

ORIVALDO JOSÉ SAGGIN JÚNIOR

EFEITO DE FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO
FOSFATADA NO CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO E PRODU-
ÇÃO DO CAFEIEIRO (**Coffea arabica** L.)

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

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1992

ORIVALDO JOSÉ SAGGIN JUNIOR

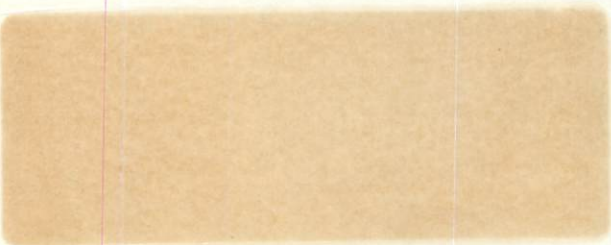
EFEITO DE FUNGOS MICORRIZICOS E ADUBAÇÃO
FATADA NO CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO
DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras, para obtenção do
grau de MESTRE em Agronomia, área de concentração
em Nutrição de Plantas, por ORIVALDO JOSÉ SAGGIN JUNIOR,
do grau de MESTRE

[REDACTED]


ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

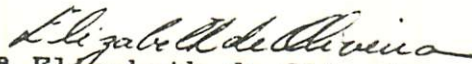
1992



EFEITO DE FUNGOS MICORRIZICOS E
ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CRESCIMENTO,
NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DO CAFEIRO
(*Coffea arabica* L.)

Aprovada:


Profº José Oswaldo Siqueira


Pesqª Elizabeth de Oliveira


Pesqº Paulo Tácito Gontijo Guimarães

A minha mãe, Neide,

A memória de meu pai, Orivaldo.

OFEREÇO

A minha esposa Josane

Aos meus filhos Daniel e André

DEDICO

"Nunca lhe dão um desejo,
sem também lhe darem a capacidade
de realizá-lo"

Richard Bach

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar os meus caminhos.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras, e a seus professores, pelo conhecimento adquirido.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor José Oswaldo Siqueira, pelo estímulo, orientação e amizade.

A pesquisadora Elizabeth de Oliveira e ao pesquisador Paulo Tácito Gontijo Guimarães, pela amizade e orientação.

A minha mãe Neide, pelo exemplo de força e incentivo incondicional.

A minha esposa Josane, pelo incentivo, apoio, colaboração e sobretudo compreensão.

Ao laboratorista Manoel Aparecido da Silva, pela sua vontade de colaborar em qualquer circunstância, sem a qual, este trabalho ainda não estaria concluído.

Ao técnico agrícola Donizete Gonçalves de Lima, e aos demais funcionários da Fazenda Experimental da KPAMIG, em Patrocínio (MG), pela colaboração nos experimentos de campo.

A todos os funcionários e professores do Departamento de Ciência do Solo, que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste estudo.

A Creche e Pré-escola "Semente do Amanhã", aos idealizadores desta imprescindível instituição e à todos que nela trabalham, pela tranquilidade oferecida para a dedicação a este estudo.

Aos meus sogros Daniel Resende e Nilza Diniz Vilela Resende e ao amigo Dante Staffa, pelo apoio, amizade e colaboração.

Aos amigos, que de alguma forma contribuíram para este estudo, me apoiaram e foram companheiros.

Sinceramente,

Muito Obrigado.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ORIVALDO JOSÉ SAGGIN JUNIOR, filho de Orivaldo José Saggin e Arneide Dirce Strützel Saggin, é natural de Piratininga (SP), onde nasceu aos 07 dias de agosto de 1964.

Concluiu o 1º grau na Escola Estadual Profª Ezilda Nascimento Franco, em 1978 e o 2º grau na Escola Estadual Profª Therezinha Sartori em 1981, ambas na cidade de Mauá (SP).

Em agosto de 1982 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras (MG), graduando-se Engenheiro Agrônomo em julho de 1986.

Exerceu a profissão de Engenheiro Agrônomo de setembro de 1986 à março de 1988. Em abril de 1988 retornou a Escola Superior de Agricultura de Lavras, como bolsista de aperfeiçoamento no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo.

Em março de 1989 iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (MG), concluindo-o em março de 1992.

SUMARIO

	Página
Lista de quadros.....	ix
Lista de figuras.....	xii
Introdução.....	1
Seção 1. "Efeitos de <i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> e isolados de <i>Glomus etunicatum</i> na formação de mudas e crescimento pós-transplante do cafeeiro.".....	6
Introdução.....	6
Material e métodos.....	9
Resultados e discussão.....	15
Conclusões.....	30
Seção 2. "Crescimento e produção do cafeeiro em campo sob influência da micorrização e superfosfato.".....	32
Introdução.....	32
Material e métodos.....	35

	Página
Resultados e discussãO.....	38
Conclusões.....	59
Seção 3. "Efetividade dos fungos micorrízicos <i>Gigaspora</i> <i>margarita</i> , <i>Glomus clarum</i> e isolados de <i>Glomus etunicatum</i> sob influência de doses de superfosfato.".....	61
Introdução.....	61
Material e métodos.....	63
Resultados e Discussão.....	69
Conclusões.....	98
Considerações Finais.....	100
Resumo.....	102
Summary.....	104
Referência bibliográficas.....	106
Apêndice.....	116
Anexo.....	125

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Caracterização dos tratamentos de inoculação utilizados na formação das mudas de cafeeiro.....	10
2 Produção de matéria seca, crescimento, colonização radicular, densidade de esporos no substrato e teores de nutrientes em mudas de cafeeiros, 4 meses após inoculação com diferentes populações de fungos MVA (média de 5 repetições).....	15
3 Correlações lineares entre variáveis avaliadas em cafeeiros micorrizados com diferentes FMVA, na fase de formação de mudas (FM) e pós-transplante (PT) em casa de vegetação.....	19
4 Produção de matéria seca, colonização radicular, teores de nutrientes em cafeeiros, 90 dias após transplante de mudas pré-colonizadas com diferentes populações de fungos MVA em casa de vegetação (média de 4 repetições).....	23
5 Crescimento vegetativo e colonização radicular de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA, em diferentes épocas pós-transplante para o campo. (média de 4 blocos).....	38
6 Número de esporos extraídos em amostras de rizosfera de cafeeiros coletadas aos 13, 18 e 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).....	46
7 Médias e ajustes de regressão para teores de macromolúculas em amostras de folhas de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA e cultivados com diferentes doses aplicadas de P, coletadas aos 13 e 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).....	48

8	Médias e ajustes de regressão para teores de micronutrientes em amostras de folhas de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA e cultivados com diferentes doses aplicadas de P, coletadas aos 13 e 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).....	49
9	Médias e ajustes de regressão para teores de P e Mg em amostras de folhas de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA e cultivados com diferentes doses aplicadas de P, coletadas aos 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).....	50
10	Faixas de mutualismo e benefícios micorrízicos em área foliar de diferentes tratamentos de inoculação de FMVA em cafeeiro, em diferentes épocas após a inoculação.....	72
11	Faixas de mutualismo e benefícios micorrízicos em altura de diferentes tratamentos de inoculação de FMVA em cafeeiro, em diferentes épocas após a inoculação.....	75
12	Faixas de mutualismo e benefícios micorrízicos em produção de matéria seca e teores de P na parte aérea de diferentes tratamentos de inoculação de FMVA em cafeeiro, aos 170 dias após o plantio e inoculação.....	78
13	Médias e ajustes de regressão para teores foliares de N e K em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).....	83
14	Médias e ajustes de regressão para teores foliares de Ca e Mg em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).....	84
15	Médias e ajustes de regressão para teores foliares de S e B em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).....	85
16	Médias e ajustes de regressão para teores foliares de Cu e Zn em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).....	86
17	Médias e ajustes de regressão para teores foliares de Fe em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).....	87

18 Matriz de correlação linear entre teores de nutrientes na parte aérea, colonização radicular (col), produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e nível de injúria verificados em mudas de cafeeiros submetidas a diferentes tratamentos de inoculação com FMVA e doses de superfosfato triplo. Acima dos asteriscos são apresentadas as probabilidades estimadas pelo teste de t de Student, e abaixo os coeficientes de correlação (r).....30

A-1 Resumo das análises de variância das variáveis avaliadas em mudas cafeeiros pré-colonizadas com diferentes FMVA, transplantadas para o campo com diferentes doses de superfosfato triplo (ST).....116

A-2 P disponível (ppm), pelo extrator Mehlich I e correlações lineares com P aplicado em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas em várias épocas após o transplante das mudas de cafeeiros pré-colonizadas com FMVA para campo em covas com diferentes doses de superfosfato triplo.....117

A-3 P disponível (ppm) pelo extrator Mehlich I e correlações lineares com diferentes doses de P aplicado, em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas nos vasos, em várias épocas após o transplante e inoculação das mudas cafeeiros com FMVA.....118

A-4 Resumo das análises de variância das variáveis avaliadas em cafeeiros inoculados com diferentes FMVA, em solo com diferentes doses de superfosfato triplo (ST), conduzidos em condições de casa de vegetação....119

A-5 Médias e ajustes de regressão para produção de matéria seca em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).....120

A-6 Equações, coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância pelo teste de F de Snedecor (*=5%, **=1%) das curvas apresentadas na forma de figuras.....121

A-7 Médias para esporos extraídos em amostras de solo de rizosfera em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).....124

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Correlações entre colonização radicular (a) e área foliar (b) com teores de P e Cu nos tecidos da parte aérea de mudas de cafeeiros. Todas as probabilidades estimadas pelo teste de t de Student são inferiores à 0,04.....	18
2 Crescimento em altura (a) e diâmetro do caule (b) de cafeeiros pré-colonizados com populações de FMVA, em diferentes épocas pós-transplante para vasos em casa de vegetação.....	22
3 Velocidade de crescimento de mudas de cafeeiros colonizadas com populações de FMVA em diferentes intervalos de crescimento, (a) de 0-30, (b) 30-60, (c) 60-90 dias, após o transplante para vasos em casa de vegetação.....	24
4 Correlação entre colonização radicular e teores de P e Mn nas folhas de mudas de cafeeiro, 90 dias após o transplante para vasos em casa de vegetação. As probabilidades estimadas pelo teste de t de Student são inferiores à 0,01.....	27
5 Altura (a), diâmetro da copa (b) e diâmetro do caule (c) de cafeeiros pré-colonizados com FMVA em função do P aplicado na cova, aos 8 (escala à esquerda) e 25 meses (escala à direita) pós-transplante para o campo. ** = Regressão significativa à 1% pelo teste de F de Snedecor.....	40
6 Colonização radicular [$\log(t+2,5)$] aos 23 meses e densidade de esporos na rizosfera [$\sqrt{t+2,5}$] aos 13 meses pós-transplante para o campo de mudas de cafeeiro pré-colonizadas com diferentes tratamentos de FMVA. *, ** = Regressão significativa à 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de F de Snedecor.....	42
7 Comportamento de cafeeiros micorrizados (Mic) e não inoculados (Ni) aos 8 (a), 18 (b) e 25 (c) meses após o transplante para o campo. As equações das curvas encontram-se no quadro A-6.....	44
8 Primeira produção (café cereja) de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA em função do P aplicado na cova. *, ** = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5 e 1%, respectivamente.....	51

- 9 Primeira produção de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos (1=Ni, 2=Ni+P, 3=CM, 4=TP, 5=Par-1, 6=Pat-1, 7=Var-1 e 8=Lav), cultivados em covas com diferentes doses de superfosfato triplo (a=20, b=40, c=80 e d=160 g de P_2O_5 /cova). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.....56
- 10 Comportamento comum das curvas de regressão dos tratamentos micorrizados e sem micorrizas (fumigado) nas diversas variáveis avaliadas e definição de benefício micorrízico e faixa de mutualismo.....68
- 11 Área foliar de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes FMVA em função do P aplicado ao solo, em diferentes épocas (a=30, b=60, c=90, d=120 e e=150 dias) após o plantio e inoculação. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.....70
- 12 Altura de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes FMVA em função do P aplicado ao solo, em diferentes épocas (a=90, b=120 e c=150 dias) após o plantio e inoculação. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.....71
- 13 Dependência micorrízica de mudas de cafeeiros em diferentes épocas após o plantio e inoculação em solo com diferentes doses aplicadas de P (0, 200, 400, 800 e 1600 ppm de P).....74
- 14 Matéria seca da parte aérea de mudas de cafeeiro inoculadas com diferentes tratamentos de FMVA em função do P aplicado ao solo, aos 170 dias após o plantio e inoculação. As equações e os coeficientes de correlação encontram-se no quadro A-6.....77
- 15 Correlação linear entre efetividade simbiótica (% de benefício micorrízico sobre o controle Ni) e os limites superiores da faixa de mutualismo em produção de matéria seca. A probabilidade estimada pelo teste de t de Student é inferior a 0,001.....79
- 16 Efeito da inoculação em relação às testemunhas cultivadas em solo natural (Ni) e fumigado (Fum). $[(\text{plantas inoculadas} - \text{testemunha}) \div \text{testemunha}] \times 100$81
- 17 Teores de P e Mn na parte aérea de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes tratamentos de FMVA em solo com diferentes doses aplicadas de P. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.....88
- 18 Nível de injúria de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes tratamentos de FMVA em função do P aplicado ao solo. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.....94
- 19 Colonização radicular $[\log(t+2,5)]$ de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes tratamentos de FMVA em função do P aplicado ao solo. As equações e os coeficientes de determinação dos tratamentos que apresentaram ajuste de regressão encontram-se no quadro A-6.....96

INTRODUÇÃO

Fungos do solo da ordem Glomales, classe Zygomycetes (MORTON & BENNY, 1990), associam-se às raízes da maioria das plantas vasculares, formando associações simbióticas mutualistas, denominadas micorrizas vesículo-arbusculares (MVA). Estas associações beneficiam a planta hospedeira pela maior absorção de nutrientes do solo, particularmente os menos móveis como o fósforo (COOPER, 1984; KOIDE, 1991); maior tolerância a estresses bióticos e abióticos, tais como seca, fatores fitotóxicos e patógenos do sistema radicular (NELSEN, 1987; SIQUEIRA *et al.*, 1991b; GIOVANNETTI, 1990; FELDMANN *et al.*, 1989); e melhor adaptabilidade da planta hospedeira ao ecossistema, como à solos ácidos de baixa fertilidade (MARSCHNER, 1991). A formação e funcionamento desta simbiose são influenciados por um grande número de fatores inerentes ao fungo,

à planta e ao ambiente (solo, clima), como, a espécie ou isolado de uma mesma espécie do fungo; a espécie, variedade, estado nutricional, idade da planta; a temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes, pH, aeração, microbiota e manejo do ambiente (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMVA) são responsáveis por variações no grau de colonização das raízes e no funcionamento da simbiose (GRAHAM *et al.*, 1982; HAAS & KRIKUN, 1985; PAULA *et al.*, 1988). Porém a presença de mesmas espécies de FMVA em condições edafo-climáticas bastante diversas e em uma grande variedade de plantas hospedeiras, sugere que isolados adaptados localmente ou ecotipos dentro destas espécies possam existir (STAHL & SMITH, 1984; LOPES *et al.*, 1983c). Diferentes isolados de uma mesma espécie de FMVA coletados de diferentes regiões, ou "edafotipos" conforme sugerido por BETHLENFALVAY *et al.* (1989) são responsáveis por diferentes respostas da planta hospedeira à simbiose. Isto foi observado para diferentes isolados de *Gigaspora margarita* em cafeeiro (LOPES *et al.*, 1989); para isolados de *Glomus microcarpum* em *Agropyrum smithii* (STAHL & SMITH, 1984); para isolados de *Glomus clarum* e *Glomus mosseae* em soja (LOUIS & LIM, 1988; BETHLENFALVAY *et al.*, 1989); e com isolados de *Glomus occultum* em *Geranium robertianum* (BOEKNER, 1990). Portanto, diferentes isolados de uma mesma espécie de FMVA resultam em respostas diferentes à simbiose para uma mesma planta em determinado ambiente. Nestas condições são os fatores inerentes ao fungo que determinam a efetividade/eficiência da simbiose

formada, tais como, a infectividade do fungo (taxa e intensidade de infecção, taxa de crescimento interno à raiz e produção de arbúsculos) e as características de sua hifa externa como taxa de crescimento, capacidade de absorção e translocação de nutrientes, atividade metabólica e longevidade (SMITH & GIANINAZZI-PEARSON, 1988).

