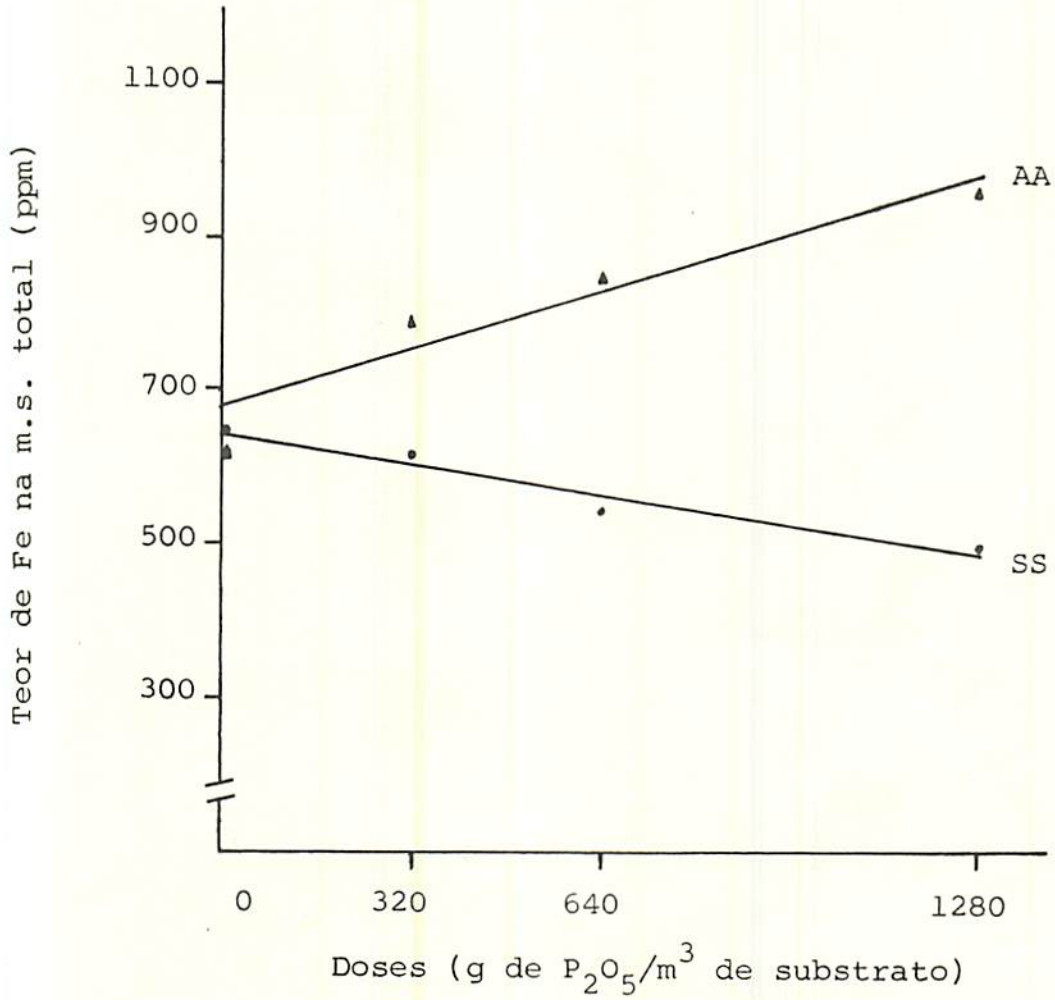

FIGURA 5 - Equações de regressão para os teores de Fe na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

$$y = 131,8924 + 0,1420\ x \qquad R^2 = 0,94$$

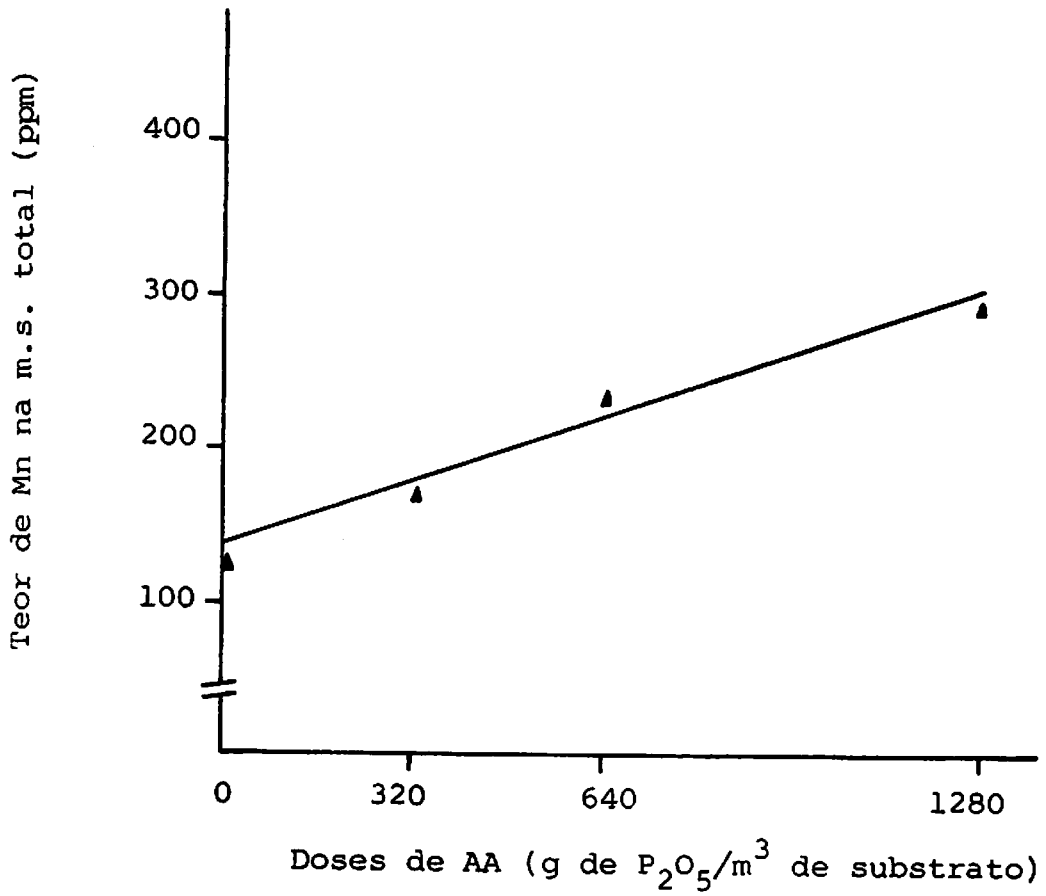

FIGURA 6 - Equação de regressão para os teores de Mn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de apatita de Araxá (AA).

$$y = 108,9982 + 0,0176\ x \qquad R^2 = 0,93$$

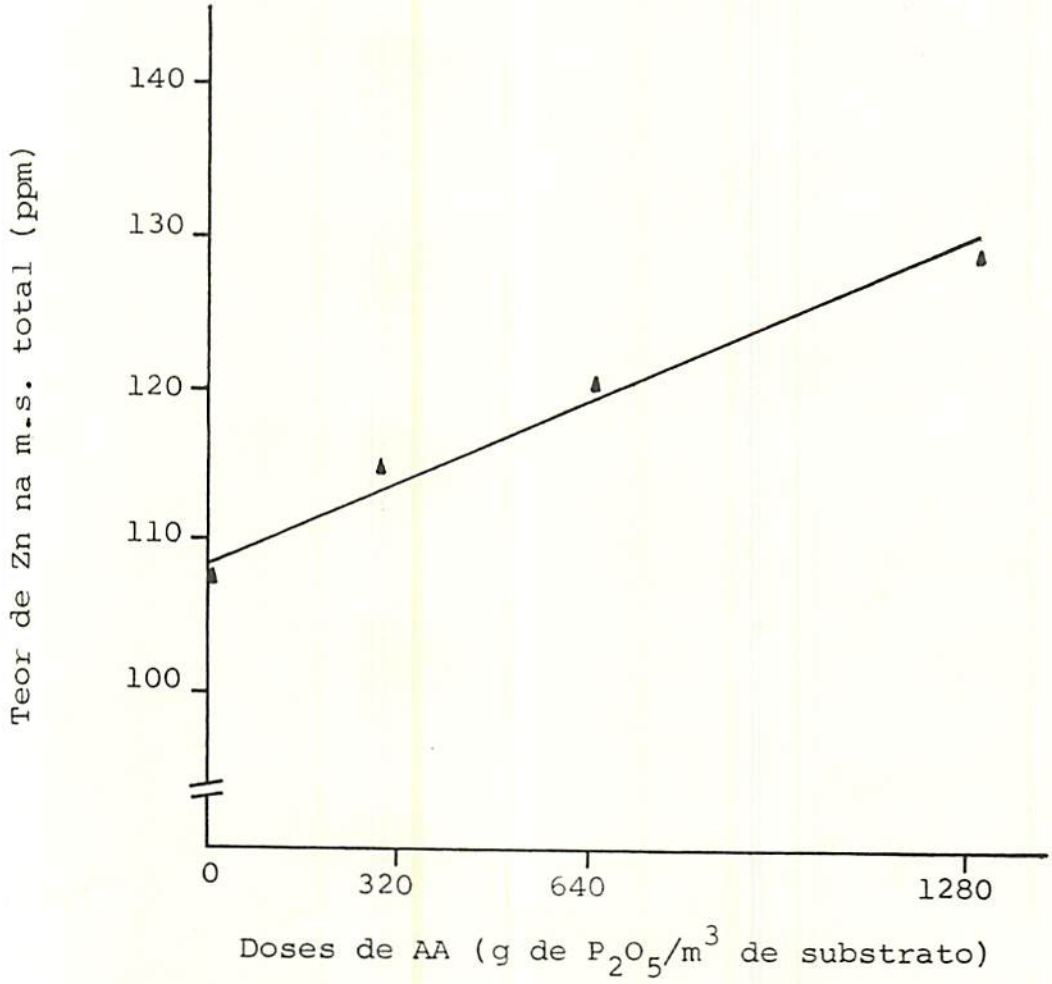

FIGURA 7 - Equação de regressão para os teores de Zn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de apatita de Araxá (AA).

com o uso de doses crescentes de AA.

A equação de regressão para os teores de Zn na m. s. total aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de AA, encontram-se na Figura 7. Esta é de natureza linear e indica que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato na forma de AA, espera-se um aumento de 2 ppm nos teores de Zn na m. s. total.

Os valores médios para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na m.s. total das plantas aos quatro meses pós-semeadura, referentes aos tratamentos de inoculação encontram-se no Quadro 7.