Práticas de cultivo incluindo a aplicação de fertilizantes e corretivos, alteram as condições do solo, principalmente a disponibilidade de P e pH, e exercem grande influencia na distribuição e composição das espécies de fungos micorrízicos presentes (DAVIS *et al.*, 1983; WANG *et al.*, 1985; SIQUEIRA *et al.*, 1986b; SIQUEIRA *et al.*, 1986c; SIQUEIRA *et al.*, 1989; SIQUEIRA *et al.*, 1990). As espécies *Acaulospora morrowae*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora mellea*, *Glomus albidum* e *Glomus etunicatum*, entre outras, foram encontradas por OLIVEIRA *et al.* (1990) e FERNANDES & SIQUEIRA (1989) em cultivos de cafeeiro em ampla faixa de variação de P disponível, sugerindo possuírem grande capacidade adaptativa a variações nos parâmetros de fertilidade do solo. A disponibilidade de P no solo também influencia a formação e funcionamento da simbiose. Esta disponibilidade pode determinar o grau de dependência das plantas à simbiose micorrízica e a natureza mutualística ou parasítica desta simbiose (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986; STRIBLEY *et al.*, 1980; BETHLENFALVAY *et al.*, 1983; SCHUBERT & HAYMAN, 1986; AMIJEE *et al.*, 1989).

A ocorrência de MVA em cafeeiros foi descrita em 1897 por Janse, citado por LOPES *et al.* (1983a), e vários estudos recentes têm demonstrado que o cafeeiro é uma planta com alta

dependência micorrízica para seu desenvolvimento normal em solos de baixa fertilidade (CARDOSO, 1978; LOPES *et al.*, 1983b; CALDEIRA *et al.*, 1983; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1985; COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986; HOWELER *et al.*, 1987; SAGGIN Jr. *et al.*, 1992; SIQUEIRA *et al.*, 1991a; SIQUEIRA *et al.*, 1991c; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991; SIQUEIRA *et al.*, 1992). Os cafeeiros quando micorrizados apresentam acentuada melhoria do seu estado nutricional, um aumento de desenvolvimento e maior capacidade de suportar estresses, tanto na fase de formação das mudas (LOPES *et al.*, 1983b; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1985; COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986; SOUZA *et al.*, 1989; CLEMENTE, 1988; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991; SIQUEIRA *et al.*, 1992) quanto após o transplante em condições de casa de vegetação (SIQUEIRA *et al.*, 1991c; SAGGIN Jr. *et al.*, 1992; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991) ou de campo (LOPES *et al.*, 1983e; SIQUEIRA *et al.*, 1987a; SIQUEIRA *et al.*, 1992; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991).

Apesar desta capacidade de formar a simbiose MVA, o cafeeiro tem-se apresentado pouco colonizado, tanto as mudas no viveiro (CARDOSO, 1978; LOPES *et al.*, 1986; SIQUEIRA *et al.*, 1987b) quanto as plantas no campo (SIQUEIRA *et al.*, 1986b; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989). Entre os principais fatores citados como determinantes da baixa colonização das raízes do cafeeiro estão o uso de subsolo e esterco de curral como substrato para formação de mudas, que possuem baixa densidade de propágulos de FMVA; a fumigação do substrato de formação das mudas; o uso excessivo de fertilizantes e o uso de biocidas, em especial fungicidas (LOPES *et al.*, 1986; SIQUEIRA *et al.*, 1987b).

Levantamentos de espécies de FMVA feitos em viveiros (SIQUEIRA *et al.*, 1987b; SIQUEIRA *et al.*, 1986b) e em cafeeiros adultos (LOPES *et al.*, 1983a; OLIVEIRA *et al.*, 1990; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989) evidenciam que as espécies predominantes na rizosfera do cafeeiro na região sudeste são: *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora morrowae*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora spinosa* e *Glomus etunicatum*. As espécies *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*, que possuem uma alta efetividade/eficiência simbiótica com o cafeeiro (COLOZZI-FILHO *et al.*, 1985; LOPES *et al.*, 1983b; ANTUNES *et al.*, 1986) foram de ocorrência restrita nestes levantamentos. Dentre as espécies predominantes na rizosfera do cafeeiro, *G. etunicatum* é a única que comprovadamente mantém simbiose efetiva com o cafeeiro (ZAMBOLIM, 1983). Por ser efetiva e possivelmente bem adaptada às condições edafo-climáticas predominantes no agrossistema cafeeiro, esta espécie apresenta potencial para utilização em programas de inoculação. Para se obter sucesso no uso prático dos FMVA na cafeicultura, há a necessidade de selecionar espécies ou isolados de uma mesma espécie efetivos e adaptados às condições dominantes do sistema solo-planta. Contribuindo com esta idéia, o presente estudo objetivou verificar: a) os efeitos da inoculação de cafeeiro com *G. margarita*, *G. clarum* e diferentes isolados geográficos de *G. etunicatum* durante a fase das formação de mudas, crescimento pós-transplante e produção a campo e b) a influência da adubação fosfatada no crescimento, produção do cafeeiro e na simbiose FMVA x cafeeiro.

SEÇÃO 1

Efeitos de Glomus clarum + Gigaspora margarita e isolados de Glomus etunicatum na formação de mudas e crescimento pós-transplante do cafeeiro.

INTRODUÇÃO

O cafeeiro apresenta elevada dependência micorrízica quando em solos de baixa fertilidade (LOPES *et al.*, 1983d; SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986), mostrando inúmeros benefícios da micorrização no crescimento e nutrição, tanto na fase de formação de mudas (CALDEIRA *et al.*, 1983; LOPES *et al.*, 1983b; ZAMBOLIM, 1983; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1985; COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986) quanto após o transplante destas (LOPES *et al.*, 1983e; ZAMBOLIM *et al.*, 1986; SIQUEIRA *et al.*, 1987a; SIQUEIRA *et al.*, 1991c; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991; SIQUEIRA *et al.*, 1992). Apesar da inoculação de mudas de cafeeiro com FMVA ainda não ser uma prática comum entre os viveristas e cafeicultores, existe grande potencial para o emprego desta prática devido às evidências dos benefícios da micorrização no crescimento e nutrição, e também devido a micorrização aumentar a tolerância do cafeeiro aos estresses do transplante (COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991; SIQUEIRA *et al.*, 1992). Além disto, as mudas produzidas em viveiros comerciais apresentam baixa colonização micorrízica devido ao uso

de substrato com baixa densidade de esporos de FMVA, ou fumigado, e o uso excessivo de adubações e biocidas (LOPES *et al.*, 1986; SIQUEIRA *et al.*, 1987b), o que aumenta o potencial de emprego de inoculante micorrízico.

A dificuldade de multiplicação dos FMVA em larga escala representa um obstáculo para sua inoculação em grandes áreas, como aquelas cultivadas com culturas anuais. No entanto, culturas que passam por fase de formação de mudas oferecem oportunidade para viabilizar a utilização destes fungos, através da inoculação das mudas durante sua formação (MENGE, 1983). Para isto se tornar realidade, é necessário a seleção de espécies ou isolados efetivos, competitivos e adaptados às condições efado-climáticas do local onde se pretende instalar as lavouras, pois para uma mesma espécie vegetal, tanto a infectividade quanto a efetividade simbiótica de diferentes fungos, variam para diferentes combinações fungo/condições ambientais (ABBOTT & ROBSON, 1985). A coleta de fungos indígenas, sua multiplicação em vasos de cultivo e utilização como inóculo na formação de mudas pré-colonizadas a serem levadas para o campo, conforme sugerido por MENGE *et al.* (1977), tem sido praticada para se obter espécies ou populações selecionadas para o cafeeiro (CALDEIRA *et al.*, 1983; ZAMBOLIM *et al.*, 1986; SIQUEIRA *et al.*, 1991c; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991; SIQUEIRA *et al.*, 1992). Estes estudos indicam a existência de fungos efetivos em populações coletadas de lavouras cafeeiras, que podem ser selecionados de modo a se obter espécies fúngicas ou isolados com efetividade previsível dentro de condições específicas de clima e solo.

No presente estudo avaliaram-se os efeitos da inoculação do cafeeiro com a mistura de *G. margarita* e *G. clarum* e oito isolados de *G. etunicatum* selecionados de populações fúngicas coletadas na rizosfera de cafeeiros adultos, sobre o crescimento e a nutrição de cafeeiros na fase de formação de mudas e no pós-transplante em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos deste estudo foram conduzidos na casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), avaliando-se duas fases do cultivo do cafeeiro: a) formação das mudas e b) transplante das mudas para vasos.

Formação das mudas

Mudas de cafeeiro foram formadas a partir de sementes da cultivar "Mundo Novo" LCP 379/19 que, sem pergaminho, foram tratadas com hipoclorito de sódio 1% por 5 minutos e germinadas em vermiculita. Quando as plântulas possuíam o par de folhas cotiledonares (estádio de orelha-de-onça) foram repicadas para saquinhos de polietileno preto (7x17 cm) na base de uma plântula/saquinho. Os saquinhos continham substrato composto de uma mistura de 0,85 m³ de solo de barranco (Latosolo Roxo) + 0,15 m³ de esterco de curral, suplementado com 1,67 kg/m³ de superfosfato simples e 0,17 kg/m³ de cloreto de potássio (1/3 da adubação recomendada a viveristas por CARVALHO, 1978). O substrato foi fumigado através da disposição dos saquinhos, contendo o substrato, em caixa de alvenaria vedada e aplicação de 393 cm³ de brometo de metila 98% + cloropicrina 2% (Bromex) por m³ de substrato. A análise química deste substrato apresentou pH em água (1:2,5)=5,2; P=31 ppm e K=156 ppm extraídos por Mehlich I e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; Ca=1,9 meq/100 cm³, Mg=0,5 meq/100 cm³ e Al=0,1

meq/100 cm³ extraídos com KCl 1N e determinados por titulometria.

Este experimento constou de inoculações com 10 tratamentos de FMVA diferentes (Quadro 1) e de duas testemunhas não inoculadas (Ni e Ni+P). Na testemunha Ni+P após a repicagem das plântulas, adicionou-se 10ml/saquinho de uma solução de KH₂PO₄ 6,5% de modo a fornecer as plântulas o equivalente à adubação de fósforo completa recomendada aos viveristas (CARVALHO, 1978). Os isolados de *G. etunicatum* foram obtidos de fungos micorrízicos coletados em cafeeiros adultos de diferentes

Quadro 1. Caracterização dos tratamentos de inoculação utilizados na formação das mudas de cafeeiro

Identificação	Tratamento	Origem	Cor predominante dos esporos
Ni	Não inoculado	--	--
Ni+P	Não inoculado + fósforo	--	--
CM	<i>Glonus clarae</i> + <i>Gigaspora margarita</i>	Coleção DCS/ESAL	--
Tr	<i>Glonus etunicatum</i>	Três Pontas ¹ /cafeeiro	amarelo-claro ²²
Par-1	<i>Glonus etunicatum</i>	S.S. Paraíso/cafeeiro	amarelo-claro
Pat-1	<i>Glonus etunicatum</i>	Patrocínio/cafeeiro	amarelo-claro
Var-1	<i>Glonus etunicatum</i>	Varginha/cafeeiro	amarelo-claro
Lav	<i>Glonus etunicatum</i>	Lavras/cafeeiro	amarelo-claro
Par-2	<i>Glonus etunicatum</i>	S.S. Paraíso/cafeeiro	marrom-avermelhado
Pat-2	<i>Glonus etunicatum</i>	Patrocínio/cafeeiro	marrom-avermelhado
Var-2	<i>Glonus etunicatum</i>	Varginha/cafeeiro	marrom-avermelhado
Me	Mistura de isolados de <i>G. etunicatum</i>	--	--

¹ Regiões produtoras de café do Estado de Minas Gerais

²² Apesar da diferença na cor predominante dos esporos, todos os isolados possuem as características descritas para a espécie *Glonus etunicatum* por BECKER & GERDEMANN (1977).

regiões produtoras do estado de Minas Gerais, multiplicados e mantidos na coleção de FMVA do DCS/ESAL. Antes da instalação do experimento, todos os fungos micorrízicos foram multiplicados em "vasos de cultivo", tendo *Brachiaria decumbens* Stapf como planta hospedeira e Latossolo Roxo fumigado (393 cm^3 de Bromex/ m^3) como substrato. A inoculação foi feita no ato da repicagem das plântulas para os saquinhos, através da pipetagem sobre as raízes de 2 ml de suspensão de esporos, aplicando-se em torno de 300 esporos por plântula. As suspensões de esporos foram preparadas através da separação dos esporos dos substratos dos "vasos de cultivo" por peneiramento via úmida, conforme GERDEMANN & NICOLSON (1963), utilizando-se peneiras de 0,710 e 0,053 mm de abertura, seguido de centrifugações à 2000 rpm, sendo uma em água e outra em sacarose 45%, durante 3 e 2 minutos, respectivamente. Após a extração, os esporos foram lavados com jato de água e transferidos para um béquer de onde retirou-se alíquotas para contagem em microscópio estereoscópico, padronizando assim a densidade de esporos das suspensões.

Com o objetivo de equilibrar a microbiota entre todos os tratamentos, adicionou-se 10 ml/saquinho de um filtrado preparado através da suspensão, em 6 litros de água, de 10 cm^3 do substrato de cada "vaso de cultivo", tamisação em peneiras com aberturas de 0,710 e 0,053 mm e filtração em papel de filtro.

Adubação nitrogenada foliar foi aplicada aos 60, 80 e 100 dias após a repicagem, pulverizando-se as mudas com uma solução de 4g de sulfato de amônio/10 litros de água (1/5 da dose recomendada aos viveristas por CARVALHO, 1978). Duas semanas após

a repicagem, houve incidência de um foco de tombamento no tratamento Ni, que foi controlado pulverizando-se PCNB 0,75% do i.a. (Brassicol 75BR). No mesmo período, controlou-se a infestação de bicho mineiro (*Perileucoptera coffeella*) através da pulverização das mudas com ethion, 0,06% do i.a. (Ethion 50CE). O controle de bicho mineiro foi repetido por mais 2 vezes durante o 3º mês de condução com intervalo de 20 dias.

As mudas foram mantidas em lotes de acordo com o tratamento fúngico e quando atingiram 6 pares de folhas (4 meses após a repicagem) separaram-se aleatoriamente 5 plantas de cada lote para a avaliação da fase de formação das mudas. A avaliação foi feita em delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde cada planta foi considerada uma repetição. Avaliaram-se o crescimento através das medidas de altura, diâmetro do caule, peso da biomassa e da matéria seca, e através da área foliar calculada pelo método da fórmula, cuja eficiência para cafeeiros "Mundo Novo" foi verificada por GOMIDE *et al.* (1977). A micorrização foi avaliada através da colonização das raízes e da densidade de esporos no substrato. A colonização radicular foi avaliada em amostras de 1 g de raízes pelo método da placa quadriculada (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980), observando-se as raízes sob microscópio estereoscópico, após terem sido clarificadas com KOH 10% e coloridas com fucsina ácida (KORMANIK & MCGRAW, 1982). A densidade de esporos no substrato foi avaliada através da contagem dos esporos sob microscópio estereoscópico, após a separação destes do substrato, conforme já descrito. O estado nutricional das plantas foi avaliado através da análise dos teores de P, K, Ca, Mg, Cu e Zn nos tecidos da parte aérea. Os

extratos dos tecidos foram preparados conforme HUNTER (1975) por digestão nítrico-perclórica e os teores de P determinados por colorimetria (azul-de-molibidênio); K por fotometria de chama e, Ca, Mg, Cu e Zn por espectrofotometria de absorção atômica (SARRUGE & HAAG, 1974).

Transplante para vasos

Quando atingiram 6 pares de folhas, selecionaram-se quatro mudas uniformes de cada tratamento (Quadro 1), com excessão do tratamento Lav por falta de mudas, que foram transplantadas para vasos em casa de vegetação. Cada vaso continha 6,5 kg de material de um Latossolo Roxo, distrófico, de textura argilosa, coletado no campus da ESAL, que recebeu calagem através da completa mistura de um calcário dolomítico de PRNT = 78% (Agrical), na base de 10g/vaso. O solo foi umedecido e incubado conforme FREIRE *et al.* (1980), e após a secagem recebeu fosfatagem corretiva com superfosfato triplo adicionando-se 50 ppm de P ao solo (com base no peso), e foi fumigado com 393 cm³ de Bromex/m³ de solo. Após estes tratamentos o solo possuía pH em água (1:2,5)=5,5; P=6 ppm e K=39 ppm, extraídos com Mehlich I e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; Ca=2,4 meq/100 cm³, Mg=0,7 meq/100 cm³ e Al=0,1 meq/100 cm³ extraídos com KCl 1N e determinados por titulometria.

As mudas tiveram o fundo dos saquinhos cortados para evitar o enovelamento das raízes e foram transplantadas com cuidado para não desmanchar os torrões, na base de uma por vaso.

Trinta dias após o transplante realizou-se adubação nitrogenada de cobertura aplicando-se 10 ml/vaso de uma suspensão de nitrocálcio 10%, sendo esta adubação repetida após 30 dias. Sessenta dias após o transplante foi realizada adubação foliar, pulverizando-se as plantas com uma solução de $ZnSO_4$ 0,7%, $CuSO_4$ 0,3% e H_3BO_3 0,3%, associando na mesma "calda" ethion 0,06% do i.a. (Ethion 50CE) para o combate ao bicho mineiro. A umidade do solo foi mantida entre 60-70% do volume total de poros (VTP) conforme FREIRE *et al.* (1980), através de irrigações periódicas.

O experimento constou de 11 tratamentos e foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, onde cada planta representava a parcela experimental. Foi avaliado mensalmente o crescimento através de medidas da altura e diâmetro do caule e da contagem do número de pares de folhas. Após 90 dias do transplante, as plantas foram colhidas e avaliaram-se a produção de biomassa, matéria seca, colonização radicular, densidade de esporos no solo e a nutrição das plantas através dos teores foliares de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, sendo utilizado nestas avaliações a mesma metodologia já descrita na fase de formação de mudas.

Os dados de ambas as fases (formação das mudas e transplante para vasos) foram submetidos a análises de variância, testes de médias e correlações lineares pelo programa estatístico MSTAT-C (Michigan State University - East Lansing, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca, o crescimento vegetativo, a micorrização e os teores de nutrientes da parte aérea das mudas de cafeeiro, submetidas aos diferentes tratamentos de inoculação encontram-se no quadro 2. Após 4 meses de crescimento em casa de vegetação a inoculação de plântulas de cafeeiros não exerceu efeitos significativos na produção de matéria seca de

Quadro 2. Produção de matéria seca, crescimento, colonização radicular, densidade de esporos no substrato e teores de nutrientes em mudas de cafeeiros, 4 meses após inoculação com diferentes populações de fungos MVA (média de 5 repetições).

Tratamentos	Matéria Seca		Altura das Plantas	Área Foliar	Colonização Radicular	Nutrientes na Parte Aérea					
	F. aérea	Raiz				P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	g	g	cm	cm ²	%					ppm	
M1	0,39a	0,09a	10,1 c	69 b	1 c	0,07 c	3,26abc	1,01ab	0,32ab	7 cd	21ab
M1+P	0,64a	0,10a	13,0abc	123ab	0 c	0,10 bc	3,22abc	0,94 b	0,28 b	6 d	23ab
CM	0,60a	0,12a	15,4ab	142a	35a	0,22a	3,09 c	1,09 b	0,30ab	15ab	17 b
TF	0,57a	0,11a	13,3abc	103ab	14 b	0,26a	3,49ab	1,22a	0,34a	15ab	15 b
Par-1	0,73a	0,07a	11,0 bc	98ab	10 b	0,20ab	3,36abc	1,04ab	0,32ab	16ab	18 b
Pat-1	0,48a	0,16a	16,6a	133ab	11 b	0,25a	3,38abc	1,16ab	0,33ab	17ab	24ab
Var-1	0,74a	0,10a	12,9abc	149a	13 b	0,25a	3,16 bc	1,04ab	0,33ab	20a	41a
Lav	0,73a	0,12a	13,3abc	136ab	14 b	0,22a	3,50ab	0,99ab	0,36a	20a	16 b
Par-2	0,60a	0,12a	12,9abc	116ab	13 b	0,24a	3,29abc	1,11ab	0,34a	16ab	41a
Pat-2	0,75a	0,09a	15,2ab	147a	6 b	0,26a	3,24abc	1,20a	0,33ab	20a	17 b
Var-2	0,59a	0,10a	13,0abc	120ab	8 b	0,21ab	3,61a	1,11ab	0,36a	15ab	16 b
Me	0,55a	0,10a	11,6 bc	122ab	8 b	0,21ab	3,06 c	1,17ab	0,34a	13 bc	15 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%

parte aérea e de raízes. No entanto a matéria seca da parte aérea do controle Ni apresentou tendência de ser em torno de 50% menor que o tratamento de crescimento máximo. A altura de plantas nos tratamentos CM, Pat-1 e Pat-2 foi maior que no controle Ni, mas não diferiu do controle complementado com fósforo (Ni+P). As plantas Ni também possuíam área foliar inferior aos tratamentos CM, Var-1 e Pat-2. A colonização micorrízica foi baixa na maioria dos tratamentos de inoculação, com exceção do tratamento inoculado com a mistura de *G. margarita* e *G. clarum* (CM), que se mostrou maior colonização que os demais. Apesar do substrato apresentar disponibilidade de P alta (31 ppm), principalmente o substrato das plantas Ni+P, os teores de P na parte aérea das mudas foram aumentados devido a micorrização entre 186 - 271% em relação às plantas Ni e entre 100 - 160% em relação às plantas Ni+P (Quadro 2). Comportamento semelhante foi verificado nos teores de Cu, que nos tratamentos de inoculação foram aumentados entre 86 - 186% em relação ao Ni e entre 117 - 233% em relação ao Ni+P. Os teores de K, Ca, Mg e Zn apresentaram algumas diferenças individuais entre os tratamentos, sem haver no entanto, uma tendência definida nas respostas.

Embora, tenham sido verificados em alguns tratamentos efeitos benéficos da inoculação no crescimento das plantas em relação ao controle Ni, este efeito não foi verificado em relação ao controle complementado com fósforo (Ni+P). Aparentemente nestas mudas o P disponível foi suficiente para reduzir os benefícios da inoculação, mantendo um nível de crescimento similar às plantas inoculadas, como já relatado para mudas de cafeeiro bem supridas de P (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986;

ZAMBOLIM *et al.*, 1986; SOUZA *et al.*, 1989). Apesar das mudas Ni+P apresentarem um crescimento similar às inoculadas, por possuírem maior P disponível no substrato, seus teores de P e Cu na parte aérea foram menores que das plantas inoculadas, assim como as testemunhas Ni. Resultados semelhantes em nutrição de mudas de cafeeiro, bem supridas de P e inoculadas com FMVA, foram obtidos por COLOZZI-FILHO *et al.* (1991) em estudo com substrato contendo 90 ppm de P disponível. Houve correlação linear positiva entre os teores de P e Cu com a colonização radicular e a área foliar (Figura 1, Quadro 3), indicando que apesar da baixa colonização radicular por *G. etunicatum* (colonização média dos isolados = 10,8%), esta pôde melhorar significativamente o estado nutricional do cafeeiro, contribuindo assim para um aumento da área foliar das plantas, característica esta, muito importante para a qualidade das mudas.

De maneira geral não houveram diferenças em crescimento e no estado nutricional entre as mudas que apresentaram baixa colonização radicular (isolados de *G. etunicatum*) e as mudas bem colonizadas com a mistura *G. margarita* e *G. clarum* (colonização = 35%). Isto pode indicar uma fraca coloração por fucsina ácida do fungo *G. etunicatum* em raízes de cafeeiro, dentro das condições de solo utilizadas no experimento, pois variando-se diferentes combinações hospedeiro/solo, alguns fungos podem não ser visíveis ou ser de difícil visualização pelos métodos usuais de coloração, tornando-se difícil a avaliação de sua colonização radicular (MORTON, 1988). Porém como a inoculação de *G. etunicatum* não foi suficiente para causar respostas significativas em produção de

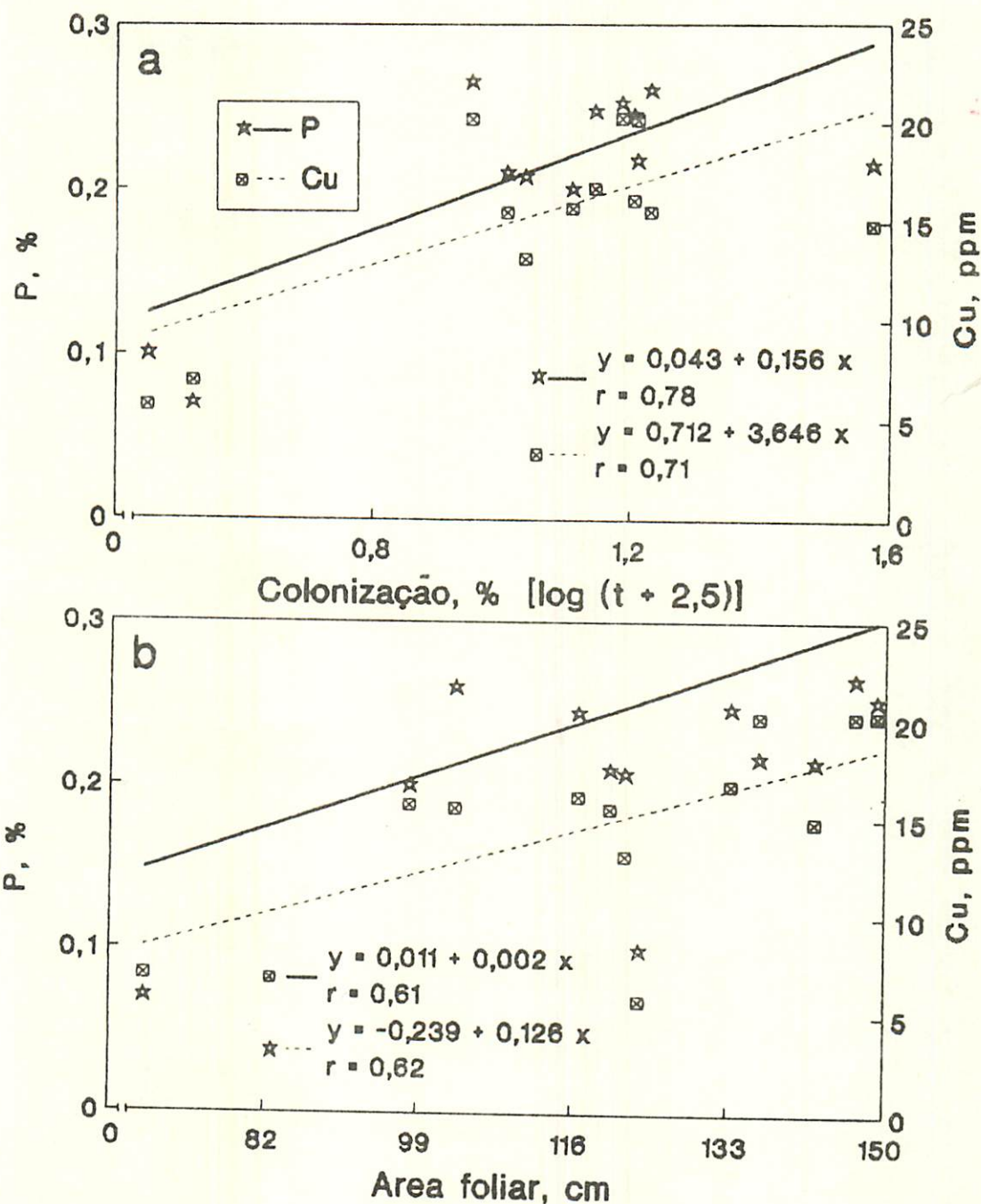


Figura 1. Correlações entre colonização radicular (a) e área foliar (b) com teores de P e Cu nos tecidos da parte aérea de mudas de cafeeiros. Todas as probabilidades estimadas pelo teste de t de Student são inferiores à 0,04.

Quadro 3. Correlações lineares entre variáveis avaliadas em cafeeiros micorrizados com diferentes FMVA, na fase de formação de mudas (FM) e pós-transplante (PT) em casa de vegetação.