Os tratamentos inoculados com Acaulospora morrowae proporcionaram teores de Cu e Zn 1,60 e 1,50 vezes respectivamente maiores do que os tratamentos não inoculados e inoculados com Glomus clarum, mas esta diferença foi significativa somente para o Zn.

4.4. Crescimento vegetativo dos limoeiros 'Cravo' aos dois, três e quatro meses pós-semeadura

4.4.1. Altura de plantas e número de folhas por planta

Os valores médios para o número de folhas por planta e altura de plantas aos dois, três e quatro meses pós-semeadura, referentes às doses de SS e AA, encontram-se respectiva-

QUADRO 7 - Médias por tratamento de inoculação para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, ESAL, Lavras, 1987.

Nutrientes	Inoculação		
(ppm)	Não inoculado	*Glomus clarum*	*Acaulospora morrowae*
B	31 a	30 a	30 a
Cu	8 a	7 a	12 a
Fe	729 a	715 a	681 a
Mn	162 a	166 a	153 a
Zn	97 b	102 b	148 a

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

mente nos Quadros 8 e 9.

Aos dois meses pós-semeadura o número de folhas por planta não foi influenciado pelas variáveis estudadas. Os valores médios para altura de plantas foram maiores com o uso de SS do que com AA, sendo maiores na dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato. Aos três e quatro meses pós-semeadura os valores médios para número de folhas por planta e altura de plantas cresceram com o aumento das doses de SS. O uso de AA causou um efeito depressivo sobre estes parâmetros, sendo que aos quatro meses pós semeadura as médias dos tratamentos não adubados foram superiores às dos adubados com AA. Houve uma tendência de diminuição nos va-

QUADRO 8 - Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) para os valores de número de folhas por planta aos dois, três e quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

Época (meses)	Fertilizante	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato)				Médias
		0	320	640	1280	
2	AA	4,7 a	4,6 a	4,6 a	4,6 a	4,6 A
	SS	4,6 a	4,7 a	4,8 a	4,8 a	4,7 A
3	AA	6,4 a	6,5 a	6,1 a	6,3 a	6,3 B
	SS	6,4 b	6,6 ab	7,1 a	7,2 a	6,8 A
4	AA	8,5 a	7,9 ab	7,6 a	7,7 a	7,9 B
	SS	8,5 b	8,5 b	8,9 ab	9,5 a	8,8 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelos testes de Tukey e F respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 9 - Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) para os valores de altura de plantas em cm, aos dois, três e quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

Época (meses)	Fertilizante	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato)				Médias
		0	320	640	1280	
2	AA	4,7 a	4,5 a	4,5 a	4,5 a	4,5 B
	SS	4,7 b	4,6 b	4,8 ab	5,1 a	4,8A
3	AA	6,1 a	5,8 a	5,5 a	5,7 a	5,8 B
	SS	6,1 b	6,1 b	6,7 a	7,3 ab	6,5A
4	AA	7,8 a	6,9 ab	6,4 b	6,7 b	6,9 B
	SS	7,7 b	7,7 b	8,3 b	9,4 a	8,3A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelos testes de Tukey e F respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

lores de número de folhas por planta e altura de plantas aos quatro meses pós-semeadura com o uso de AA até a dose de 640 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, a partir do qual houve tendência a acréscimo.

As equações de regressão para os valores de altura de plantas aos dois, três e quatro meses pós-semeadura, em re-

lação às doses de SS e AA, encontram-se na Figura 8. Aos dois e três meses pós-semeadura as equações em relação às doses de SS são de natureza linear, demonstrando que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, espera-se um aumento de 0,04 e 0,10 cm por planta respectivamente. Aos quatro meses pós-semeadura as equações são de natureza linear para o SS, demonstrando que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, espera-se um aumento de 0,10 cm por planta e quadrática para a AA, com ponto de mínima altura de plantas a 842 g de P_2O_5 por m^3 de substrato.

As equações de regressão para os valores de número de folhas por planta aos três e quatro meses pós-semeadura em relação às doses de SS e AA, encontram-se na Figura 9. Aos três meses pós-semeadura a equação em relação às doses de SS é de natureza linear, demonstrando que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, espera-se um aumento de 0,05 folhas por planta. Aos quatro meses pós-semeadura as equações são de natureza linear para o SS, demonstrando que para acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, espera-se um aumento de 0,06 folhas por planta e quadrática para a AA, com ponto de mínimo número de folhas por planta a 842 g de P_2O_5 por m^3 de substrato.

Os valores médios para a altura de plantas aos quatro meses pós-semeadura, referentes as doses de P_2O_5 por m^3 de substrato em cada tratamento de inoculação, encontram-se no Quadro 10.

A inoculação com fungos micorrízicos não afetou o

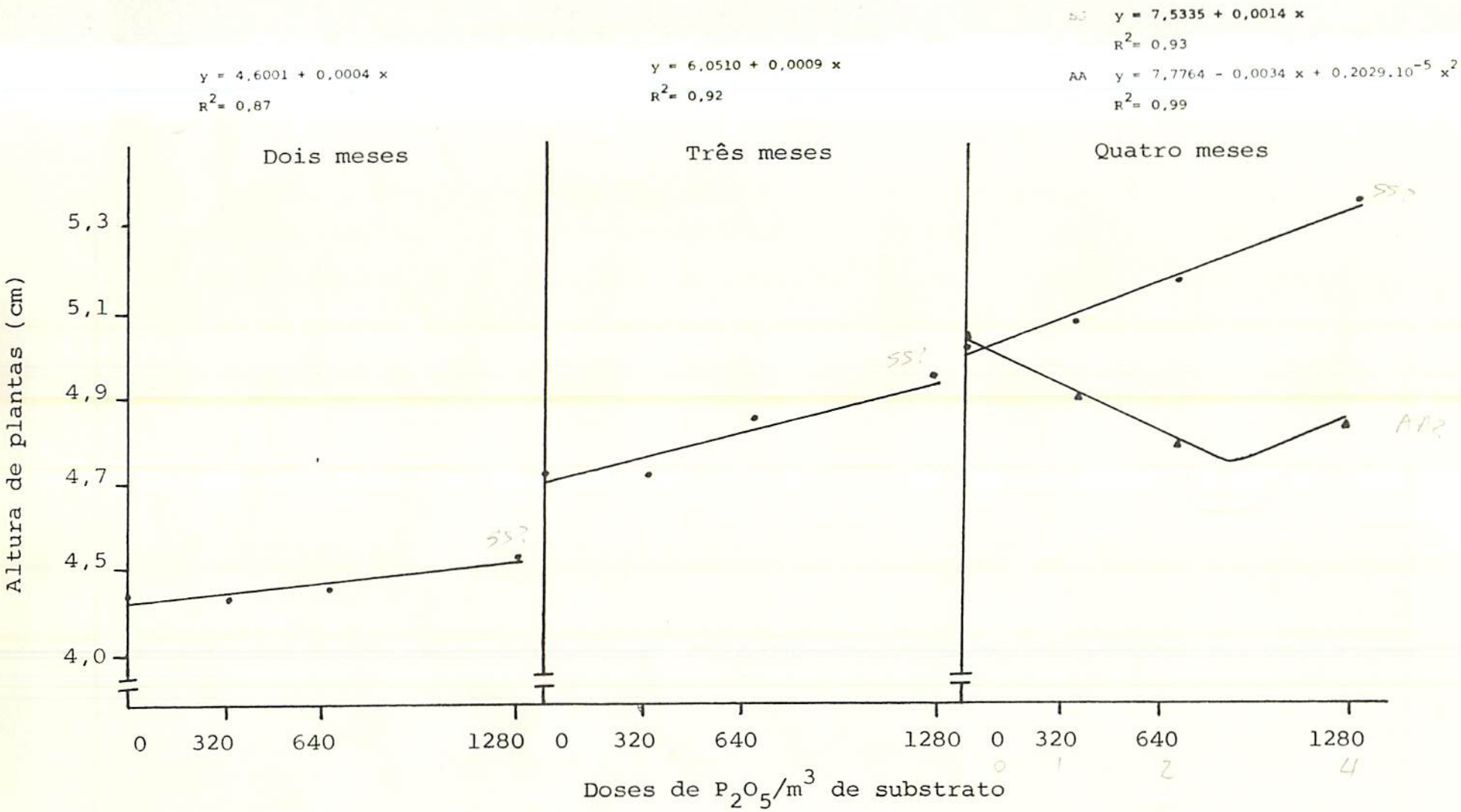

FIGURA 8 - Equações de regressão para os valores de altura de plantas aos dois, três e quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo' em relação às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