Correlação estudada	Coefficiente de correlação (r)	Probabilidade (t de Student)
Colonização (FM) x Área foliar (FM)	0,47	0,116
Colonização (FM) x PS* parte aérea (FM)	0,36	0,253
Colonização (FM) x Altura (FM)	0,47	0,117
Colonização (FM) x Teor de P (FM)	0,78	0,002
Colonização (FM) x Teor de Cu (FM)	0,71	0,008
Teor de P (FM) x Área foliar (FM)	0,61	0,034
Teor de P (FM) x PS parte aérea (FM)	0,45	0,142
Teor de P (FM) x Altura (FM)	0,57	0,009
Teor de P (FM) x Teor de Cu (FM)	0,89	0,000
Teor de Cu (FM) x Área foliar (FM)	0,62	0,031
Teor de Cu (FM) x PS parte aérea (FM)	0,59	0,040
Teor de Cu (FM) x Altura (FM)	0,48	0,115
Colonização (PT) x PS parte aérea (PT)	0,69	0,016
Colonização (PT) x PS folhas (PT)	0,73	0,009
Colonização (PT) x PS ramos (PT)	0,59	0,053
Colonização (PT) x PS raízes (PT)	0,49	0,119
Colonização (PT) x Altura (PT)	0,60	0,012
Colonização (PT) x Teor de P (PT)	0,91	0,000
Colonização (PT) x Teor de Mn (PT)	-0,73	0,009
Colonização (PT) x nº de esporos (PT)	-0,67	0,041
Teor de P (PT) x PS parte aérea (PT)	0,50	0,112
Teor de P (PT) x PS folhas (PT)	0,56	0,070
Teor de P (PT) x PS ramos (PT)	0,37	0,259
Teor de P (PT) x PS raízes (PT)	0,28	0,400
Teor de P (PT) x Teor de Mn (PT)	-0,75	0,007
Teor de P (PT) x nº de esporos (PT)	0,42	0,194
Colonização (FM) x Altura-90 dias (PT)	0,46	0,147
Colonização (FM) x PS parte aérea (PT)	0,51	0,104
Colonização (FM) x PS folhas (PT)	0,56	0,067
Colonização (FM) x PS ramos (PT)	0,39	0,237
Colonização (FM) x PS raízes (PT)	0,34	0,297
Colonização (FM) x Colonização (PT)	0,89	0,000
Colonização (FM) x Teor de P (PT)	0,83	0,001
Teor de P (FM) x Altura-90 dias (PT)	0,67	0,021
Teor de P (FM) x PS parte aérea (PT)	0,62	0,039
Teor de P (FM) x PS folhas (PT)	0,65	0,029
Teor de P (FM) x PS ramos (PT)	0,55	0,075
Teor de P (FM) x PS raízes (PT)	0,56	0,070
Teor de P (FM) x Colonização (PT)	0,69	0,018
Teor de P (FM) x Teor de P (PT)	0,58	0,059

* PS = Peso seco

matéria seca em relação ao controle Ni, acredita-se que a colonização radicular por esta espécie possa ser realmente baixa, e devido o cafeeiro ser uma planta muito micotrófica, seria necessário colonização radicular mais elevada para obter respostas mais acentuadas em crescimento e produção de matéria seca, conforme sugerido por COOPER (1984), que considera 20 a 30% a taxa de colonização mínima para provocar respostas pela micorrização. Porém, 10% de colonização radicular de G. etunicatum, no substrato utilizado (31 ppm de P disponível), foi suficiente para manter um padrão de crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro similar a 35% de colonização radicular da mistura CM. Este nível de fósforo no substrato não é suficiente para promover efeitos depressivos sobre a colonização (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986), mas pode ser suficiente para diminuir a dependência micorrízica das mudas (SOUZA *et al.*, 1989; CLEMENTE, 1988), de forma que 10% de colonização radicular possam manter as plantas bem nutridas em P e Cu. Alguns isolados de G. etunicatum, mesmo apresentando baixa colonização, mostraram-se superiores em altura e área foliar ao Ni e foram comparáveis às plantas CM, bem colonizadas. Isto sugere que não seria necessário aos cafeeiros inoculados com G. etunicatum atingirem uma colonização radicular acima de 30%, na fase de formação de mudas, para se obter respostas acentuadas à micorrização, como as que foram obtidas por COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA (1986) apenas quando mudas de cafeeiro inoculadas com G. margarita atingiram mais de 30% de colonização radicular.

Por um outro lado a baixa taxa de colonização dos isolados de G. etunicatum pode indicar uma baixa adaptação destes

ao substrato utilizado, ou mesmo, uma menor agressividade em colonizar as raízes comparado à mistura CM, podendo este efeito ser revertido com o tempo, ou após o transplante da muda. De qualquer forma é necessário a avaliação pós-transplante destas mudas, para verificar a adaptabilidade do fungo inoculado às novas condições. A adaptação e agressividade dos fungos inoculados nos agro-ambientes onde se pretende explorar os benefícios desta simbiose é essencial ser conhecido, antes que se possa recomendar o emprego dos FMVA na formação das mudas.

Os resultados obtidos indicam que nas condições do substrato utilizado não foram verificadas diferenças marcantes entre os isolados de *G. etunicatum*. Verificaram-se que, embora estes isolados possam apresentar problemas de coloração com a metodologia empregada, ou possam ser menos infectivos que a mistura CM, possuem efetividade comparável a CM em promover o crescimento e manter um padrão nutricional de P e Cu. Poderão, portanto, auxiliar a muda a suportar os estresses causado pelo transplante, e se estes fungos adaptarem-se ao ambiente do transplante, possivelmente poderão contribuir para a formação da lavoura e produtividade do cafeeiro.

O crescimento em altura e diâmetro do caule das mudas de cafeeiro colonizadas por diferentes FMVA e transplantadas para vasos mantidos em casa de vegetação encontram-se na figura 2. As plantas micorrizadas apresentaram maior crescimento que as não micorrizadas, sendo que, 90 dias após o transplante os tratamentos de inoculação possuíam o dobro do tamanho das plantas Ni. Esta diferença no crescimento evidenciou-se a partir de 30

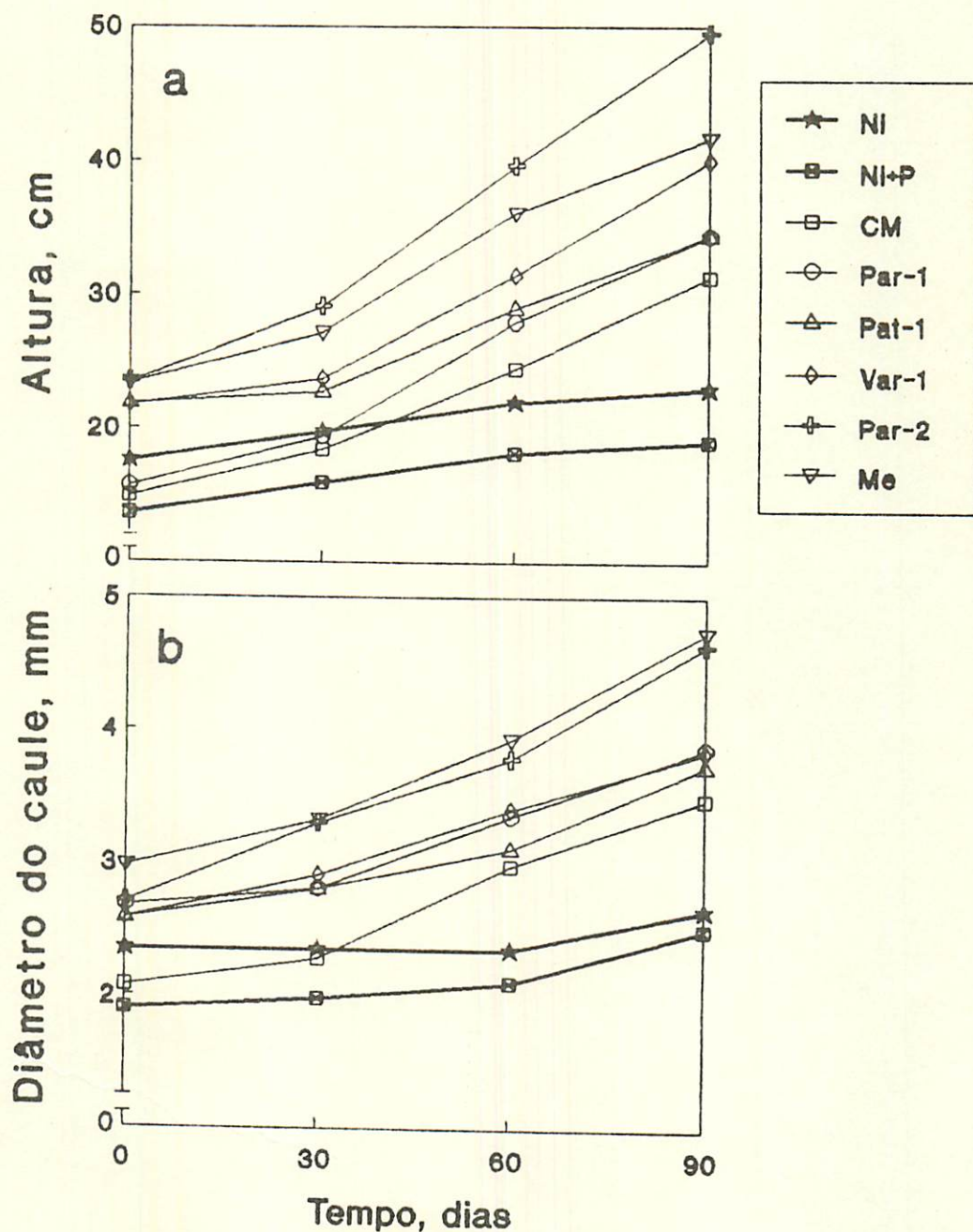


Figura 2. Crescimento em altura (a) e diâmetro do caule (b) de cafeeiros pré-colonizados com populações de FMVA, em diferentes épocas pós-transplante para vasos em casa de vegetação.

dias, quando as plantas micorrizadas aumentaram em até 5 vezes sua velocidade de crescimento em relação às não micorrizadas (Figura 3). A produção de matéria seca, colonização radicular, densidade de esporos na rizosfera e teores foliares de nutrientes dos cafeeiros aos 90 dias após o transplante são apresentados no quadro 4. Os efeitos benéficos da inoculação no crescimento e produção de matéria seca, que na fase de formação das mudas não foram significativos na maioria dos tratamentos (Quadro 2), foram grandemente ampliados após o transplante das mudas para solo

Quadro 4. Produção de matéria seca, colonização radicular, teores de nutrientes em cafeeiros, 90 dias após transplante de mudas pre-colonizadas com diferentes populações de fungos MVA em casa de vegetação (média de 4 repetições).

Tratamentos	Matéria Seca			Colonização Radicular	Densidade de Esporos	Nutrientes nas folhas							
	Folhas	Ramos	Raízes			P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Mn
	g	g	g	%	nº50/cm ³	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	
M1	1,78 c	0,58 c	0,76 cd	0 e	0a	0,06 c	2,36a	1,05a	0,48a	0,19a	119a	148a	361a
M1+P	1,67 c	0,46 c	0,37 d	0 e	0a	0,07 c	2,70a	0,92a	0,39 b	0,20a	111a	121a	208 bc
CM	4,84a	1,44 bc	1,23 bcd	47a	14a	0,17a	2,46a	0,82a	0,39 b	0,20a	86a	85a	164 c
TP	3,85 bc	1,09 bc	0,94 cd	19 b	16a	0,16a	2,40a	0,84a	0,42ab	0,20a	98a	114a	176 c
Par-1	5,35abc	1,61 bc	1,79abc	14 bc	11a	0,16a	2,58a	0,89a	0,43ab	0,21a	100a	112a	197 bc
Pat-1	4,79abc	1,51 bc	1,47 bcd	4 d	30a	0,10abc	2,76a	0,96a	0,47ab	0,20a	128a	143a	205 bc
Var-1	5,35abc	1,82abc	1,49abcd	25ab	11a	0,16a	2,74a	0,92a	0,44ab	0,22a	88a	107a	185 bc
Par-2	8,13a	3,37a	2,33ab	25ab	7a	0,15ab	2,57a	0,99a	0,47ab	0,19a	83a	85a	173 c
Pat-2	5,16abc	2,30ab	2,40ab	6 cd	21a	0,08 bc	2,74a	1,14a	0,48a	0,19a	114a	98a	292ab
Var-2	8,28a	3,44a	2,74a	27ab	17a	0,14ab	2,82a	0,97a	0,48a	0,17a	82a	85a	149 c
Me	5,87ab	2,46ab	2,26ab	12 bc	30a	0,14ab	2,79a	1,15a	0,47ab	0,22a	115a	140a	222 bc

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%

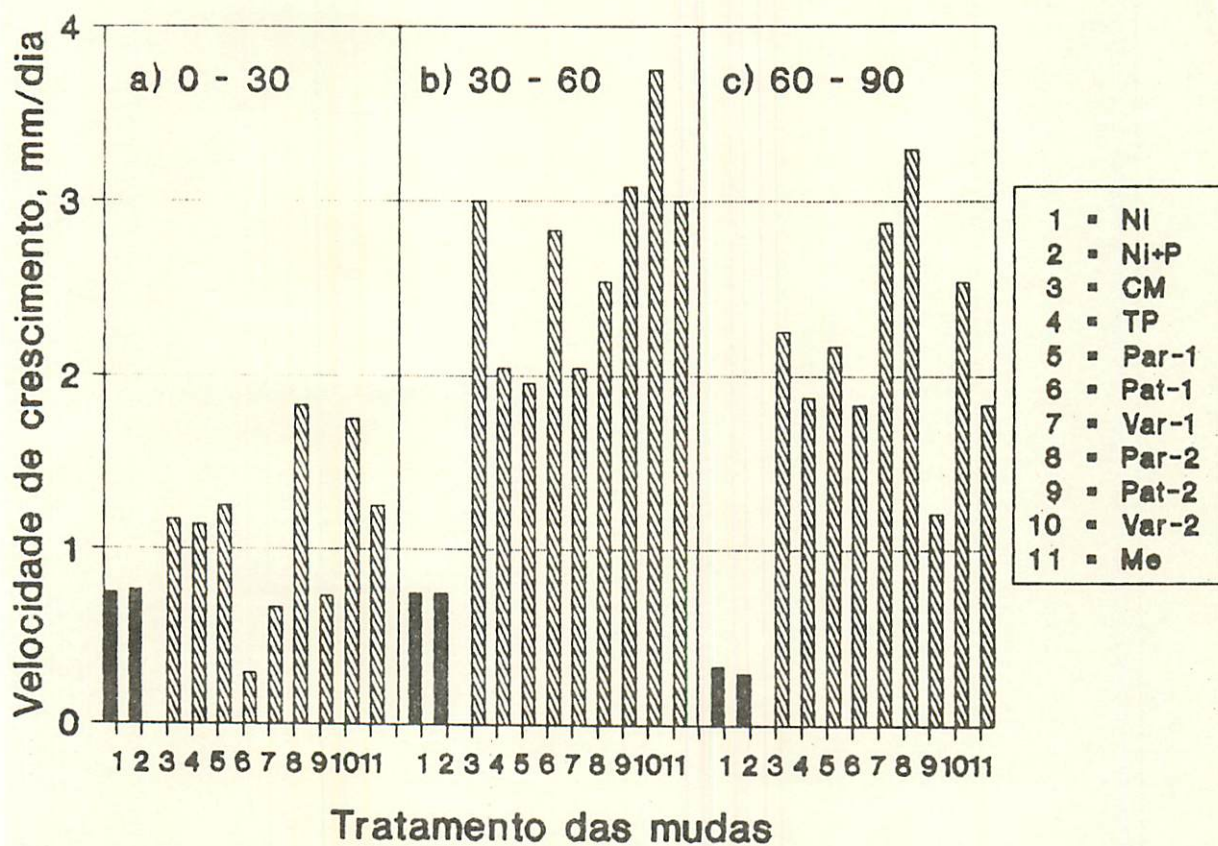


Figura 3. Velocidade de crescimento de mudas de cafeeiros colonizadas com populações de FMVA em diferentes intervalos de crescimento, (a) de 0-30, (b) 30-60, (c) 60-90 dias, após o transplante para vasos em casa de vegetação.

fumigado em casa de vegetação (Figura 2, Quadro 4), sendo este comportamento semelhante ao obtido por COLOZZI-FILHO *et al.* (1991). As plantas micorrizadas produziram em média 232%, 307% e 222% mais matéria seca de folhas, ramos e raízes, que as plantas não micorrizadas, respectivamente. No entanto, apenas os tratamentos Par-2, Pat-2, Var-2 e Me produziram significativamente mais matéria seca que os tratamentos não micorrizados. Apesar da alta variação, todos os tratamentos micorrizados se desenvolveram mais que os tratamentos não inoculados (Figura 2), e certamente se tornariam superiores estatisticamente em produção de matéria seca sobre as plantas não micorrizadas, dependendo apenas de mais tempo de cultivo, já que apresentavam uma velocidade de crescimento muito superior às plantas não micorrizadas (Figura 3).

A colonização radicular do tratamento CM foi superior aos demais, apenas não diferindo estatisticamente dos tratamentos Var-1, Par-2 e Var-2, confirmando os resultados verificados na fase de formação de mudas, que a mistura *G. margarita* e *G. clarum* apresenta maior agressividade em colonizar raízes do cafeeiro quando comparada à espécie *G. etunicatum*. Houve tendência da maioria dos tratamentos em aumentar a colonização radicular em relação à fase de mudas (Quadro 2), isto acentua as dúvidas sobre a idéia apresentada anteriormente de que a espécie *G. etunicatum* possa apresentar problemas de coloração, inclusive porque este aumento de colonização influenciou as respostas em crescimento das plantas, pois houve correlação positiva entre colonização pós-transplante e produção de matéria seca das folhas.