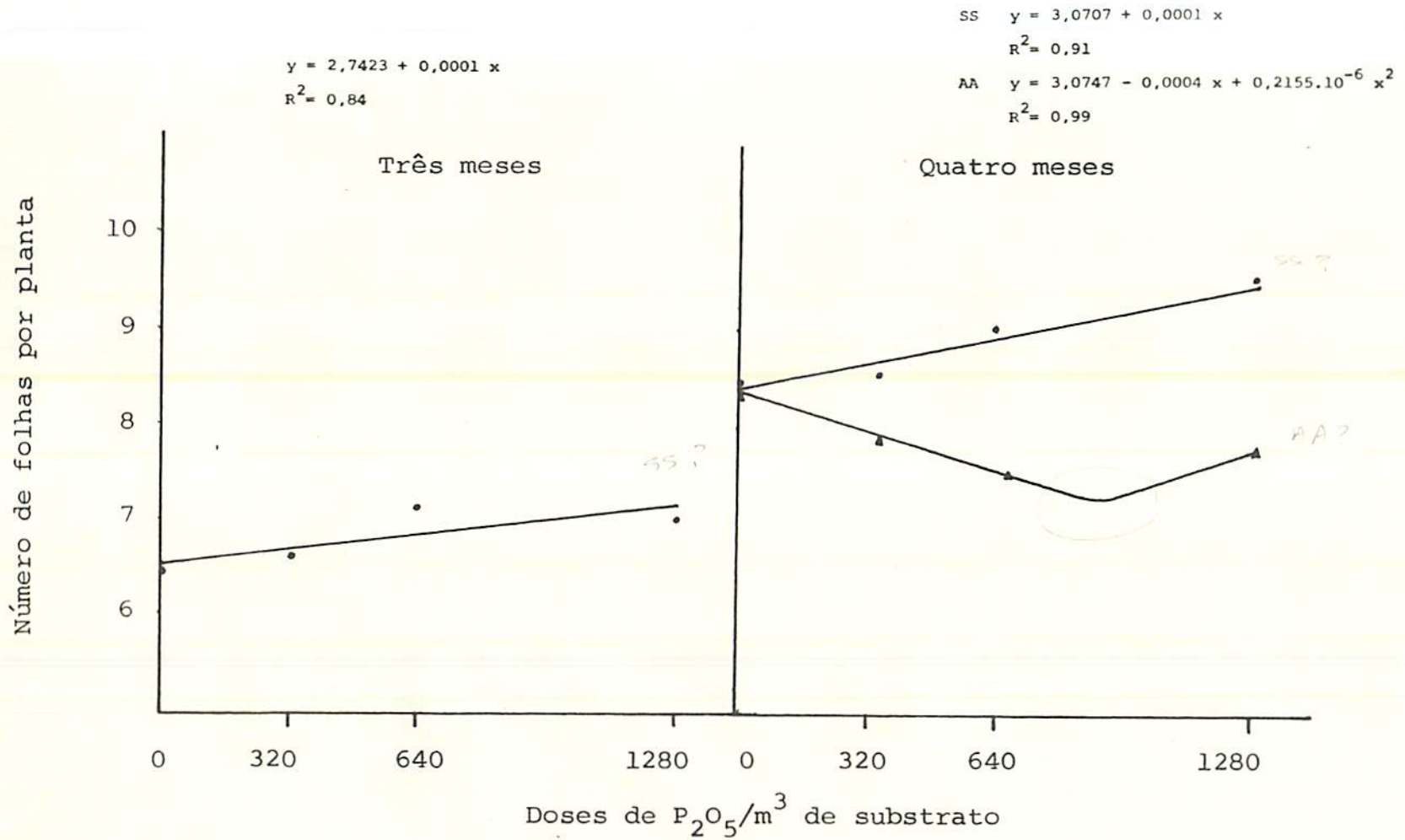

FIGURA 9 - Equação de regressão para valores de número de folhas aos três e quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo' em relação às doses de SS e AA.

QUADRO 10 - Médias por doses de P_2O_5 em cada tratamento de inoculação para os valores de altura de plantas em cm, aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

Inoculação	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato)				Médias
	0	320	640	1280	
Não inoculado	7,2 a	6,5 a	7,5 a	7,9 a	7,3 A
Glomus clarum	6,7 a	7,5 a	6,6 a	7,5 a	7,1 A
Acaulospora morrowae	8,4 a	8,0 a	8,0 a	8,9 a	8,3 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

o número de folhas por planta e altura de plantas, no entanto os tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowae* tenderam a apresentaram maiores valores médios de altura de plantas aos quatro meses pós-semeadura.

4.4.2. Pesos de matéria seca de raízes, parte aérea e total

Os valores médios para os pesos de m.s. de raízes, parte aérea e total, aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de SS e AA encontram-se no Quadro 11.

As médias para os pesos de m.s. de raízes, parte aérea e total, foram maiores com o uso de SS do que com AA, sendo maiores na dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato. O uso de AA causou tendência a diminuição nestes valores até a dose de 640 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, a partir da qual houve tendência a acréscimo.

As equações de regressão para os valores de peso de m.s. de raízes, parte aérea e total aos quatro meses pós-semeadura em relação às doses de SS e AA, encontram-se na Figura 10. Em relação ao uso de SS, as equações são de natureza linear e demonstram que para cada acréscimo de 100 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, espera-se um aumento de 0,003, 0,008 e 0,018 g por planta nos pesos de m.s. de raízes, parte aérea e total, respectivamente. Em relação ao uso de AA as equações são de natureza quadrática passando pelos pontos de mínimos valores de peso de m.s. de raízes, parte aérea e total a 854,76, 804,24 e 814,50 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, respectivamente.

QUADRO 11 - Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) para valores de peso de m.s. de raízes, parte aérea e total aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

Peso de m.s. (g/planta)	Fertilizante	Doses (g de P_2O_5/m^3 de substrato)				Médias
		0	320	640	1280	
Raízes	AA	0,25 a	0,21 b	0,20 b	0,21 b	0,22 B
	SS	0,26 b	0,27 b	0,27 b	0,30 a	0,27 A
Parte aérea	AA	0,27 a	0,24 ab	0,22 b	0,24 ab	0,24 B
	SS	0,29 b	0,31 b	0,33 b	0,40 a	0,33 A
Total	AA	0,53 a	0,43 ab	0,40 b	0,43 ab	0,45 B
	SS	0,50 b	0,51 b	0,60 ab	0,71 a	0,58 A

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

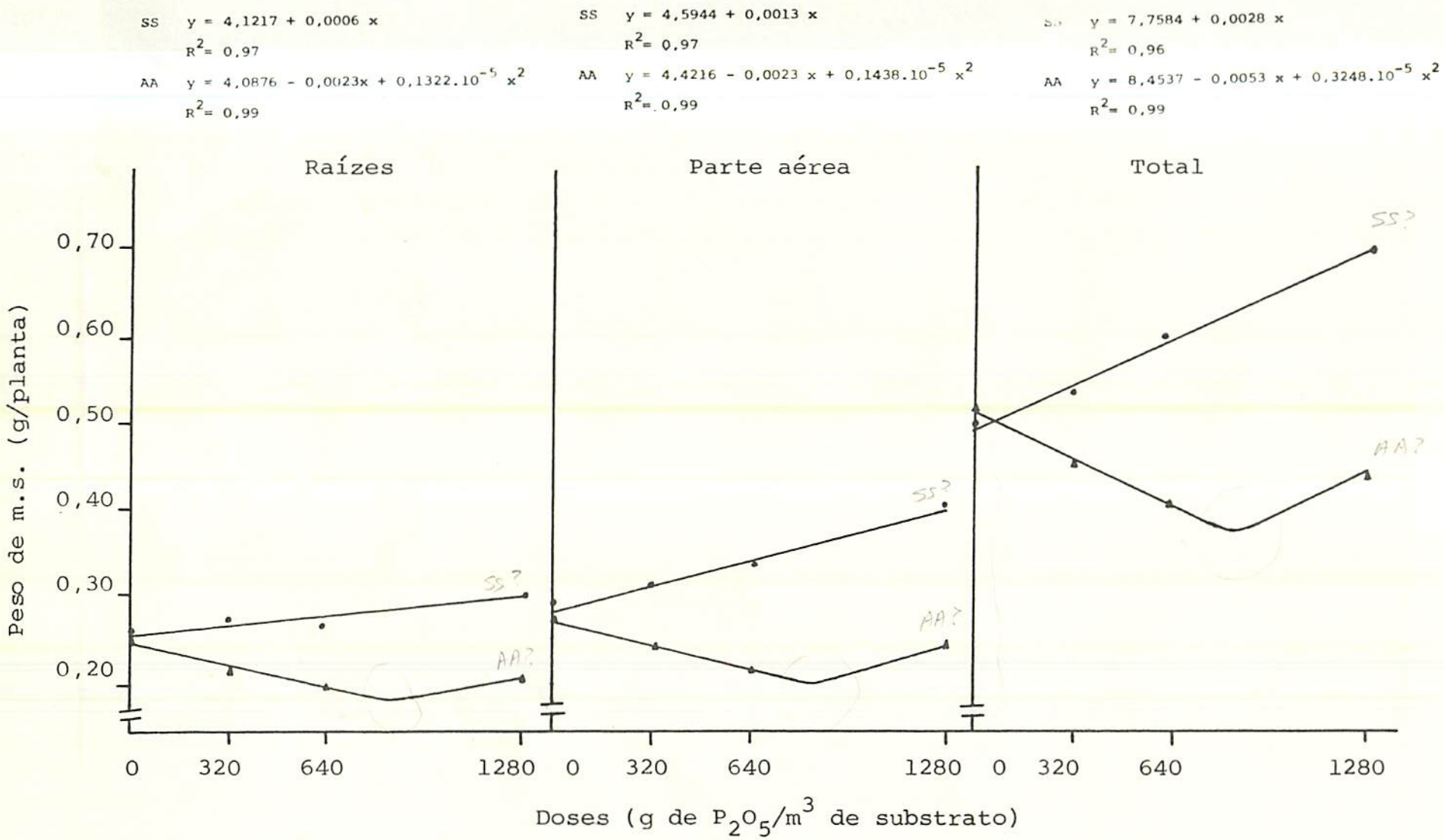

FIGURA 10 - Equações de regressão para os valores de pesos de m.s. de raízes, parte aérea e total aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo' em relação às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

. DISCUSSÃO

Considerando a grande variação nas condições de condução de cada trabalho experimental consultado, procurou-se para termos de comparação, resultados de trabalhos que mais se aproximassem das condições deste, principalmente no que diz respeito à espécie vegetal, fase de desenvolvimento, dosagem e tipo de fertilizantes empregados.

O aumento nos teores de P no substrato, decorrente da adição de doses crescentes de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA), concordam com os resultados obtidos por outros autores com o uso de diversas fontes de P aos substratos de cultivo de limoeiros 'Cravo' em sementeira (13, 17, 83, 94). Estes resultados devem-se à presença de P em grandes quantidades nos fertilizantes utilizados.

O uso de AA proporcionou maiores teores de P no substrato em relação ao SS, na mesma dose de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio. Resultado semelhante foi obtido por NICOLI (83) com o uso destes dois fertilizantes em limoeiros 'Cravo', cultivados em vasos com solo natural. Estes resultados podem ser

atribuídos a uma maior quantidade de P total existente na AA e a natureza do extrator de P utilizado nas análises. Segundo SFREDO et alii (93) e LEAL (53), o extrator Mehlich, utilizado nas determinações de P no substrato, não é adequado para determinação de P em solos adubados com fosfato natural, por ser um extrator ácido e extrair parte do P-não lábil do fertilizante, como o P do osfato tricálcico, superestimando o P disponível.

O uso de AA na dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato não proporcionou teores de P maiores do que a dose anterior, mesmo sendo adicionado o dobro da quantidade de fertilizante. Possivelmente houve uma incapacidade física do substrato utilizado em reter maiores quantidades de AA, visto este fertilizante ter granulometria pequena e apresentar-se em forma de pó finamente moído, havendo então perdas de partículas do fertilizante com a água percolada pelo orifício inferior das bandejas.

Neste estudo, concordando com o resultado obtido por CARVALHO (17) com o uso de SS em limoeiros 'Cravo' em sementeira, não se observou efeito da adição de doses crescentes de fertilizantes fosfatados sobre os teores de K no substrato. Este resultado pode ser atribuído ao alto teor inicial deste nutriente no substrato, cerca de 160 ppm, a ausência de K nos fertilizantes utilizados e ao fato de não ter havido efeito destes sobre a absorção de K.