(Quadro 3). Evidenciou-se também que a espécie *G. etunicatum* com 25-30% de colonização radicular em cafeeiros, promove um crescimento significativamente superior a plantas não micorrizadas (Quadro 4, Figura 2), corroborando a idéia apresentada anteriormente de que esta espécie não requer acima de 30% de colonização radicular para se obter efeitos significativos da micorrização, como os obtidos por COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA (1986) apenas quando havia mais de 30% de colonização radicular de *G. margarita*.

Como o estabelecimento e funcionamento da simbiose micorrízica é afetado por um grande número de fatores inerentes ao fungo, à planta e ao ambiente (SIQUEIRA & FRANCO, 1988) torna-se difícil explicar porque plantas como dos tratamentos Pat-1 e Pat-2 apresentam baixa colonização após o transplante quando comparada aos demais tratamentos (Quadro 4). Isto pode ser devido a uma baixa adaptação destas populações fúngicas ao solo utilizado. Esta idéia é reforçada por estas populações terem emitido maior número de propágulos (esporos), que pode ser visto como uma tentativa do fungo em sobreviver neste solo. Entre os tratamentos pré-colonizados existiu correlação negativa entre colonização radicular e densidade de esporos no substrato (Quadro 3).

Os efeitos dos tratamentos de micorrização foram também observados nos teores foliares de nutrientes (Quadro 4). Os teores de P aumentaram linearmente com a colonização enquanto que os de Mn diminuíram (Figura 4, Quadro 3). Este resultado com os teores de Mn confirma os de outros estudos com o cafeeiro (COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989;

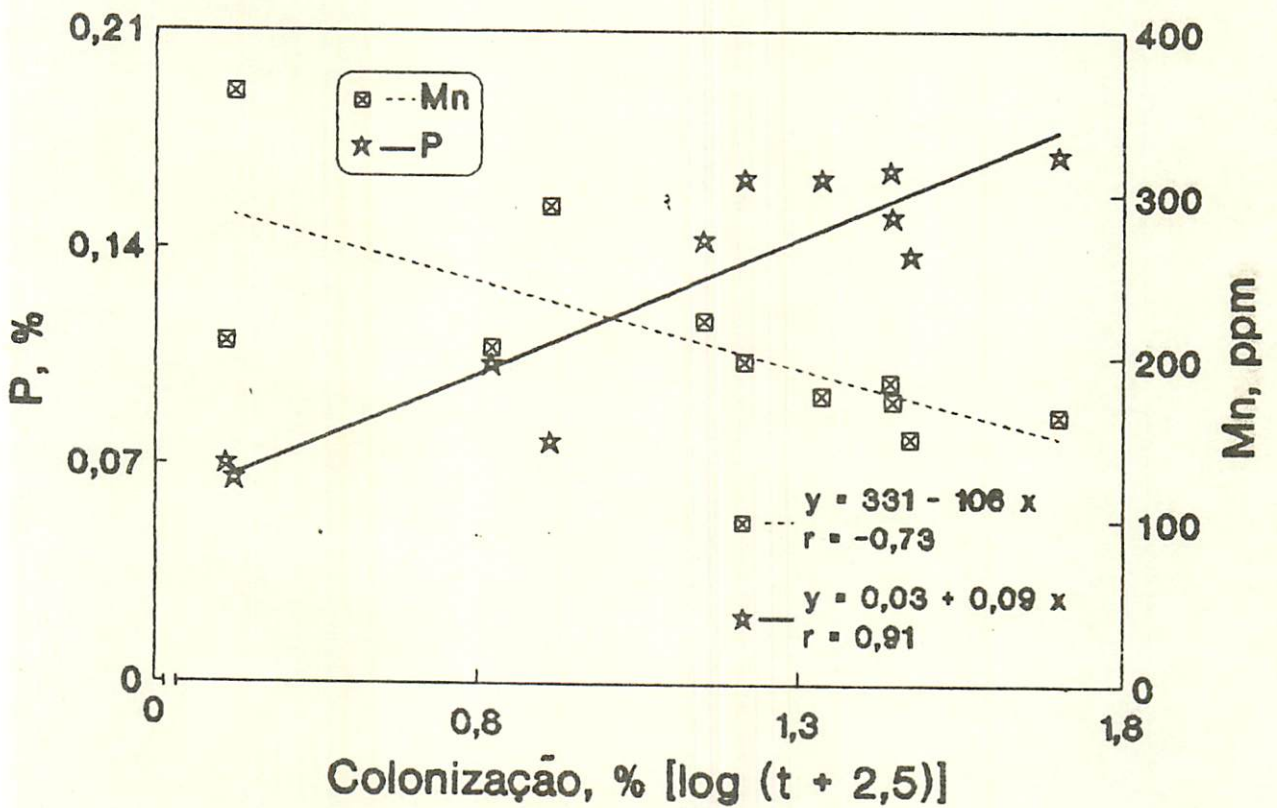


Figura 4. Correlação entre colonização radicular e teores de P e Mn nas folhas de mudas de cafeeiro, 90 dias após o transplante para vasos em casa de vegetação. As probabilidades estimadas pelo teste de t de Student são inferiores à 0,01.

SAGGIN Jr *et al.*, 1992; SIQUEIRA *et al.*, 1992) e com outras culturas (PACOVSKY, 1986; PAULA & SIQUEIRA, 1987; ARINES *et al.*, 1989). Os teores de Mg dos tratamentos Pat-2, Var-2 e Ni foram superiores ao dos tratamentos Ni+P e CM, e os outros nutrientes analisados não foram influenciados significativamente pelos tratamentos (Quadro 4).

Na tentativa de estimar o comportamento pós-transplante de mudas colonizadas, foram realizadas análises de correlações lineares entre variáveis avaliadas na fase de mudas e variáveis relativas às mudas transplantadas em vasos e mantidas em casa de vegetação por 4 meses. Verificaram-se correlações positivas da colonização radicular da fase de mudas com a colonização radicular pós-transplante e o teor de P nas folhas pós-transplante (Quadro 3), e também do teor de P nos tecidos da parte aérea das mudas com as seguintes variáveis pós-transplante: altura aos 90 dias, produção de matéria seca de folhas e colonização radicular (Quadro 3). Esses resultados indicam que existem relações entre o estado micorrízico e nutricional das mudas e seu crescimento posterior em condições controladas.

Verificaram-se também que o controle complementado com P (Ni+P) não manteve crescimento similar às plantas inoculadas, como ocorreu na fase de mudas, onde o teor de fósforo disponível foi suficiente para reduzir os benefícios da micorrização. Aparentemente quando estas mudas foram transplantadas para solo mais pobre em P disponível (6 ppm) que seu substrato de formação, estas tornaram-se mais dependentes às MVA. Esta é uma situação que pode ocorrer com mudas comerciais, geralmente pouco

micorrizadas, formadas em condições adequadas de fertilidade no viveiro, mas quando transplantadas para um solo deficiente em P e com baixa infectividade natural, poderão ter seu desenvolvimento retardado, comprometendo a formação da lavoura. Desse modo, a micorrização das mudas no viveiro, além de facilitar a formação de mudas de boa qualidade, favorece o crescimento e reduz o estresse provocado pelo transplante (COLOZZI-FILHO *et al.*, 1991; SIQUEIRA *et al.*, 1992).

Entre os isolados de *G. etunicatum* e a mistura CM, verificaram-se poucas diferenças no acúmulo de matéria seca das mudas transplantadas, no entanto, os isolados de *G. etunicatum* oriundos de populações coletadas em Patrocínio (Pat-1 e Pat-2) apresentaram baixa colonização radicular, fazendo com que estes tratamentos apresentassem a tendência de diminuir os teores foliares de P e aumentarem os teores de Mn (Quadro 4). Este fato, como já discutido, pode ser devido à baixa adaptação dos fungos de Patrocínio às condições ambientais e do solo utilizado no experimento de mudas transplantadas.

Os demais isolados de *G. etunicatum*, mostraram-se como na fase de formação das mudas menos infectivos que a mistura CM, porém com efetividade comparável em promover o crescimento e o padrão nutricional das plantas. Portanto os isolados de *G. etunicatum* possuem potencial para promover o desenvolvimento e melhorar o estado nutricional de plantas de cafeeiro, assim como a mistura CM, devendo-se no entanto, tomar o cuidado de avaliar a adaptação dos isolados às condições ambientais e de solo predominantes no local onde se pretende instalar a lavoura, pois como já é conhecido (STAHL & SMITH, 1984; LOUIS & LIM, 1988;

BETHLENFALVAY *et al.*, 1989 SIQUEIRA *et al.*, 1990), a origem do fungo exerce grande influência sobre sua adaptabilidade e efetividade simbiótica.

CONCLUSOES

Os isolados de *G. etunicatum* diferiram quanto a capacidade de estimular o crescimento e nutrição do cafeeiro na fase de formação das mudas. O mesmo foi verificado após o transplante das mudas em condições controladas, com diferenças mais acentuadas.

Tanto na fase de formação das mudas, quanto no desenvolvimento pós-transplante, os isolados de *G. etunicatum* mostraram-se tão efetivos em promover o crescimento e nutrição do cafeeiro quanto a mistura de *G. margarita* e *G. clarum*.

A colonização radicular aumentou os teores de P nos tecidos tanto na fase de mudas quanto após o transplante.

A colonização radicular na maioria dos tratamentos, aumentou após o transplante das mudas, correlacionando-se positivamente com o crescimento das plantas.

Mudas não inoculadas, formadas com a adubação fosfatada recomendada, não dependeram de micorrizas para o crescimento na fase de formação, mas apresentaram elevada dependência após o transplante para solo com baixo P disponível.

O estado micorrízico e nutricional das mudas de cafeeiro influenciou seu crescimento e os teores de nutrientes pós-transplante em condições controladas.

SEÇÃO 2

Crescimento e produção do cafeeiro em campo sob influência da micorrização e superfosfato.

INTRODUÇÃO

Historicamente as lavouras cafeeiras eram implantadas em áreas recém desmatadas, em solos de boa fertilidade natural. Porém como estas áreas tornaram-se escassas e o cafeicultor passou a depender mais da mecanização para execução dos tratamentos culturais, as lavouras se deslocaram para áreas de solos com melhores topografias, porém de baixa fertilidade (GUIMARAES & PONTE, 1978). Em consequência disto, os cafezais brasileiros consomem boa parte do total de fertilizantes consumidos no país, apesar de receberem quantidades de adubos inferiores a que deveriam receber (MALAVOLTA, 1986).

Apesar do fósforo ser exigido pelo cafeeiro em quantidades pequenas em comparação com outros nutrientes, ele é um nutriente muito importante na fase de formação das mudas e na formação do cafezal (GUIMARAES & LOPES, 1986; MALAVOLTA, 1986). Em solos com acentuada deficiência de P, a aplicação de doses crescentes de adubo fosfatado no plantio aumenta significativamente a produção do cafeeiro (GUIMARAES, 1986; MORAES *et al.*, 1974; SOUZA & CAIXETA, 1974), sendo que esta resposta pode variar com as condições edáficas locais e com o ciclo bienal de alta e baixa produtividade apresentado pelo

cafeeiro (GUIMARAES, 1986).

A melhoria do estado nutricional é um dos benefícios mais consistentes da simbiose micorrízica vesículo-arbuscular (MVA) sobre a planta hospedeira, particularmente no que tange à nutrição fosfatada. As MVA reduzem o deficit de P da planta, através do aumento na absorção e do aumento na eficiência de utilização interna do P (KOIDE, 1991). Tanto a formação quanto o funcionamento da simbiose são altamente influenciados pela disponibilidade de P no solo, sendo que esta pode determinar a natureza (mutualística x parasítica) e a magnitude dos efeitos da simbiose sobre a planta. As relações entre a disponibilidade de P e os benefícios da micorrização são bem conhecidas do ponto de vista quantitativo em condições controladas (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986; STRIBLEY *et al.*, 1980; BETHLENFALVAY *et al.*, 1983; SCHUBERT & HAYMAN, 1986; AMIJEE *et al.*, 1989), mas ainda pouco estudadas em condições de campo. Estudos com cafeeiros micorrizados em condições de campo, mostram que aplicação de fósforo pode aumentar a magnitude das respostas da inoculação com FMVA devido a uma maior eficiência no aproveitamento do adubo (LOPES *et al.*, 1983e; SIQUEIRA *et al.*, 1992).

Outro aspecto importante relacionado com os benefícios da micorrização é a efetividade simbiótica de populações, espécies e até mesmo de isolados de FMVA. Espécies ou isolados de uma mesma espécie de FMVA podem apresentar diferenças de efetividade quando submetidas a diferentes condições edáficas, como disponibilidade de P (ABBOTT & ROBSON, 1981; SYLVIA & SCHENCK, 1983; DAVIS *et al.*, 1984; ABBOTT & ROBSON, 1985;

SCHUBERT & HAYMAN, 1986; PAULA *et al.*, 1988; BOENER, 1990; LOUIS & LIM, 1988). Populações de FMVA originadas de diferentes ecossistemas exibem efetividade variada quando são multiplicadas em vasos de cultivo e utilizadas como inóculo (STAHL & SMITH, 1984; LOUIS & LIM, 1988; BETHLENFALVAY *et al.*, 1989; PAULA *et al.*, 1988; SIQUEIRA *et al.*, 1990; BOENER, 1990). Em estudo com soja ficou evidenciado que populações com predominância de *G. etunicatum* apresentavam elevada efetividade simbiótica quando comparadas com aquelas com predominância de outras espécies (PAULA *et al.*, 1988; SIQUEIRA *et al.*, 1990). Além disto *G. etunicatum* é a espécie de *Glomus* com maior índice de ocorrência em solos cultivados da região sudeste, indicando sua elevada adaptabilidade às condições edáficas dos agrossistemas da região (SIQUEIRA *et al.*, 1989; SCHENCK *et al.*, 1989; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989; LOPES *et al.*, 1983a; OLIVEIRA *et al.*, 1990). Portanto a inoculação de mudas de cafeeiro com isolados de *G. etunicatum* adaptados ao ambiente do local onde se pretende instalar a lavoura cafeeira, pode resultar na introdução no solo de um fungo competitivo com a microbiota indígena e capaz de trazer benefícios ao cafeeiro. No presente estudo avaliaram-se os efeitos da pré-colonização de mudas de cafeeiro com uma mistura de *G. margarita* e *G. clarum* e com isolados geográficos de *G. etunicatum*, sobre o crescimento, nutrição e produção após o transplante para campo em covas com diferentes doses de superfosfato triplo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 1989 na fazenda experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Patrocínio (MG). A fazenda está localizada na região do Alto Paranaíba à 18°57' de latitude sul, a 47°00' de longitude oeste e a 934 m de altitude. A topografia é leve ondulada e o clima segundo a classificação climática de Köppen é Cwa, com temperatura média anual de 21,8°C e precipitação média anual de 1372 mm. O experimento foi instalado em área de Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, textura argilosa, originalmente sob vegetação de cerrado, apresentando as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5)=4,8; P=1 ppm e K=47 ppm, extraídos com Mehlich I e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; Ca=0,8 meq/100 cm³, Mg=0,2 meq/100 cm³ e Al=0,2 meq/100 cm³, extraídos com KCl 1N e determinados por titulometria. Antes do preparo das covas a área experimental recebeu calagem em área total aplicando-se 3 toneladas de calcário dolomítico/ha. As covas de plantio receberam 300 g de calcário dolomítico, 300 g de gesso agrícola além dos tratamentos de superfosfato triplo (ST) (0, 20, 40, 80 e 160 g de P₂O₅/cova). As doses de ST foram estabelecidas a partir da recomendação de adubação fosfatada para o plantio de café na região (40 g de P₂O₅/cova).