Aumento nos teores de Ca nos solos, decorrentes da adição de SS foram relatados por diversos autores, sendo atribuído ao Ca presente em forma solúvel neste fertilizante (13, 17, 94). Menores aumentos de Ca + Mg no solo, foram obtidos por NICO-

LI (83), com o uso de AA em relação ao uso de SS. Neste trabalho concordando com os autores citados houve acréscimo nos teores de Ca no substrato com a adição de doses crescentes de SS, sendo obtidos menores valores com o uso de AA. Embora haja alto teor de Ca na AA, este encontra-se em forma pouco solúvel podendo estar ligado ao F, ao P ou na forma de $CaCO_3$, MALAVOLTA (63) e segundo OEDERET & LOBATO (32), o uso deste fertilizante não proporciona aumento nos teores de Ca trocável no solo. Os teores mais altos de Ca encontrados nos tratamentos sem adubação em relação ao conteúdo inicial do substrato, podem ser atribuídos a uma possível mineralização do Ca presente na matéria orgânica.

Da mesma forma que CARVALHO (17) com o uso de SS em limoeiros 'Cravo' em sementeira, neste estudo não houve efeito do SS e AA sobre os teores de Mg no substrato. Atribui-se este resultado ao alto teor inicial deste nutriente no substrato, cerca de 11,4 mE/100 cm^3, a ausência de Mg nos fertilizantes utilizados e a não ter havido efeito dos fertilizantes sobre a absorção de Mg.

Aumentos nos valores de pH do solo, decorrentes do uso de SS, foram obtidos por SILVA (94) e BUENO (13) e também por NICOLI (83) utilizando AA em experimentos com limoeiros 'Cravo' cultivados em vasos. Resultados semelhantes não foram obtidos neste trabalho, havendo pouca variação nos valores de pH em relação ao valor inicial apresentado pelo substrato. Atribui-se este resultado ao alto teor de matéria orgânica do substrato, cerca de 22,3%, atuando esta como agente tampão. Segundo KIEHL (48) quanto maior o conteúdo do solo em matéria orgânica, maior é a resistên-

cia deste às mudanças de pH.

Embora não se tenha realizado análise para determinação do teor de micronutrientes no substrato, acredita-se que o alto conteúdo deste em matéria orgânica tenha proporcionado altos teores destes nutrientes no substrato. Segundo CHENG (21) são encontrados na matéria orgânica em forma de quelados, micronutrientes como o Cu, Zn, Fe e Mn, sendo que o teor de B nos solos está diretamente correlacionado com o conteúdo deste em matéria orgânica, MALAVOLTA (62). O uso de AA pode ter proporcionado um aumento nos teores de micronutrientes no substrato, visto que este fertilizante apresenta na sua constituição nutrientes como o Fe e o Mn.

A inoculação dos limoeiros 'Cravo' com o fungo Acaulospora morrowae, proporcionou colonização de raízes, cerca de três vezes maiores do que com o fungo Glomus clarum. A maior colonização de raízes por Acaulospora morrowae pode ser atribuída a características intrínsecas deste, que mostrou ser mais adaptado às condições do substrato e possivelmente, maior afinidade com o limoeiro 'Cravo'.

Diminuição na colonização de raízes de porta-enxertos de citros, causadas por níveis crescentes de P nos substratos de cultivo, foram relatadas por diversos autores (38, 44, 70, 100). Neste estudo a adição de doses crescentes de SS e AA não influenciaram a colonização das raízes dos limoeiros 'Cravo', possivelmente devido ao fato dos níveis de P no substrato não terem sido suficientemente altos para inibir a colonização das raízes pe-

los fungos em questão.

Vários autores obtiveram diminuições nos teores de N na m.s. de limoeiros 'Cravo' em sementeira, como consequência da adição de doses crescentes de fertilizantes fosfatados. Nestes casos a absorção de N não se elevava o suficiente para acompanhar o maior acúmulo de m.s. causado pelo aumento dos níveis de P nos substratos, caracterizando-se o efeito de diluição. Neste estudo maiores teores de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' foram obtidos com o uso de SS em relação ao uso de AA, acompanhando o maior acúmulo de m.s. causado pelo uso de SS. Neste caso houve maior absorção de N pelas plantas que apresentavam maior acúmulo de m.s. Possivelmente o alto teor de matéria orgânica do substrato, pode ter proporcionado quantidades suficientes de N disponível às plantas. A matéria orgânica, segundo KIEHL (48), atua no solo como um reservatório de N podendo fornecer um suprimento constante deste nutriente às plantas.

O teor médio de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' em plantas que apresentaram maior crescimento, foi de 1,12%, valor menor do que os obtidos por NICOLI (83), BUENO (13) e CARVALHO (17) neste mesmo porta-enxerto, que foram de 3,55; 1.81; 1.40 respectivamente. Estas diferenças se devem a características próprias de cada experimento como tipo de substrato, adubações nitrogenadas, crescimento e idade das plantas.

Os aumentos nos teores de P na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', obtidos neste estudo com a adição de doses crescentes de SS, concordam com os resultados relatados por outros au

tores que cultivaram este mesmo porta-enxerto em fase de sementeira com várias doses de fertilizantes fosfatados (4, 13, 17, 94). Estes resultados são decorrentes dos maiores teores de P disponível às plantas nos substratos de cultivo.

Com a adição de doses crescentes de AA em limoeiros 'Cravo' cultivados em vasos, NICOLI (83) obteve pequeno aumento nos teores de P nas plantas. Neste estudo, o uso de AA proporcionou teores de P na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' superiores aos dos tratamentos não fertilizados, embora nestes já houvesse cerca de 144 ppm de P. Contudo não houve o efeito das doses crescentes de AA de aumentar os teores de P na m.s. total das plantas. Possivelmente o aumento nos teores de P na m.s. com o uso de AA em relação aos tratamentos não fertilizados, deve-se a uma concentração de P nos tecidos, pois o uso deste fertilizante causou diminuição no acúmulo de m.s. das plantas.

Os maiores teores de P na m.s. das plantas proporcionados pelo uso de SS em relação ao uso de AA, podem ser atribuídos à baixa disponibilidade de P decorrente do uso da AA, devida a alta saturação de bases e aos altos teores de Ca e P no substrato. Segundo KASAWNEH & DOLL (47) e MAGALHÃES (60), estas características apresentadas pelo substrato, têm efeito negativo sobre a solubilização dos fosfatos naturais. O pouco tempo de cultivo das plantas também pode ter impedido uma maior solubilização da AA visto este fertilizante ter ação lenta no solo.

A inoculação com fungos micorrízicos tem proporcionado aumentos na absorção de P pelos limoeiros 'Cravo' em fase

de sementeira, como demonstraram os trabalhos de CALDEIRA et alii (14), CARDOSO et alii (15) e ANTUNES (4). Neste estudo a inoculação com o fungo Acaulospora morrowae proporcionou teores de P na m.s. total das plantas, cerca de duas vezes maior do que os tratamentos não inoculados, demonstrando que o fungo foi eficiente em aumentar a absorção de P pelo limoeiro 'Cravo'.

O teor médio de P obtido neste estudo em plantas que apresentaram maior crescimento, foi de 0,25%, valor que se aproxima do maior teor de P encontrado na m.s. total de limoeiros 'Cravo' por CARVALHO (17) que foi de 0,20%. Como resposta à inoculação com fungos micorrízicos em limoeiro 'Cravo' o maior teor de P na m.s. de folhas encontrado por ANTUNES (4) foi de 0,24%, enquanto neste estudo as plantas inoculadas com o fungo Acaulospora morrowae apresentaram teor médio de 0,35% de P na m.s. total. Os maiores teores de P obtidos neste estudo em relação aos teores obtidos por outros autores podem ser atribuídos à maior disponibilidade de P no substrato e a menor idade e crescimento das plantas, podendo ter ocorrido maior concentração de P nos tecidos. Além de um possível efeito dos fungos micorrízicos em elevar de uma forma geral os teores médios de P.

Diminuições nos teores de K na m.s. total de limoeiros 'Cravo', foram obtidas por BUENO (13) e por CARVALHO (17), decorrentes da adição de doses crescentes de superfosfatos aos substratos de cultivo. No entanto concordando com os resultados obtidos por NICOLI (83), a adição de SS e AA em doses crescentes não influenciaram os teores de K na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' neste estudo. Atribui-se este resultado ao alto conteúdo ini-

cial de K no substrato, cerca de 160 ppm, que pode ter proporcionado quantidade suficiente do nutriente disponível às plantas, compensando o efeito de diluição e o efeito antagônico do Ca presente nos fertilizantes sobre a absorção de K, citados por BUENO (13) e CARVALHO (17).

A inoculação de limoeiros 'Cravo' com fungos micorrízicos proporcionou aumentos na absorção de K, segundo CARDOSO et alii (15) e ANTUNES (4). Neste estudo a inoculação dos limoeiros 'Cravo' com o fungo Acaulospora morrowae proporcionou teores de K na m.s. total, significativamente superiores aos tratamentos não inoculados ou inoculados com Glomus clarum, comprovando a eficiência deste fungo em aumentar a absorção de K pelas plantas.

Neste estudo o teor médio de K na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', em plantas que apresentaram maior crescimento foi de 2,15%, valor superior aos encontrados por NICOLI (83), por BUENO (13) e por CARVALHO (17) com 1,26, 0,65, 0,95% de K respectivamente, podendo-se atribuir estas diferenças aos mesmos motivos apresentados para o P. Os maiores valores obtidos para o teor de K na m.sl total se aproximam mais do valor obtido por ANTUNES (4) em plantas inoculadas com fungo micorrízico que apresentaram maior crescimento, que foi cerca de 2,26% de K na m.s. de folhas.

Os aumentos nos teores de Ca na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' obtidos neste estudo, como resposta à adição de doses crescentes de SS concordam com os resultados obtidos por outros autores (17, 83, 94) e podem ser atribuídos à presença de Ca

em forma disponível neste fertilizante.

Neste estudo o uso de AA não afetou os teores de Ca das plantas, no entanto NICOLI (83) obteve aumento nos teores de Ca na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' com a adição de doses crescentes de AA. Estes resultados se devem possivelmente a este autor ter utilizado como substrato solo natural com baixo pH, baixo conteúdo de P e Ca, além do maior tempo de cultivo das plantas, condições que favorecem a solubilização da AA.