As mudas de cafeeiro utilizadas foram formadas em casa de vegetação como descrito na seção 1. Entre os tratamentos descritos no quadro 1 foram utilizadas as testemunhas não inoculadas (Ni e Ni+P), as mudas pré-colonizadas com a mistura de

Gigaspora margarita e *Glomus clarum* (CM) e as mudas pré-colonizadas com os isolados de *G. etunicatum* Lav, Var-1, Pat-1, Par-1, e TP.

O experimento foi instalado em esquema fatorial de 5 doses de ST x 8 tratamentos de micorrização, dispostos em blocos casualizados com 4 repetições. A parcela experimental foi composta de 3 linhas de cafeeiros com 6 plantas por linha, em espaçamento 3,5 x 1,0 m, avaliando-se apenas as 4 plantas centrais da linha central. Apenas as 4 plantas centrais receberam os tratamentos, as plantas bordaduras foram adubadas apenas com 50 g de P_2O_5 /cova na forma de superfosfato simples.

Aos 30 e 60 dias após o plantio foram feitas adubações de cobertura na base de 8 g de N e 8 g de K_2O /cova. No 1º e no 2º ano, seguinte ao plantio, as plantas receberam 30 e 60 g de N e 30 e 60 g de K_2O /cova, respectivamente, divididos em 4 aplicações durante o período chuvoso. Quando as plantas entraram em produção (3º ano pós-transplante), passaram a receber 100 g de N e 120 g de K_2O /cova divididos em 4 aplicações. Anualmente no período chuvoso, são realizadas 4 adubações foliares com $ZnSO_4$ 0,6%, H_3BO_3 0,3%, KCl 0,3% e oxicloreto de cobre 0,3%, e no período das secas é feito o controle do bicho mineiro (*Perileucoptera coffeella*) de acordo com a incidência da praga, com 2 a 3 pulverizações alternadas entre ethion 0,06% do i.a. (Ethion 50CE) e deltametrina 0,025% do i.a. (Decis 25CE).

Levantamentos feitos em cafeeiros, em áreas adjacentes ao experimento, e em gramíneas nativas, em campo de cerrado à jusante do experimento, mostrou ocorrência generalizada dos

fungos micorrízicos *G. margarita*, com densidade média de 1 e 15 esporos/50 cm³ de solo, e *Acaulospora scrobiculata*, com 4 e 21 esporos/50 cm³ de solo, nas rizosferas dos cafeeiros e das gramíneas nativas, respectivamente.

O crescimento vegetativo foi avaliado periodicamente através da medida da altura das plantas, diâmetro do caule e contagem do número de internódios. A micorrização foi avaliada através da colonização micorrízica das raízes e da densidade de esporos, em amostras de raízes e solo coletadas na projeção da copa das plantas, utilizando as metodologias descritas anteriormente (Seção 1). Os teores de nutrientes foram avaliados através de amostragens foliares periódicas realizadas conforme metodologia citada por GUIMARAES & PONTE (1978) e análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Fe e Mn nos tecidos. Os extratos dos tecidos foram preparados por digestão sulfúrica com sais e catalizadores para o N, digestão nítrico-perclórica para P, K, Ca, Mg, S, Cu; Zn, Fe e Mn e digestão via seca para o B (HUNTER, 1975). Os teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, foram determinados conforme descrito na seção 1. Os teores de N foram determinados pelo método de Kjeldahl modificado; B por colorimetria (curcumina); Fe e Mn por espectrofotometria de absorção atômica (SARRUGE & HAAG, 1974) e S por turbidimetria do sulfato de bário (TABATABAT & BREMNER, 1970). Avaliou-se também a primeira produção de grãos das plantas em junho de 1991. Todos os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de médias pelo programa estatístico SANEST (Instituto Agrônomo de Campinas) e as correlações lineares e regressões foram calculadas pelo programa SAEG (Universidade Federal de Viçosa).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância das variáveis de crescimento vegetativo avaliadas em diferentes épocas pós-transplante para o campo não mostraram interações entre os fatores estudados (Quadro A-1). As correlações entre as doses de superfosfato aplicado e o P disponível no solo, em várias épocas de avaliação, encontram-se no quadro A-2.

Os efeitos dos tratamentos de micorrização sobre a altura, diâmetro da copa e do caule e colonização radicular encontram-se no quadro 5. Verificaram-se que 8 meses pós-

Quadro 5. Crescimento vegetativo e colonização radicular de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA, em diferentes épocas pós-transplante para o campo. (média de 4 blocos).

Tratamentos das mudas	época de avaliação, meses pós-transplante para o campo									
	8	19	25	8	19	25	8	19	25	23
	Altura			Diâmetro da Copa			Diâmetro do Caule			Colonização Radicular
	cm			cm			mm			%
Ni	32 c	76 b	106a	22 c	71 b	103 b	5,5 c	22,7 b	24,1a	44a
Ni+P	40 b	85ab	112a	25 bc	82ab	110ab	7,1 b	26,1ab	25,9a	48a
CM	42 b	82ab	111a	26 bc	76ab	108ab	7,4ab	24,8ab	24,4a	55a
TF	40 b	81ab	109a	25 bc	77ab	106ab	6,9 bc	24,4ab	24,9a	52a
Par-1	43ab	88a	116a	27ab	85ab	111ab	7,5ab	26,7a	26,5a	50a
Pat-1	43ab	86a	114a	26ab	85ab	116ab	7,1 b	26,6ab	25,2a	50a
Var-1	45ab	87a	116a	30a	87a	117a	8,2ab	27,0a	26,6a	48a
Lav	48a	90a	117a	30a	89a	115ab	8,7a	27,6a	26,2a	43a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

transplante (PT) as mudas micorrizadas eram mais altas que a testemunha Ni. A pré-colonização com o isolado de *G. etunicatum* de Lavras (Lav) resultou em crescimento em altura superior à pré-colonização com CM e TP e às testemunhas não inoculadas, inclusive a testemunha complementada com P (Ni+P). Os isolados Var-1 e Lav mostraram aos 8 meses PT diâmetro da copa superior a testemunha Ni, não mostrando diferenças entre os demais tratamentos. O diâmetro do caule apresentou comportamento similar à altura, sendo que apenas o isolado TP não apresentou caule com diâmetro significativamente superior ao Ni. Em função da quantidade de P_2O_5 aplicada na cova, aos 8 meses PT, a menor dose aplicada já resultava em um aumento sensível em altura, atingindo um crescimento máximo com 47 g de P_2O_5 /cova, havendo uma redução do crescimento com doses mais elevadas (Figura 5). O mesmo comportamento foi observado para o diâmetro da copa e do caule nesta época de avaliação, sendo que o crescimento máximo nestas variáveis foi obtido com 60 g de P_2O_5 /cova (Figura 5). Aos 19 meses PT, já não existiam diferenças no crescimento entre os tratamentos pré-colonizados, mas os isolados Lav e Var-1 e com menor consistência os isolados Par-1 e Pat-1 ainda eram maiores que a testemunha Ni (Quadro 5). Aos 25 meses PT a diferença vegetativa entre os tratamentos deixa de existir, com exceção do tratamento Var-1 que ainda apresenta o diâmetro da copa superior à testemunha Ni. Nesta época o crescimento vegetativo apresentava aumentos decrescentes em função da dose de P_2O_5 aplicada, com tendências de estabilização nas doses mais elevadas (Figura 5).

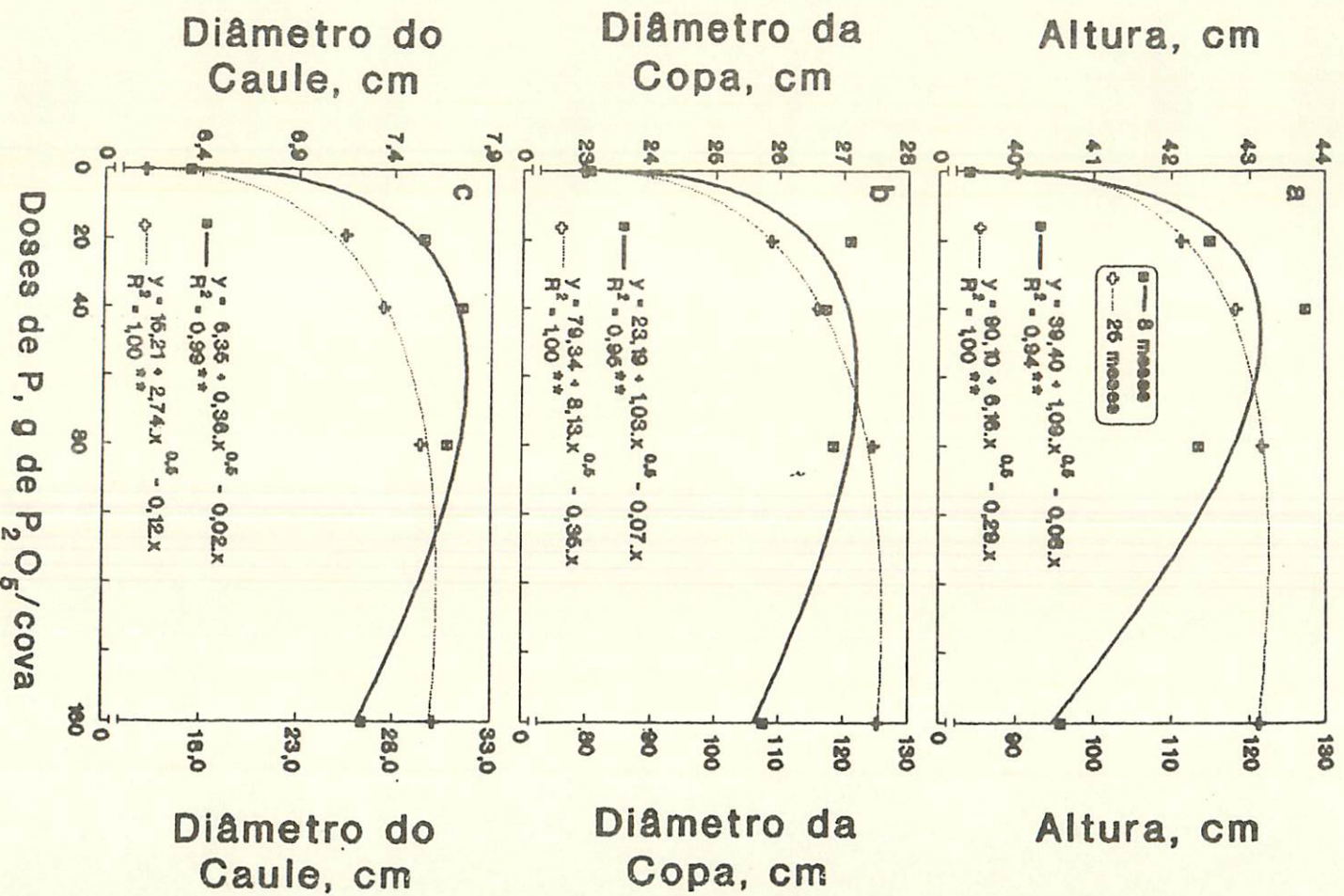


Figura 5. Altura (a), diâmetro da copa (b) e diâmetro do caule (c) de caféeiros pré-colonizados com PHVA em função do P aplicado na cova, aos 8 (escala à esquerda) e 25 meses (escala à direita) pós-transplante para o campo. ** Regressão significativa à 1% pelo teste de F de Snedecor.

A colonização radicular foi avaliada apenas aos 23 meses para evitar danos da amostragem sobre o sistema radicular das plantas quando muito jovens, verificando-se que a aplicação de 20g de P_2O_5 /cova aumentou a colonização radicular em relação a ausência de aplicação, havendo uma redução nas doses mais elevadas (Figura 6). Os efeitos de um aumento da colonização micorrízica com uma pequena adição de P, em solos com teores muito baixos de P, e da redução da colonização com doses mais elevadas são bastante conhecidos (BOLAN *et al.*, 1984; COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986; SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986; SCHUBERT & HAYMAN, 1986; FERNANDES *et al.*, 1987; LOUIS & LIM, 1988; SOUZA *et al.*, 1989; AMIJEE *et al.*, 1989). Embora os mecanismos envolvidos neste fenômeno não estejam bem esclarecidos, sugere-se que o aumento da colonização radicular com pequenas adições de P possa ser devido à distribuição localizada do inóculo micorrízico no solo, com o aumento da fertilidade, as raízes se desenvolveriam alcançando o inóculo (THOMSON *et al.*, 1986; THOMSON *et al.*, 1991), embora este efeito não seja muito provável em mudas pré-colonizadas, já que durante a formação das mudas, houve tempo e P disponível suficientes para as raízes alcançarem o inóculo. AMIJEE *et al.* (1989) sugerem que este efeito possa ser devido a um aumento no comprimento de raízes disponíveis para o fungo colonizar, porém é provável que em solos extremamente deficientes de P, o próprio suprimento de P possa diretamente limitar o desenvolvimento do fungo micorrízico (PAIRUNAN *et al.* 1980; SAME *et al.* 1983), ou indiretamente, via produção reduzida de fotossintatos pela planta (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986). O efeito da redução da colonização nas doses mais elevadas é bem

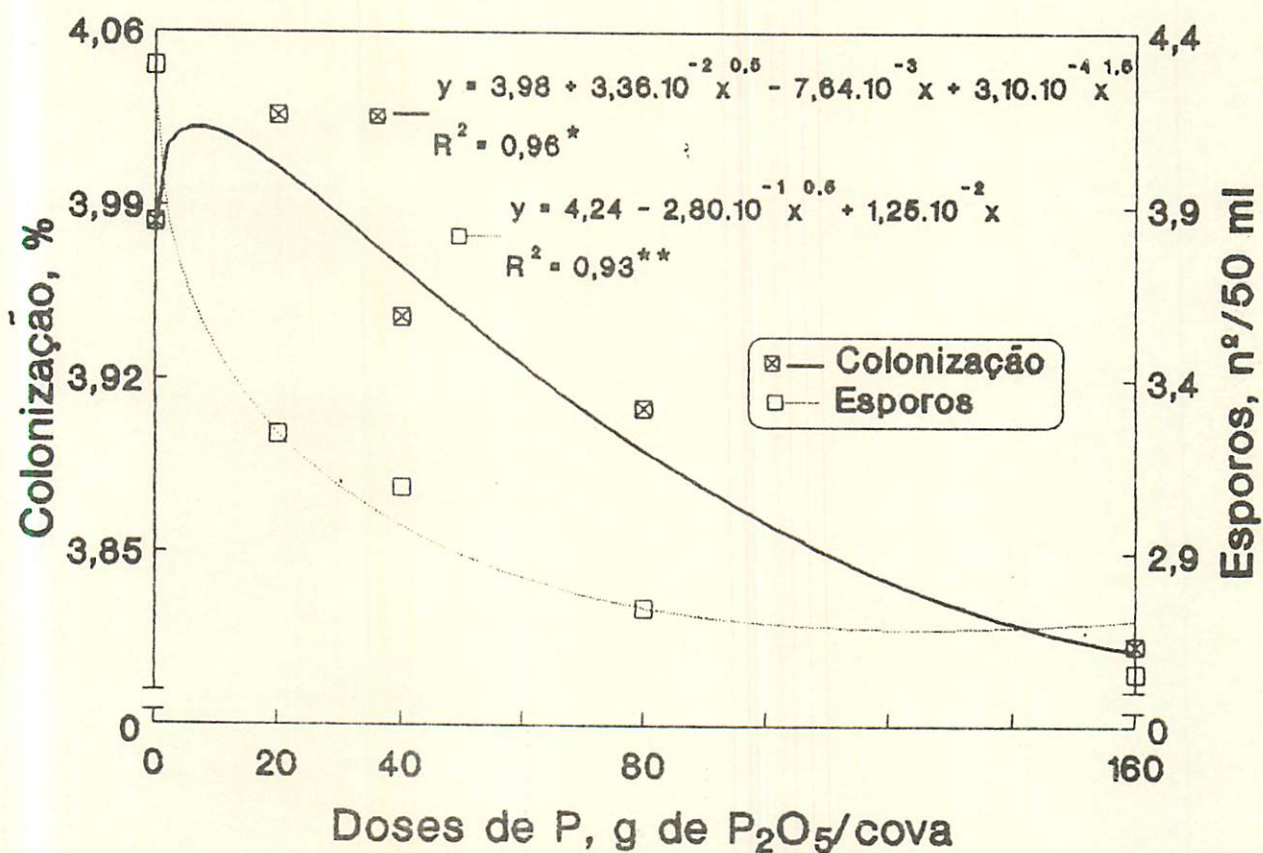


Figura 6. Colonização radicular $[\log(t+2,5)]$ aos 23 meses e densidade de esporos na rizosfera $[\sqrt{t+2,5}]$ aos 13 meses pós-transplante para o campo de mudas de cafeeiro pré-colonizadas com diferentes tratamentos de FMVA. *, ** - Regressão significativa à 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de F de Snedecor.

conhecido (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986; AMIJEE *et al.*, 1989, KOIDE, 1991), e tem sido atribuída a um controle via planta da colonização devido à simbiose se tornar supérflua para sua nutrição (SIQUEIRA *et al.*, 1984; SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986).

A colonização radicular aos 23 meses PT não mostrava diferenças significativas entre os tratamentos de pré-colonização (Quadro 5). Provavelmente tenha havido diferenças entre os tratamentos por algum tempo após o transplante, porém esta diferença deixou de existir, pois mudas de cafeeiro tornam-se rapidamente colonizadas quando transplantadas para solo infestado com propágulos de FMVA (SAGGIN Jr. *et al.*, 1992; SIQUEIRA *et al.*, 1991c). Assim a redução do efeito benéfico da pré-colonização no crescimento vegetativo, com o tempo, pode ser justificado pela colonização das raízes das testemunhas não inoculadas (Ni e Ni+P) por espécies nativas, entre as quais predominavam as espécies *G. margarita* e *A. scrobiculata*, sendo que a primeira forma simbiose efetiva com o cafeeiro (LOPES *et al.* 1983b; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1985; COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986). A redução do efeito benéfico em função do tempo poderia ser devido a uma redução da dependência micorrízica do cafeeiro, causada pela idade, pelo maior desenvolvimento do sistema radicular ou maior capacidade de absorção de P, e não devido à colonização das plantas Ni por fungos indígenas. No entanto, as plantas não inoculadas apresentaram comportamento do crescimento, no decorrer do tempo, cada vez mais similar as plantas micorrizadas, especialmente até a dose 40 g de P₂O₅/cova (Figura 7), sugerindo que a redução do efeito benéfico da micorrização tenha realmente sido causada pela colonização das plantas não inoculadas pelos

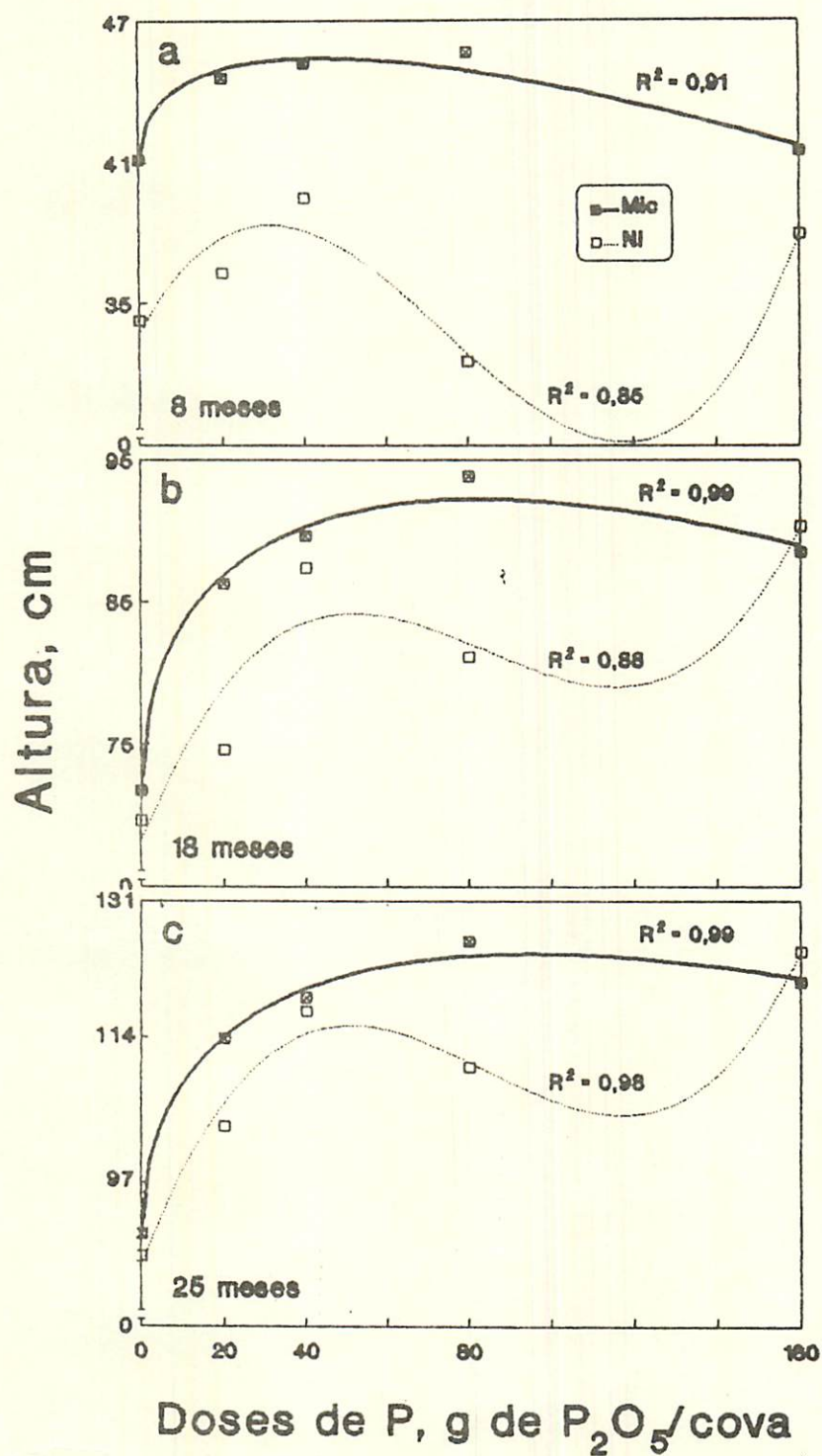


Figura 7. Comportamento de cafeeiros micorrizados (Mic) e não inoculados (Ni) aos 8 (a), 18 (b) e 25 (c) meses após o transplante para o campo. As equações das curvas encontram-se no quadro A-6.

fungos indígenas. Além disto, em estudo posterior em casa de vegetação, utilizando-se do mesmo solo deste experimento (Seção 3), verificaram-se que a dependência micorrízica de mudas de cafeeiros aumenta com o tempo durante a fase de crescimento, sendo provável que esta dependência ainda seja grande na fase de produção, já que a produtividade pode ser aumentada com a micorrização (LOPES *et al.*, 1983e; SIQUEIRA *et al.*, 1992). Em doses maiores que 40g de P_2O_5 /cova as plantas não inoculadas apresentaram redução no crescimento, seguido de novo aumento (Figura 7), podendo indicar que, os fungos indígenas possam ser mais sensíveis ao teor de P disponível no solo que os fungos introduzidos. Outra indicação de que as espécies indígenas do solo colonizaram rapidamente as mudas de cafeeiro é a ausência de diferença entre os tratamentos na taxa de plantas sobreviventes. Inclusive as mudas não inoculadas (Ni e Ni+P) apresentaram alta taxa de sobrevivência no campo, com a média geral do experimento sendo de 97% aos 8 meses PT e 96% aos 18 e 23 meses PT.

A esporulação de FMVA na rizosfera dos cafeeiros é apresentada no quadro 6. Verificaram-se a disseminação geral na área experimental das espécies *G. margarita* e *A. scrobiculata*, confirmando os levantamentos de espécies feitos em áreas adjacentes ao experimento. Os tratamentos de pré-colonização influenciaram as espécies presentes na rizosfera, principalmente aos 18 meses PT. Esta época de avaliação se diferencia das outras por coincidir com o final do período seco anual. Aos 18 meses PT houve tendência dos esporos de *A. scrobiculata* predominarem nos tratamentos não inoculados e os de *G. margarita* predominarem no

Quadro 6. Número de esporos extraídos em amostras de rizosfera de cafeeiros coletadas aos 13, 18 e 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).

Tratamentos de pré-colonização	13			18			23		
	13	18	23	13	18	23	13	18	23
	<i>Gigaspora margarita</i>			<i>Acaulospora scrobiculata</i>			Total		
	-----nº/50 cm ³ -----								
Ni	5a	4 b	4ab	4a	6a	2a	11a	15ab	8a
Ni+P	5a	2 b	3ab	3a	2ab	2a	11a	6abc	8a
CM	8a	14a	7a	2a	2ab	1a	13a	16a	9a
TP	4a	5 b	5ab	4a	0 b	0a	11a	8abc	5a
Par-1	6a	2 b	4ab	2a	1 b	1a	11a	5 bc	6a
Pat-1	4a	4 b	4ab	2a	0 b	1a	9a	6abc	6a
Var-1	2a	2 b	2 b	1a	1 b	0a	5a	4 c	3a
Lav	4a	4 b	2 b	1a	1 b	0a	8a	5 bc	3a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

tratamento pré-colonizado com esta espécie. Isto sugere influência das espécies introduzidas sobre as indígenas como foi também observada por BALOTA (1989), sendo que o inverso também pode ocorrer (HETRICK *et al.*, 1986). Esta influência interespecífica pode se manifestar devido a competição por sítios de colonização ou por fotossintatos, e pode ser responsável pela supressão de esporulação de um FMVA na presença de outro (KITT *et al.*, 1987), pois a dominância de um fungo micorrízico em determinado solo, é controlada em parte por sua sensibilidade à presença de microorganismos supressivos, entre eles outras espécies de FMVA e hiperparasitas (HETRICK *et al.*, 1986; KITT *et al.*, 1987). A reduzida esporulação da espécie *G. etunicatum* nesta área, quando comparada às espécies predominantes, pode ser explicada por uma maior sensibilidade desta espécie à supressão microbiana do solo, já que existe relato de que *G. etunicatum*

reduz a sua esporulação em solos não estéreis (KITTE *et al.*, 1987). Estes autores sugerem que a predominância de espécies de *Gigaspora* em relação a espécies de *Glomus*, em determinado solo do Kansas, seja devido a maior insensibilidade das espécies de *Gigaspora* à supressão microbiana, já que não variam grandemente sua esporulação em solos estéreis ou não. No entanto, a ausência de esporulação de *G. etunicatum* não indica que esta espécie esteja ausente do solo, já que solos aparentemente sem esporos de *G. etunicatum* quando cultivados em condições de casa de vegetação, ou quando usados como inóculo em solos estéreis, na forma de suspensão, mostram a multiplicação abundante desta espécie (HETRICK *et al.*, 1984; KITTE *et al.*, 1987; OLIVEIRA, E. comunicação pessoal). A aplicação de P influenciou apenas a esporulação aos 13 meses após o transplante onde a densidade de esporos total diminuiu com o aumento de P aplicado (Figura 6).

Os teores de nutrientes em amostras de folhas retiradas aos 13 e 23 meses pós-transplante são apresentados nos quadros 7, 8 e 9. Aos 13 meses PT não verificaram-se interações significativas entre os tratamentos de pré-colonização e fósforo aplicado sobre os teores de nutrientes, porém aos 23 meses PT estas interações foram verificadas nos teores de P e Mg (Quadro A-1). Aos 13 meses PT os teores de P, K e Ca (Quadro 7) e B, Cu, Zn e Fe (Quadro 8) não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos de pré-colonização, enquanto que os teores de Mg, S e Mn apresentaram pequenas diferenças entre os tratamentos (Quadro 7). Aos 23 meses PT os teores foliares de P não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos de

Quadro 7. Médias e ajustes de regressão para teores de macronutrientes em amostras de folhas de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FHVA e cultivados com diferentes doses aplicadas de P, coletadas aos 13 e 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).

Tratamentos de pré-colonização/ dose de P	13 meses pós-transplante no campo					23 meses pós-transplante no campo		
	P	K	Ca	Mg	S	K	Ca	S
	%							
Ni	0,10a	2,33a	1,11a	0,40ab	0,16 b	2,09a	1,24 b	0,16 bc
Ni+P	0,10a	2,11a	1,08a	0,40ab	0,17ab	2,04a	1,31ab	0,16 bc
CM	0,09a	2,29a	1,09a	0,37 b	0,17ab	2,37a	1,44a	0,19a
TP	0,10a	2,28a	1,14a	0,42ab	0,18ab	2,25a	1,36ab	0,15 c
Par-1	0,10a	2,17a	1,15a	0,45a	0,18ab	2,06a	1,41ab	0,18ab
Pat-1	0,10a	2,22a	1,16a	0,45a	0,19a	2,08a	1,44a	0,15 c
Var-1	0,10a	2,15a	1,12a	0,43ab	0,18ab	2,17a	1,34ab	0,19a
Lav	0,10a	2,09a	1,08a	0,38 b	0,17ab	2,09a	1,44a	0,19a
0 g P ₂ O ₅ /cova	0,07	2,71	1,06	0,36	0,16	2,70	1,20	0,17
20 g "	0,10	2,27	1,08	0,39	0,17	2,21	1,35	0,17
40 g "	0,10	2,19	1,11	0,42	0,17	2,09	1,41	0,18
80 g "	0,11	1,93	1,18	0,45	0,17	1,82	1,51	0,18
160 g "	0,12	1,92	1,15	0,45	0,18	1,90	1,39	0,17
Regressão	RQ ^{§§}	L ^{§§}	Q ^{§§}	Q ^{§§}	L [§]	RQ ^{§§}	Q ^{§§}	ñs
R ²	0,98	0,94	0,91	1,00	0,96	0,97	0,98	
coeficientes	a 6,86.10 ⁻²	2,55	1,05	0,36	0,17	2,72	1,21	
	b 6,35.10 ⁻³	-3,69.10 ⁻³	2,35.10 ⁻³	1,62.10 ⁻³	9,77.10 ⁻⁵	-0,15	6,51.10 ⁻³	
	c -1,70.10 ⁻⁴	--	-1,08.10 ⁻⁵	-6,72.10 ⁻⁶	--	6,45.10 ⁻³	-3,37.10 ⁻⁵	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

§, §§ = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5% e 1%, respectivamente.

ñs = Ajuste de regressão não significativo.