A adição de SS em doses crescentes aos substratos de cultivo de limoeiros 'Cravo' proporcionou aumento nos teores de S na m.s. total das plantas, devido à presença deste nutriente no fertilizante (17, 83, 94). Este efeito não foi observado nas condições do presente estudo possivelmente pelo alto conteúdo de matéria orgânica do substrato utilizado, que pode ter proporcionado quantidades suficientes de S disponível às plantas pois, segundo BIEDERBECK (7), a matéria orgânica contém alto teor de S, que pode ser fornecido às plantas de forma gradual a medida que é mineralizado.

O maior teor médio de S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' obtidas neste trabalho foi 0,14%, valor inferior aos obtidos por SILVA (94), por NICOLI (83) e por CARVALHO (17) que foram ao redor de 0,21% de S. Neste caso, assim como para o N, não se caracterizou o efeito de concentração do nutriente devido ao menor crescimento apresentado pelas plantas, em relação a outros trabalhos.

Diminuições nos teores de B na m.s. total de li -

moeiros 'Cravo' em sementeira foram obtidas como consequência da adição de doses crescentes de fertilizantes fosfatados (13, 17, 83, 94), sendo atribuídas por NICOLI (83) e BUENO (13) à inibição competitiva na absorção deste nutriente, visto o B e o P serem absorvidos na forma aniônica. Neste estudo não se observou este efeito com o uso de SS e AA, atribuindo-se este resultado ao alto teor de matéria orgânica do substrato utilizado, que pode ter proporcionado altos teores de B disponível às plantas. Segundo MALAVOLTA (62) a matéria orgânica é a fonte mais importante de B para as plantas.

O teor médio de B na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' obtido neste estudo, em plantas que apresentaram maior crescimento foi de 29 ppm, valor que se aproxima dos obtidos por NICOLI (83) e CARVALHO (17) que foram de 22 e 32 ppm de B, respectivamente.

O efeito inibitório do P sobre a absorção de Cu por plantas cítricas em fase inicial de crescimento, foi relatado por diversos autores (8, 37, 38, 102).

No limoeiro 'Cravo' em sementeira, menores teores de Cu na m.s. total foram obtidos nas maiores dosagens de SS utilizadas (17, 83, 94). Nas condições do presente estudo o efeito do P em diminuir a absorção de Cu foi observado a partir da dose de 640 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, quando houve tendência a diminuição nos teores de Cu na m.s. total dos limoeiros 'Cravo'.

Um dos efeitos mais pronunciados dos fungos micorrízicos em plantas cítricas é aumentar a absorção de Cu, como de-

monstraram vários autores (51, 68, 70, 102, 103).

Os teores de Cu na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' inoculados com o fungo Acaulospora morrowae foi de 12 ppm, cerca de 1,6 vezes maior do que os tratamentos não inoculados, demonstrando uma tendência das plantas micorrizadas em absorver mais Cu, embora esta diferença não tenha sido significativa.

O teor médio de Cu na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' obtido neste estudo em plantas que apresentaram maior crescimento, foi de 8 ppm, valor semelhante ao obtido por NICOLI (83) porém superior ao obtido por CARVALHO (17) que foram de 8 e 6 ppm de Cu respectivamente.

O uso de fosfato monocálcico e superfosfato triplo não causou efeito sobre os teores foliares de Fe em plantas cítricas, como demonstram os trabalhos de BINGHAM & MARTIN (8) e SPENCER (98). Porém, segundo MALAVOLTA (62), altos níveis de P no substrato podem diminuir a absorção de Fe pelas plantas.

Neste estudo o uso de SS proporcionou menores teores de Fe na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' em relação ao uso de AA, podendo-se atribuir este resultado ao antagonismo entre o P e o Fe no substrato, à diluição das quantidades de Fe absorvidas, causada pelo maior acúmulo de m.s. das plantas adubadas com SS e a possível presença de Fe na AA. Segundo McLELLAN & GREMILLION (67) mais de 25 elementos têm sido encontrados como íons substituintes na estrutura da fluoroapatita, encontrando-se entre eles principalmente o Fe e o Mn como íons substituintes do Ca normalmente presente neste fertilizante.

Os maiores teores de Mn obtidos na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', como resposta ao uso de AA em relação ao uso de SS e os acréscimos lineares nos teores de Mn obtidos com a adição de doses crescentes de AA ao substrato de cultivo, concordam com os resultados obtidos por NICOLI (83) que usou SS e AA como fonte de P no limoeiro 'Cravo' cultivado em vasos, podendo-se atribuir estes resultados à presença de Mn na composição de AA como íon substituinte do Ca.

O teor médio de Mn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' obtido em plantas que apresentaram maior crescimento foi de 113 ppm, valor que se aproxima dos valores obtidos por SILVA (94) e NICOLI (83) que foram de 116 e 98 ppm de Mn respectivamente.

Os resultados apresentados para os teores de Fe e Mn, demonstram que AA pode ser uma fonte em potencial destes dois nutrientes para os citros, em regiões onde o suprimento destes sejam insuficientes para o desenvolvimento normal das plantas.

Em limoeiros 'Cravo' SILVA (94) e BUENO (13) obtiveram diminuições nos teores de Zn na m.s. total com a adição de doses crescentes de superfosfatos. Neste estudo não se observou este efeito com o uso de SS, concordando com os resultados obtidos por NICOLI (83) e por CARVALHO (17). Possivelmente o alto teor de matéria orgânica do substrato proporcionou teores suficientes de Zn disponível às plantas. Segundo MALAVOLTA (62) uma alta proporção de Zn em forma trocável se encontra na matéria orgânica na forma de quelados pouco estáveis.

Com a adição de doses crescentes de AA ao substrato de cultivo dos limoeiros 'Cravo', NICOLI (83) obteve aumento nos teores de Zn na m.s. total, atribuindo este efeito a alguma característica da AA que possa ter beneficiado a maior concentração de Zn nos tecidos. Os resultados obtidos neste estudo com o uso de AA concordam com os resultados obtidos por este autor, podendo ser atribuídos à possível presença de Zn na composição de AA, visto que vários elementos podem ser encontrados como íons substituintes do Ca na estrutura da fluoroapatita e entre eles ser citado o Fe, que segundo MALAVOLTA (62), possui raio iônico semelhante ao do Zn.

O efeito de fungos micorrízicos em aumentar a absorção de ~~Mn~~ Zn em porta-enxertos de citros foi relatado por MANJUNATH et alii (64) em tangerineira 'Cleópatra' e por MENGE et alii (70) em citrange 'Troyer' e laranjeira 'Azeda'. Nas condições do presente estudo a inoculação dos limoeiros 'Cravo' com o fungo Acaulospora morrowae proporcionou teores de Zn 1,5 vezes maior do que os tratamentos não inoculados, demonstrando que este fungo foi eficiente em aumentar a absorção de Zn pelas plantas.

O teor médio de Zn obtido na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' em plantas que apresentaram maior crescimento foi de 113 ppm, valor bem superior aos obtidos por SILVA (94), por NICOLI (83) e por CARVALHO (17), que variaram de 16 a 30 ppm de Zn. Estas diferenças se devem possivelmente ao alto teor de Zn disponível no substrato, proporcionado pelo alto teor de matéria orgânica e ao valor de pH ao redor de 6,4, pois segundo MALAVOLTA(62) a absorção de Zn é favorecida por um pH do meio entre 5 e 7, e ao

menor crescimento apresentado pelas plantas em relação aos outros estudos o que pode ter ocasionado maior concentração de Zn nos tecidos.

Na maioria dos estudos sobre efeitos do P no crescimento do limoeiro 'Cravo' em sementeira, o maior crescimento das plantas foi obtido com maiores dosagens de fertilizantes fosfatados, demonstrando que o crescimento das plantas está diretamente relacionado com a nutrição em P (4, 13, 83, 94). SILVA (94) e NICOLI (83) obtiveram respostas no crescimento de limoeiros 'Cravo' até a maior dose de P adicionada, que foi de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, sendo observado efeitos positivos dos fertilizantes fosfatados sobre a altura de plantas a partir do terceiro mês pós-semeadura.

Os parâmetros de crescimento vegetativo avaliados neste estudo, demonstraram que a partir do segundo mês pós-semeadura, já havia efeito do SS em aumentar as taxas de crescimento dos limoeiros 'Cravo', sendo os valores de altura de plantas maiores com o uso de SS em relação ao uso de AA e já havendo respostas das plantas a doses crescentes de SS. A partir do terceiro mes pós-semeadura tanto os valores de altura de plantas como o de número de folhas foram maiores com o uso de SS na dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, havendo um efeito depressivo do uso de AA sobre estes parâmetros. Estes efeitos foram observados também aos quatro meses pós-semeadura para a altura de plantas, número de folhas, pesos de m.s. de raízes, da parte aérea e total.

O maior crescimento dos limoeiros 'Cravo', proporcionado pelo uso de SS na maior dosagem, pode ser atribuído ao me

lhor estado nutricional destes, principalmente em Ca e P, além dos níveis satisfatórios encontrados para os outros nutrientes, o que permitiu às plantas expressarem o seu maior potencial de crescimento para as condições em que foram cultivadas.

O efeito da AA em proporcionar menores valores para os parâmetros de crescimento, pode ser atribuído a alguma característica do material fosfático como a possível presença de $CaCO_3$, que em contacto com as raízes pode proporcionar reações cáusticas pela alta concentração de óxidos, reações semelhantes às que ocorrem com o uso de calcário conforme o citado por ALCARDE (1). Estas reações ou alguma outra característica da AA podem ter prejudicado o crescimento das raízes no interior das células e consequentemente influenciado o desenvolvimento normal das plantas. Esta diminuição nas taxas de crescimento das plantas pode ser atribuída também a um possível efeito da AA sobre o estado nutricional das plantas. Embora não tenha havido efeito no teor de nutrientes, possivelmente pela pouca variação no crescimento das plantas, pode ter ocorrido algum efeito sobre as quantidades de nutrientes absorvidas, visto que as médias das quantidades de N, P e S absorvidas pelas plantas fertilizadas com AA, foram respectivamente 26, 5 e 30% menores do que as plantas não fertilizadas.

A menor quantidade de P absorvida pelas plantas fertilizadas com AA em relação às plantas não fertilizadas pode ser atribuída à forma pouco solúvel em que o P se encontra neste fertilizante, ao pouco tempo para a solubilização deste e a uma possível reação de fixação do P pelo Ca presente na AA.

Os resultados obtidos com o uso de AA neste sistema de cultivo das mudas dão margem a novos estudos onde deve - se dar mais ênfase à composição química deste fertilizante, maior tempo de condução das mudas para haver maior solubilização, recolher a água percolada pelos orifícios inferiores das bandejas para se detectar possíveis perdas de partículas do material fosfático e utilizar extratores de P mais adequados para a análise do P proveniente desta fonte, nas análises do substrato.

O efeito de fungos micorrízicos em aumentar as taxas de crescimento do limoeiro 'Cravo', foi observado por Zambolim e Pinto (1985), citados por ZAMBOLIM & SIQUEIRA (109) e por CARDOSO et alii (15). Neste estudo, embora se tenha obtido maiores valores para o peso de m.s. total e altura de plantas nos tratamentos inoculados com o fungo Acaulospora morrowae em relação aos inoculados com o fungo Glomus clarum e os não inoculados, as diferenças não foram significativas, não sendo caracterizado o efeito do fungo micorrízico em aumentar as taxas de crescimento dos limoeiros 'Cravo'. Possivelmente o espaço limitado para o desenvolvimento das raízes e o pouco tempo de condução das mudas, não permitiu que houvessem maiores respostas em termos de crescimento. Além disto os efeitos das MVA em promover maior crescimento, em geral, são mais acentuados em condições de baixa disponibilidade de P no substrato, como demonstra o estudo de GRAHAM & TIMMER (38).

As plantas de limoeiro 'Cravo' apresentaram respostas em crescimento até a maior dose de SS utilizada, que proporcionou cerca de 700 ppm de P no substrato, visto já haver ini-

cialmente cerca de 144 ppm no substrato. Estes resultados confirmam o proposto por CARVALHO (17), que em fase inicial de crescimento, o limoeiro 'Cravo' responde a níveis de P superiores aos considerados altos pelos padrões de fertilidade de solos dados pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (22).

. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido este estudo, os resultados apresentados permitem concluir:

1. O uso de superfosfato simples proporcionou maior disponibilidade de Ca e P no substrato, obtenção de maiores teores de N, P e Ca na matéria seca total e maior crescimento dos limoeiros 'Cravo', em relação ao uso de apatita de Araxá.

2. O uso de apatita de Araxá proporcionou a obtenção de maiores teores de Fe e Mn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo'.

3. Com o uso de superfosfato simples na dose de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, obteve-se maiores teores de P e Ca na matéria seca total e maior crescimento dos limoeiros 'Cravo', em relação às outras doses.

4. A inoculação dos limoeiros 'Cravo' com o fungo Acaulospora morrowae proporcionou maior taxa de colonização e a obtenção de maiores teores de P, K e Zn na matéria seca total em relação à inoculação com o fungo Glomus clarum e à não inoculação

das plantas, mesmo tendo se utilizado níveis de P considerados altos tanto pelos padrões de fertilidade dos solos, quanto para estudos envolvendo fungos MVA.

5. Aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', as plantas que apresentavam maior crescimento tinham altura média de 9,4 cm podendo ser repicadas com torrão, sem danificações ao sistema radicular. Estas plantas apresentavam o seguinte teor de nutriente na matéria seca total: 1,12% para o N, 0,25% para o P, 2,15% para o K, 1,29% para o Ca, 0,39% para o Mg, 0,13% para o S, 29 ppm para o B, 8 ppm para o Cu, 507 ppm para o Fe, 113 ppm para o Mn e 113 ppm para o Zn. Os nutrientes mais extraídos pelas plantas nestas condições, foram em ordem decrescente o K, Ca, N, Mg, P, S, Fe, Zn, Mn, B e Cu.

7. RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Minas Gerais, no período de outubro de 1986 a fevereiro de 1987 e teve por objetivo verificar o efeito de diferentes doses e fontes de fertilizantes fosfatados e de fungos MVA sobre o crescimento e nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' cultivado em sementeiras removíveis.Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo as parcelas compostas pelos tratamentos inoculados com os fungos micorrízicos Acaulospora morrowae, Glomus clarum e não inoculados. As sub-parcelas foram compostas pelos tratamentos de doses e fontes de P_2O_5 em esquema fatorial com as dosagens de 0, 320, 640 e 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato, fornecida através do superfosfato simples e apatita de Araxá. A inoculação dos fungos micorrízicos foi feita com inóculo, constituído de solo contendo as estruturas infectivas, incorporado junto com os fertilizantes ao substrato. As plantas foram cultivadas em sementeiras removíveis compostas por bandejas de isopor com substrato comercial. Doses crescentes de superfosfato simples proporcionaram maior

disponibilidade de P e Ca no substrato, maiores teores de P e Ca na matéria seca total das plantas e maior crescimento dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura em relação a adição de apatita de Araxá. O fungo Acaulospora morrowae proporcionou altas taxas de colonização micorrízica nas raízes e aumento na absorção de P, K e Zn pelos limoeiros 'Cravo'. As plantas com maior crescimento se apresentavam aptas para a repicagem aos quatro meses pós-semeadura.

8. SUMMARY

EFFECT OF RATES AND SOURCES OF PHOSPHORUS AND MYCORRHIZAL FUNGI ON THE 'RANGPUR' LIME UNTIL TRANSPLANTING

This research was carried out at the Escola Superior de Agricultura de Lavras, State of Minas Gerais, from octo - ber 1986 to february 1987. The objective was to study the effect of different rates and sources of phosphorous fertilizers and inoculation with VAM fungi on the growth and nutrition of 'Rangpur' lime, growing in speedlings until transplanting. The experimental design used was randonized blocks with aplit-splot scheme. The plots were composed by the inoculation treatments with the mycorrizal fungi Acaulospora morrowae, Glomus clarum and a non-inocu - lated control. The sub-plots were composed by the rates and sources of P_2O_5 in a fatorial scheme with the rates of 0, 320, 640 and 1280 g of P_2O_5 by m^3 of substrate and two sources of phosphorous fertilizers, the single superphosphate and the apatite of Araxá. The inoculation of mycorrhizal fungi were made by soil ino

culum with the infective structures, mixed with the fertilizers to the substrate. The plants were carried in speedlings with comercial substrate. Increasing the rates of single superphosphate, made higher availability of P and Ca in the substrate and higher concentration of N, P and Ca in the dry matter and resulted in higher growth, four months after sowing, in relation to use of apatite of Araxá. The fungus Acaulospora morrowae made higher rates of root colonization and higher absortion of P, K and Zn by the plants. The plants with best growth were able to be transplanted four months after sowing.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCARDE, J.C. Características dos corretivos de acidez do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, 1, Campinas, Fundação Cargil, 1986. p.1-19.

2. ALLEN, M.F.; MOORE JR., T.S. & CHRISTENSEN, M. Phytohormone changes in Bouteloua gracilis infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. II Altered levels of giberellin - like substances and abscisic acid in the host plant. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 60(4):468-71, Apr. 1982.

3. AMES, R.N.; REID, C.P.P.; PORTER, L.K. & COMBARDELLA, C. Hyphae uptake and transport of nitrogen from two ^{15}N - labelled sources by Glomus mosseae, a vesicular-arbuscular micorrhizae fungus. New Phytologist, London, 95(3):381-96, Nov. 1983.

4. 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).

5. ASSUMPÇÃO, E. de. Ação da população microbiana natural de um regossolo do estado de São Paulo, influenciada pela adição de uma fonte de matéria orgânica sobre um fosfato natural. Piracicaba, ESALQ, 1987. 89p. (Tese MS).

6. BARBER, S.A. Application of phosphate fertilizers: methods, rates and time of application in relation to the phosphorus status of soils. Phosphorus in Agriculture, Paris, 31(70): 109-15, June 1977.

7. BIEDERBECK, V.O. Soil organic sulfur and fertility. In: SCHNITZER, M. & KHAN, S.U., eds. Soil organic matter. Amsterdan, Elsevier Scientific, 1978. p.273-310.

8. BINGHAM, F T. & MARTIN, J.P. Effect of soil phosphorus on growth and minor element composition of citrus. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 20(3):382-5, July 1956.

9. BLACK, C.A. Relaciones suelo-planta, Buenos Aires, Editorial Emisfério Sur, 1975. v.2, 866p.

10. BOUHIRED, L.; FORTIN, J.A. & FURLAN, V. Production experimentale d'endomycorrhizes à vesicules et arbuscules sur le bigaradier (Citrus aurantium). Fruits, 39(4):277-82, avr. 1984.

11. BOWEN, D. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecossystems. In: MIKOLA, P., ed. Tropical mycorrhiza research. Oxford, Oxford University Press, 1980. p.165-202.

12. BRAGA, J.M. Contribuição ao estudo do fosfato de Araxá como fonte de fósforo em um solo de Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1967. 65p. (Tese MS).

13. 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).

14. 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.

15. CARDOSO, E.J.B.N.; ANTUNES, V.; SILVEIRA, A.P.D. da. & OLIVEIRA, M.H.A. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em porta-enxertos de citros. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Campinas, 10(1):25-30, jan/abr. 1936.

16. CARVALHO, P.C.T.; SALGADO, J.M. & SANTANA, E.P. de. Biotransformação da apatita de Araxá em solo suplementado com diferentes fontes de carbono. O Solo, Piracicaba, 69(1):30-4, jul. 1977.

17. CARVALHO, S.A. de. Métodos de aplicação do superfosfato simples e do calcário dolomítico no limoeiro 'Cravo' em sementeira. Lavras, ESAL, 1987. 124p. (Tese MS).

18. CASTLE, W.S. Citrus root systems: their structure, function, growth and relationship to tree performance. Proceedings of the International Society of Citriculture, Griffith, 1: 62-79, 1978.

19. CASTLE, W.S.; ADAMS, W.G. & DILLEY, R.L. An indoor container system for producing citrus nursery trees in on year from seed. Proceedings of the Florida State for Horticultural Society, Delan, 92:3-7, 1979.

20. _____ & FERGUSON, J.J. Current status of greenhouse and containers production of citrus nursery trees in Florida. Proceedings of the Florida State for Horticultural Society, Delan, 95:42-6, 1982.

21. CHENG, B.T. Soil organic matter as a plant nutrient. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Soil organic matter studies. Viena, International Atomic Energy Agency, 1977. v.1, p.31-9.

22. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3º aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1973, 80p.

23. COSSMAN, K.F. Citrus roots, their anatomy, osmotic pressure and periodicity of growth. Palestine Journal of Botany, Jerusalem, 3:65-103, 1940.

24. DALTON, J.D.; RUSSEL, G.C. & SIELING, D.H. Effect of organic matter on phosphate availability. Soil Science, Baltimore. 73(3):173-81, Mar. 1952.

25. EDRISS, M.H.; DAVIS, R.M. & BURGER, D.W. Influence of mycorrhizal fungi on citokinin production in sour orange. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 109(4):587-90, July 1984.

26. EMBLETON, T.W.; REITZ, H.J. & JONES, W.W. Citrus fertilization. In: REUTHER, W., ed. The citrus industry. Bekerley, University of California, 1973. v.3, p.122-82.

27. EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.

28. FERGUSON, J.J. The use of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. The Citrus Industry, Bartow, 63(12):8-13, Dec. 1982.

29. FONTANEZZI, G.B.S.; 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.

30. GERDEMAN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, 6:397-94, 1968.

31. GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techiniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, London, 84(3):489-500, Mar. 1980.

32. GOEDERET, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo cerrado. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 97(2):97-102, maio/ago. 1974.

33. GRAHAM, J.H. Effect of citrus roots exudates on germination of chlamydospores of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, Glomus epigaeum. Mycologia, New York, 74(5):831-5, Sept./Oct. 1982.

34. GRAHAM, J.H.; LEONARD, R.T. & MENGE, J.A. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. Plant Physiology, Rockville, 68(3):584-92, Sept. 1981.

35. _____; LINDERMAN, R.G. & MENGE, J.A. Development of external hiphae by different isolates of mycorrhizal, Glomus spp in relation to root colonization and growth of troyer citrange. New Phytologist, London, 91(2):183-9, June 1982.

36. _____ & SYVERTSEN, J.P. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots of two citrus roots toóks. New Phytologist, London, 97(2):277-84, June 1984.

37. _____ & TIMMER, L.W. Rock phosphate as a source of phosphorus for vesicular-arbuscular mycorrizae development and growth of citrus in a soilless medium. Journal of the American Society for Horticultural Science. Alexandria, 110 (4):489-92, July 1985.

38. _____ & _____. Vesicular-arbuscular mycorrhizae 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.

39. HALL, I.R. Response of Caprosonoma robusta to different forms of endomycorrhizal inoculum. Transactions of the British Mycological Society, London, 54(1):53-63, Fev./Mar. 1970.

40. HARLEY, J.L. & SMITH, S.E. Mycorrhizal Symbiosis. London, Academic Press, 1983. 483p.

41. HATTING, M.J. & GERDEMAN, J.W. Inoculation of brasilian sour orange seed with an endomycorrhizal fungus. Phytopathology, St. Paul, 65(9):1013-6, Sept. 1975.

42. HAYMAN, D.S. & MOSSE, B. Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. III. Increase uptake of labile P from soil. New Phytologist, London, 61(1):41-7, Jan. 1972.

43. HODGES, T.K. Ion absortion by plant roots. Advances in Agronomy, New York, 25:163-207, 1973.

44. JOHNSON, C.R. Phosphorus nutrition on mycorrhizal colonization photosynthesis, growth and nutrient composition of Citrus aurantium. Plant and Soil, The Hague, 80(1):35-42, Sept. 1984.

45. _____ & HUMMEL, R.L. Influence of mycorrhizae and drought stress on growth of Poncirus x citrus seedlings. Hort - Science, Alexandria, 20(4):754-5, Aug. 1985.

46. _____; MENGE, J.A.; SCHWAB, S. & TING, I.P. Interaction of photoperiod and vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth and metabolism of sweet orange. New Phytologist, London, 90(4):665-9, Apr. 1982.

47. KHASAWNEH, F.E. & DOLL, C.E. The use of phosphate rock for direct aplication to soil. Advances in Agronomy, New York, 30:159-206, 1978.

48. KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, Ceres, 1985. 492p.

49. KLEINSCHMIDT, G.D. & GERDEMAN, J.W. Stunding of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. Phytophatology, St. Paul, 62(12):1447-53, Dec. 1972.

50. KOO, R.C.J. Nutrição e adubação dos citros. In: YAMADA, T., ed. Nutrição mineral e adubação dos citros. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1983. p.99-122.

51. KRIKUN, J. & LEVY, Y. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on citrus growth, and mineral composition. Phytoparasitica, Bet Dagan, 8(3):195-200, 1980.

52. LAMBERT, D.H., BAKER, D.E. & COLE, J.R.H. The role of mycorrhizae in the interaction of phosphorus, zinc, cooper and other nutrients. Soil Science Society of American Journal, Madison, 43(5):976-80, Sept./Oct. 1979.

53. LEAL, P.G.L. Produção de biomassa e distribuição de nutrientes em Eucaliptus grandis, influenciadas pela aplicação de fosfato natural em solo de cerrado. Viçosa, UFV, 1988. 44p. (Tese MS).

54. LEVY, Y.; DOOD, J. & KRIKUN, J. Effect of irrigation water salinity and rootstock on the vertical distribuition of vesicular-arbuscular mycorrhiza in citrus roots. New Phytologist, London, 95(3):397-403, Nov. 1983.

55. LEVY, Y. & KRIKUN, J. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on Citrus jambhiri, water relations. New Phytologist. London, 85(1):25-31, May 1980.

56. _____ & SYVERTSEN, J.P. Effect of dought stress and vesicular-arbuscular mycorrhiza on citrus transpiration and hydraulic conductivity of roots. New Phytologist, London, 93(1):61-6, Jan. 1983.

57. LIN, M.T. Uso de micorrizas em fruticultura. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, 8(3):47-55, jan./abr. 1986.

58. LOPES, A.S. Solos sob "Cerrado": características, propriedades e manejo. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.

59. LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O. & ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 7(1):1-19, jan./abr. 1983.

60. MAGALHÃES, J.C.A. de. Aproveitamento do fosfato de Patos de Minas pelo trigo (Triticum aestivum L.) cv IAC-5, cultivado em solos sob vegetação de cerrado do DF, com dois níveis de calagem. Piracicaba, ESALQ, 1984. 202p. (Tese Doutorado).

61. MAHONEY, M.P. Researching the super soils to improve plant nutrition. Citrus & Vehetable Magazine, Tampa, 42(12):8-12, Dec. 1979.

62. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 245p.

63. _____. Manual de química agrícola: adubos e adubações. 3.ed. São Paulo, Ceres, 1981. 596p.

64. MANJUNATH, A.; MOHAN, R. & BAGIARAJ, D.J. Response of citrus to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation in unsterile soils. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 61(10): 2729-32, Oct. 1983.

65. MARTIN, J.P.; BAINES, J. & PAGE, A.L. Observation on the occasional temporary growth inhibition of seedlings following heat or fumigation treatment of soil. Soil Science, Baltimore, 95(3):175-85, Mar. 1963.

66. MARX, D.H.; BRYAN, W.C. & CAMPBELL, W.A. Effect of endomycorrhizae formed by Endogone mosseae on growth of citrus. Mycologia, New York, 65(5):1222-6, Sept./Oct. 1971.

67. McCLELLAN, G.H. & GREMILLION, L.R. Evaluation of phosphatic raw minerals. In: KHASAWNEH, F.E. et alii, eds. The role of phosphorus in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.43-80.

68. MENGE, J.A.; JARREL, W.N.; LABANAUSCAS, C.K.; OJALA, J.C.; KUSZAR, C.; JOHNSON, E.L.V. & SIBERT, D. Predicting mycorrizal dependency of Troyer citrange on Glomus fasciculatus in California citrus soil and nursery mixes. Soil Science Society of American Journal, Madison, 46(4):762-8, July/Aug. 1982.

69. MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V. & PLATT, R.G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. New Phytologist, London, 81(4):553-9, Apr. 1978.

70. _____; LABANAUSKAS, C.K.; JOHNSON, E.L.V. & PLATT, R.G. Partial substituition of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in greenhouse culture of citrus. Soil Science, Madison, 42(6):926-30, Nov./Dec. 1978.

71. _____; LEMBRIGHT, H. & JOHNSON, E.L.V. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. Proceedings of the International Society of Citriculture, Lake Alfred, 1:129-32, 1977.

72. _____; PLATT, R.G. & JOHNSON, E.L.V. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribuition and ecology. Mycologia, New York, 73(1):112-27, Jan./Feb. 1981.

73. _____; STEIRLE, D.; BAGYARAJ, D.J.; JOHNSON, E.L.V. & LEONARD, R.T. Phosphorus concentration in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. New Phytologist, London, 80(4):575-8, Dec. 1978.

74. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 3. ed. Bern, International Potash Institute, 1982. 655p.

75. MOORE, P.W. Propagation and growing nursery trees in containers. Proceedings of the International Society of Citriculture, Griffith, 1:129-31, 1978.

[redacted]

76. MOREIRA, C.S. Panorama geral da citricultura no Brasil. In: YAMADA, T. ed. Nutrição mineral e adubação dos citros. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1983. p.1-12.

77. MOSSE, B. Growth and quimical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. Nature, London, 179(4551):922-24, Jan. 1957.

78. _____. The influence of soil type and endogone strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soil. Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol, Paris, 4(3): 529-37, Jul./Sept. 1972.

79. _____. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawai, Institute for Tropical Agriculture and Human Resources, 1981. 81p. (Research Bulletin, 194).

80. _____ & HAYMAN, D.S. Mycorrhiza in agricultural plants. In: MIKOLA, P. ed. Tropical mycorrhiza research. Oxford, Oxford University Press, 1980. p.213-30.

81. NELSEN, C. & SAFIR, G.R. The water relations of well watered mycorrhizae and nonmycorrhizae onion plants. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 107(2):271-4, Mar. 1982.

82. NEMEC, S. Response of six rootstocks to three species of Glomus, a mucorrhizal fungus. Proceedings of Florida State Horticultural Society, Delan, 91:10-4, 1978.

83. 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).

84. O'BANNON, J.H. & NEMEC, S. Influence of soil pesticides on vesicular-arbuscular mycorrhizae in a citrus soil. Nema - trópica. Bradenton, 8(2):56-61, 1978.

85. 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.

86. OLSEN, S.R.; BROWMAN, R.A. & WATANABE, F.S. Behavior of phosphorus in the soil and interaction with other nutrients. Phosphorus in Agriculture, Paris, 31(70):31-46, June 1977.

87. PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi for rapid assesment of infection. Transcription of British Mycological Society, London, 55(1):58-61, Aug./Sept. 1970.

88. PLATT, R.G. & OPTIZ, K.W. Propagation of Citrus. In: REUTHER, W. ed. The citrus industry. Bekerley, University of California, 1973. v.3, p.1-47.

89. POWELL, C.L. Potassium uptake by endotrophic mycorrhizas. In: SANDERS, F.E., et alii, eds. Endomycorrhizas. London, Academic Press, 1975. p.461-8.

90. RABE, E. & LOVATT, C.J. Relative phosphorus dependency of citrus rootstocks is reflected in leal nitrogen metabolism. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 111(6):922-6, Nov. 1986.

91. SANDERS, F.W. & TINKER, P.B. Mechanism of absortion of phosphate from soil by Endogone mycorrhizas. Nature, London, 233(5319):278-9, Sept. 1971.

92. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análise química em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

93. SFREDO, G.J.; BOKERT, C.M.; CORDEIRO, D.S.; PALHANO, J.B. & DITTRICH, R.C. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de três adubos fosfatados. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 3(2):111-5, maio/ago. 1979.

94. SILVA, J.O.B. Efeito do 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).

95. SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H. & VALLE, R.R. Effect of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal simbiosis. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(12):1465-74, Dec. 1984.

96. SMITH, P.F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N.P., ed. Nutrition of fruit crops; tropical, subtropical temperate tree and small fruits. 2.ed. Somerville, Somerville Press, 1966, p.174-207.

97. SOUZA, M. de. Adubação das plantas cítricas. Informe Agro - pecuário, Belo Horizonte, 5(52):26-31, abr. 1979.

98. SPENCER, W.F. Effect of heavy aplication of phosphate and lime on nutrient uptake, growth, freeze injury and root distribuition of Grapefruit trees. Soil Science, Balti - more, 89(5):311-8, May 1960.

99. _____. Phosphorus fertilization of citrus. Gainesville, University of Florida, 1963. 50p. (Bulletin 653).

100. STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B. & SNELLGROVE, J. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the relation of plant growth, internal phosphorus concentration and soil phosphate analyses. Journal of Soil Science, Edinburgh, 31(4):655-72, Dec. 1980.

101. SYLVIA, D.M. & SHENCH, N.C. Aplication of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus - tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist, London, 95(4):655-61, Dec. 1983.

102. TIMMER, L.W. & LEYDEN, R.F. The relationship of mycorryzal infection to phosphorus-induced cooper deficiency in sour orange seedlings. New Phytologist, London, 85(1):15-23, May 1980.

103. _____ & _____. Stunting of citrus seedlings in fumigated soils in Texas and its conection by phosphorus fertilization and inoculation with mycorrhizal fungi. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 103(4):533-7, July 1978.

104. TUCKER, D.P.H. & ANDERSON, C.A. Correction of citrus seed - lings stunting on fumigated soil by phosphate application. Proceedings of the Florida State for Horticultural Society, Delan, 85:10-12, 1979.

105. VANATCHER, A. Fumigation against fungi. In: MULDER, D., ed. Soil desinfestation. Amsterdan, Elsevier Scientific, 1979. p.163-83.

106. VETTORI, L. Métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, E quipe de Pedologia e Fertilidade dos Solos, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).

107. VOLKWEISS, S.J. & RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: FERRI, M.G., coord. IV Simpó - sio sobre o cerrado, bases para utilização agropecuária, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1977. p.317-32.

108. WALLACE, A.; NANDE, C.J.; MUELLER, R.T. & ZIDAN, Z.I. The rootstock-scion influence on the inorganic composition of citrus. Proceedings of the American Society for Horticul tural Science, College Park, 59:133-42, 1952.

109. ZAMBOLIM, L. & SIQUEIRA, J.O. Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura. Belo Hori - zonte, EPAMIG, 1985. 36p. (Série Documentos, 26).

APÊNDICE

QUADRO 1A - Resumo das análises de variância para os teores de P, K, Ca, Mg e valores de pH, determinados nas amostras de substrato aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

F.V.	G.L.	QME e Significância				
		P	K	Ca	Mg	pH
Inoculação (I)	2	9657,37	426,43	1,10	4,49	0,027
Erro a	4	1885,35	251,18	0,84	1,78	0,087
Níveis (N)	3	1020593,75**	198,19	1,90	1,52	0,037
I x N	6	2422,89	105,00	0,61	0,11	0,055
Fontes (F)	1	5307282,00**	203,34	9,10**	0,34	0,031
N x F	3	637594,93**	144,49	4,71	0,11	0,004
N:AA	(3)	1622447,62**	-	-	-	-
N:SS	(3)	35741,14**	-	-	-	-
I x F	2	5471,37	57,26	2,56	0,91	0,136
I x N x F	6	3589,26	35,35	0,26	1,15	0,029
Erro b	42	1759,87	101,24	1,81	2,36	0,036
C.V. a (%)		11,27	10,49	9,48	14,63	4,64
C.V. b (%)		10,88	6,66	14,37	16,85	2,97

* e **, significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

QUADRO 2A - Resumo da análise de variância para os valores de colonização micorrízica aos quatro meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

F.V.	G.L.	QME e significância
Inoculação (I)	2	30896,87**
Erro a	4	49,54
Níveis (N)	3	9,89
I x N	6	11,32
Fontes (F)	1	0,51
N x F	3	25,02*
N:AA	(3)	12,09
N:SS	(3)	22,82*
I x F	2	1,30
I x N vs F	6	7,35
Erro b	42	6,66
C.V. a (%)		18,56
C.V. b (%)		6,81

* e **, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 3A - Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, ESAL, Lavras, 1987.

F.V.	GL	QME e significância					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Inoculação(I)	2	1,0681	10,0894**	2,9329**	0,4526	0,0397	1,4213
Erro a	4	0,9275	0,0647	0,1163	0,0999	0,0310	0,4422
Níveis (N)	3	0,2217	0,5463**	0,0079**	0,8708**	0,0085	0,0887
I x N	6	0,0669	0,0141	0,0998	0,0490	0,0086	0,0936
Fontes (F)	1	1,7004**	0,2805**	0,3836	1,1290**	0,1069	0,0004
N x F	(3)	0,1143	0,0305	0,0112	0,2781*	0,0010	0,0100
N:AA	3	-	-	-	0,1434	-	-
N:SS	3	-	-	-	1,0055**	-	-
I vs F	(2)	0,0957	0,2154**	0,1040	0,0060	0,0190	0,171
I:AA	2	-	6,6266**	-	-	-	-
I:SS	2	-	3,6782**	-	-	-	-
I x N x F	6	0,1314	0,0245	0,0221	0,0234	0,004	0,0577
Erro b	42	0,1462	0,0142	0,1133	0,0870	0,012	0,0817
C.V. a (%)		16,46	9,80	4,08	5,30	4,92	31,98
C.V. b (%)		0,1462	4,60	4,03	4,95	3,06	13,75

* e **, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

QUADRO 4A - Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, ESAL, Lavras, 1987.

F.V.	G.L.	QME e significância				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Inoculação(I)	2	36,75	188,92	7798,87	1119,54	18561,83*
Erro a	4	31,38	39,71	63293,39	3787,34	2427,13
Níveis (N)	3	11,79	9,49	36997,90	27605,14**	567,49
I x N	6	8,17	3,57	16681,09	5623,59	94,64
Fontes (F)	1	6,32	0,07	1076289,25**	188052,12**	475,44
N x F	(3)	20,40	0,13	179635,89**	29844,48**	381,61
N:AA	3	-	-	179226,00**	57106,78**	-
N:SS	3	-	-	37408,12	342,85	-
I x F	(2)	46,70*	5,40	3031,80	2710,75	60,66
I:AA	2	20,44	-	-	-	-
I:SS	2	63,02**	-	-	-	-
I x N x F	6	21,14	2,82	19794,88	6009,26	201,56
Erro b	42	12,99	3,76	13603,14	2997,71	217,34
C.V. a (%)		18,92	70,31	35,84	37,36	42,35
C.V. b (%)		12,72	21,65	16,61	34,15	12,67

* e **, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 5A - Resumo das análises de variância para valores de número de folhas por plantas aos 2, 3 e 4 meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

F.V.	G.L.	QME e significância		
		Número de folhas		
		2	3	4
Inoculação (I)	2	0,1167	0,1274	0,2329
Erro a	4	0,0065	0,0710	0,0634
Níveis (N)	3	0,0020	0,0163	0,0193
I x N	6	0,0045	0,0163	0,0213
Fontes (F)	1	0,0116	0,1575**	0,4334**
N x F	3	0,0032	0,0333*	0,0633**
N:AA	(3)	-	0,0069	0,0347*
N:SS	(3)	-	0,0372*	0,0479*
I x F	2	0,0091	0,0274	0,0064
I x N vs F	6	0,0048	0,0070	0,0123
Erro b	42	0,0051	0,0085	0,0119
C.V. a (%)		3,41	9,67	8,22
C.V. b (%)		3,02	3,36	3,57

* e **, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

QUADRO 6A - Resumo das análises de variância para valores de altura de plantas aos 2, 3 e 4 meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', ESAL, Lavras, 1987.

F.V.	G.L.	QME e significância		
		Altura de plantas		
		2	3	4
Inoculação (I)	2	0,0461	2,9637	8,6806
Erro a	4	0,1695	2,1547	6,1299
Níveis (N)	3	0,1801	0,9781*	2,1387*
I x N	6	4,4501	0,3502	1,0098
Fontes (F)	1	1,0731**	10,7493**	32,4683**
N x F	3	0,3844**	2,3687**	6,2357**
N:AA	(3)	0,0938	0,6007	3,0663**
N:SS	(3)	0,4706**	2,7462**	5,3079**
I x F	2	0,1923	0,2026	0,8415
I x N x F	6	0,1411	0,4842	1,2292
Erro b	42	0,0999	0,2960	0,6084
C.V. a (%)		8,76	23,78	32,48
C.V. b (%)		6,73	8,81	10,23

* e **, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

QUADRO 7A - Resumo das análises de variância para os valores de peso de m.s. de raízes, parte aérea e total dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, ESAL, Lavras, 1987.

F.V.	G.L.	Peso de m.s.		
		Raízes	Parte aérea	Total
Inoculação (I)	2	0,3957	3,9525	0,4237
Erro a	4	1,7637	5,1533	24,6919
Níveis (N)	3	0,5493	1,8987**	7,7402*
I x N	6	0,6658**	1,1353*	4,4867
N:Ni	(3)	0,7439*	1,3887*	-
N:Gc	(3)	0,7643*	0,6874	-
N:Am	(3)	0,3727	2,0934*	-
Fontes (F)	1	14,9339**	37,2672**	78,8768**
N x F	3	1,7784*	4,2129**	20,9567**
N:AA	(3)	1,4125*	1,2647	6,8041
N:SS	(3)	0,9152*	4,8470**	21,8928**
I x F	2	0,1651	0,1633	0,0196
I x N x F	6	0,4892	1,0775	5,5318
Erro b	42	0,1949	0,4877	2,5002
C.V. a (%)		33,33	49,15	59,99
C.V. b (%)		11,08	15,12	19,10

* e **, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.