L = Modelo linear, $y = a \pm bx$

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Q = Modelo quadrático, $y = a \pm bx \pm cx^2$

Quadro 8. Médias e ajustes de regressão para teores de micronutrientes em amostras de folhas de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA e cultivados com diferentes doses aplicadas de P, coletadas aos 13 e 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).

Tratamentos de pré-colonização/ dose de P	13 meses pós-transplante no campo					23 meses pós-transplante no campo				
	B	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Fe	Mn
	ppm									
Ni	47a	19a	13a	225a	216 b	58ab	29ab	14ab	155 bc	281a
Ni+P	52a	22a	13a	221a	229a	59ab	25 b	15ab	143 c	268a
CM	50a	26a	14a	248a	274a	64a	28ab	14ab	206ab	283a
TP	53a	31a	16a	243a	234ab	47 c	32a	16a	138 c	293a
Par-1	52a	26a	15a	239a	233ab	50 b _c	31a	13ab	137 c	288a
Pat-1	52a	38a	14a	207a	237ab	46 c	31a	14ab	154 bc	318a
Var-1	49a	24a	15a	224a	236ab	53 bc	32a	12 b	170abc	337a
Lav	51a	28a	14a	233a	263ab	63a	32a	15ab	213a	313a
0 g P ₂ O ₅ /cova	52	37	19	230	221	47	35	16	138	215
20 g "	48	23	13	235	235	53	31	14	164	295
40 g "	49	21	12	200	253	57	31	14	170	338
80 g "	52	25	14	237	241	60	26	13	180	312
160 g "	51	21	13	247	251	58	26	14	170	328
Regressão	ñs	RQ**	RQ**	ñs	ñs	Q**	Q**	ñs	RQ*	RQ**
R ²		0,87	0,87			0,97	0,92		0,97	0,92
coeficientes	a	36,35	19,09			47,66	34,70		137,75	216,45
	b	- 3,28	- 1,50			0,26	- 0,14		8,17	23,85
	c	0,17	8,16.10 ⁻²			- 1,21.10 ⁻³	5,48.10 ⁻⁴		- 0,44	- 1,22

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

*, ** = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5% e 1%, respectivamente.

ñs = Ajuste de regressão não significativo.

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Q = Modelo quadrático, $y = a \pm bx \pm cx^2$

Quadro 9. Médias e ajustes de regressão para teores de P e Mg em amostras de folhas de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA e cultivados com diferentes doses aplicadas de P, coletadas aos 23 meses pós-transplante para o campo (média de 4 blocos).

Doses de P (g P ₂ O ₅ /cova)	Tratamentos de pré-colonização							
	Ni	Ni+P	CM	TP	Par-1	Pat-1	Var-1	Lav
----- % P -----								
0	0,06a	0,08a	0,09a	0,09a	0,08a	0,09a	0,08a	0,08a
20	0,09a	0,09a	0,11a	0,10a	0,12a	0,12a	0,12a	0,10a
40	0,12a	0,11a	0,07 b	0,12a	0,12a	0,12a	0,11a	0,11a
80	0,13abc	0,11 bc	0,10 c	0,14ab	0,13abc	0,12abc	0,15a	0,13abc
160	0,10 bc	0,09 c	0,12abc	0,14ab	0,13ab	0,15a	0,14ab	0,12abc
Regressão	Q**	ns	s.a.	Q**	RQ**	RQ**	Q**	Q**
R ²	0,94			0,98	0,96	0,94	0,85	0,99
Coeficientes	a 6,67.10 ⁻²			8,94.10 ⁻²	8,58.10 ⁻²	9,42.10 ⁻²	8,88.10 ⁻²	7,91.10 ⁻²
	b 1,50.10 ⁻³			1,06.10 ⁻³	8,82.10 ⁻³	5,31.10 ⁻³	1,12.10 ⁻³	9,84.10 ⁻⁴
	c -7,81.10 ⁻⁶			-4,61.10 ⁻⁶	-3,90.10 ⁻⁴	-1,18.10 ⁻⁴	-5,10.10 ⁻⁶	-4,66.10 ⁻⁶
----- % Mg -----								
0	0,37a	0,42a	0,40a	0,51a	0,48a	0,47a	0,48a	0,47a
20	0,56a	0,89a	0,54a	0,63a	0,77a	0,69a	0,71a	0,71a
40	0,76a	0,83a	0,85a	0,84a	0,73a	0,70a	0,57a	0,84a
80	0,64a	0,79a	0,85a	0,84a	1,04a	1,03a	0,91a	0,76a
160	0,68 b	0,46 b	0,86ab	0,82ab	1,17a	0,89ab	0,83ab	0,57 b
Regressão	RQ*	RQ**	Q*	Q*	L**	Q**	s.a.	RQ**
R ²	0,83	0,96	0,88	0,90	0,85	0,93		0,95
Coeficientes	a 3,71.10 ⁻¹	4,36.10 ⁻¹	4,12.10 ⁻¹	5,23.10 ⁻¹	6,02.10 ⁻¹	4,63.10 ⁻¹		4,63.10 ⁻¹
	b 6,97.10 ⁻²	1,35.10 ⁻¹	9,78.10 ⁻³	7,35.10 ⁻³	3,97.10 ⁻³	1,02.10 ⁻²		9,61.10 ⁻²
	c -3,66.10 ⁻³	-1,05.10 ⁻²	-4,39.10 ⁻⁵	-3,47.10 ⁻⁵	--	-4,68.10 ⁻⁵		-6,93.10 ⁻³

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

*, ** = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5% e 1%, respectivamente.

ns = Ajuste de regressão não significativo.

s.a. = Sem ajuste de regressão para os modelos estudados.

L = Modelo linear,

$$y = a \pm bx$$

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Q = Modelo quadrático, $y = a \pm bx \pm cx^2$

inoculação com 0 e 20g de P_2O_5 aplicados na cova, mas nas doses de 40 e 80g de P_2O_5 /cova o tratamento CM apresentou o menor teor de P, sendo o mesmo verificado para o tratamento Ni+P na dose 160g de P_2O_5 /cova (Quadro 9). Os teores de K (Quadro 7) e Mn (Quadro 8), aos 23 meses PT não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos de pré-colonização. Os teores de Ca nos tratamentos CM, Pat-1 e Lav foram superiores aos da testemunha Ni (Quadro 7). No desdobramento da interação para os teores Mg aos 23 meses PT, verificaram-se que nas doses de 0 a 80 g de P_2O_5 não houveram diferenças entre os tratamentos de pré-colonização. Na dose 160 g de P_2O_5 /cova houve uma tendência dos tratamentos pré-colonizados apresentarem os teores de Mg superiores às testemunhas (Quadro 9). Os teores de S foram superiores nos tratamentos CM, Var-1 e Lav em relação às testemunhas (Ni e Ni+P) e aos tratamentos TP e Pat-1 (Quadro 7). Verificaram-se também que as plantas pré-colonizadas com isolados de *G. etunicatum* apresentaram os teores de Cu nas folhas mais elevados que a testemunha Ni+P, e que os tratamentos de pré-colonização apresentaram pequenas diferenças individuais nos teores de Zn e Fe (Quadro 8).

Em função do P aplicado, os teores de nutrientes aos 13 meses PT foram influenciados significativamente, com exceção do B, Fe e Mn (Quadro 8). Os teores de P aumentaram com as doses aplicadas de P_2O_5 seguindo um modelo raiz-quadrada sem atingir o ponto de máxima; os teores de Ca e Mg aumentaram seguindo um modelo quadrático, sendo que o ponto de máxima das parábolas se localizaram em 109 e 120 g de P_2O_5 /cova, respectivamente, e o teor de S aumentou linearmente com o P aplicado (Quadro 7)

Apesar de ter sido aplicado gesso agrícola e calcário dolomítico, em todas as covas, visando diminuir a dependência das plantas aos resíduos de Ca, Mg e S presentes no superfosfato triplo, a aplicação de doses crescentes deste fertilizante ainda influenciou os teores foliares destes nutrientes. O teor de K diminuiu linearmente com a aplicação do P (Quadro 7), provavelmente por inibição competitiva da sua absorção pelo Ca^{+2} oriundo do superfosfato triplo (MALAVOLTA *et al.*, 1989). Os teores de Cu e Zn foram também diminuídos na presença de superfosfato triplo (Quadro 8), também provavelmente por inibição competitiva do Ca^{+2} e não competitiva do H_2PO_4^- sobre o Zn^{+2} e por antagonismo do Ca^{+2} sobre o Cu^{+2} (MALAVOLTA *et al.*, 1989). Porém esta redução nos teores foliares de K, Cu e Zn, provavelmente não foi suficiente para limitar o desenvolvimento das plantas, pois foram feitas adubações foliares periódicas com estes nutrientes, assim, as plantas não apresentaram sintomas foliares de deficiência e os menores teores verificados, ainda estavam acima dos níveis limiares de teores foliares de nutrientes em cafeeiros para situação de deficiência, citados por GUIMARAES & PONTE (1978). Aos 23 meses PT os teores de K (Quadro 7) e Cu (Quadro 8) ainda eram reduzidos pelas doses de P, porém seguindo modelos de ajuste raiz-quadrada e quadrático, respectivamente, e o K apresentando ponto de mínima com 135g de P_2O_5 /cova. Os teores de Ca apresentaram comportamento similar aos 13 meses PT, com ponto de máxima em 97 g de P_2O_5 /cova (Quadro 7). Os teores de S (Quadro 7) e Zn (Quadro 8) nesta época de amostragem não apresentaram diferenças significativas entre as

doses aplicadas de P. Os teores de B, Fe e Mn, nesta época, variaram em função do P aplicado seguindo modelos quadráticos ou raiz-quadrada, tendo os teores máximos localizados nas doses 107, 86 e 95 g de P_2O_5 /cova, respectivamente (Quadro 8). Entre os nutrientes que aos 23 meses PT apresentaram interação significativa entre os fatores estudados (P e Mg), verificaram-se que os teores de P seguiam o modelo quadrático nos tratamentos Ni, TP, Var-1 e Lav, com pontos de máxima localizados nas doses 96, 115, 110 e 106g de P_2O_5 /cova, respectivamente. Os tratamentos Par-1 e Pat-1 seguiam o modelo raiz-quadrada sem atingir o ponto de máxima. O tratamento Ni+P não apresentou diferenças significativas entre as doses de P e o tratamento CM apresentou estas diferenças, porém, não se conseguiu um ajuste de regressão para este tratamento dentro dos modelos estudados (Quadro 9). Para os teores de Mg, verificaram-se que os tratamentos Ni, Ni+P, CM, TP, Pat-1 e Lav seguiram modelos quadráticos ou raiz-quadrada com pontos de máxima localizados em 91, 41, 111, 106, 109 e 48g de P_2O_5 /cova, respectivamente. O tratamento Par-1 aumentou os teores de Mg linearmente com a dose de P e o tratamento Var-1 não ajustou-se aos modelos de regressão estudados (Quadro 9).

A produtividade dos cafeeiros no primeiro ano de produção encontra-se na figura 8. Verificam-se pelos pontos observados que sem a adição de P na cova, as plantas não produziram, independente do tratamento de pré-colonização. Isto evidencia a acentuada deficiência de P do solo em estudo, e que neste tipo de solo, sem aplicar fósforo, a inoculação com FMVA não mostra efeitos benéficos ao cafeeiro, corroborando o estudo de SIQUEIRA *et al.* (1992). A produtividade aumentou linearmente

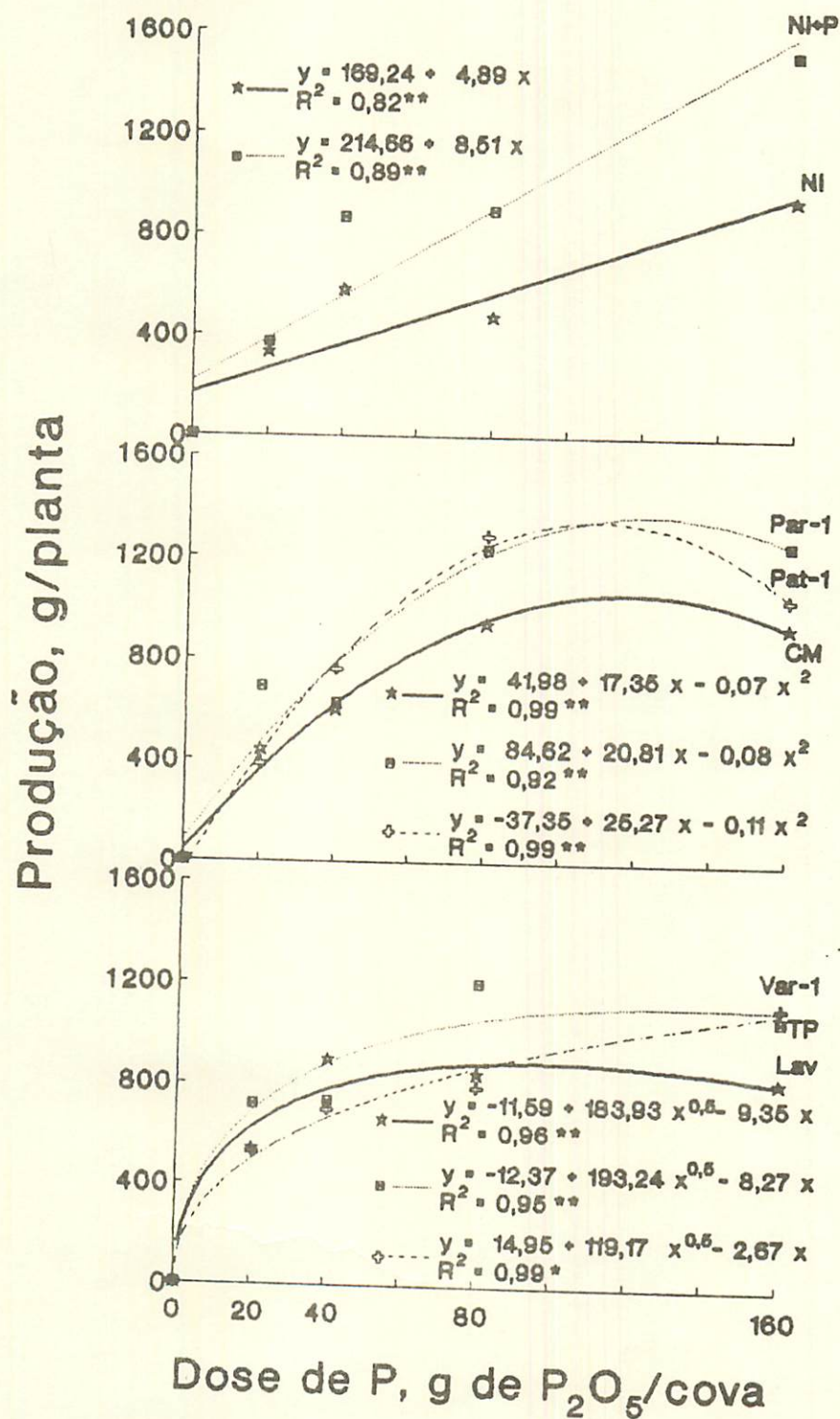


Figura 8. Primeira produção (café cereja) de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos de FMVA em função do P aplicado na cova. *, ** - Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5 e 1%, respectivamente.

com a adição de P nos tratamentos sem pré-colonização (Ni e Ni+P), enquanto que nos tratamentos de pré-colonização verificaram-se respostas seguindo modelos quadráticos (Par-1, Pat-1 e CM) ou raiz-quadrada (Var-1, TP e Lav). Os tratamentos que seguiram o modelo quadrático apresentaram tendências de redução da produção a partir de 115 g de P_2O_5 /cova. Os tratamentos que seguiram modelo raiz-quadrada apresentaram diferentes tendências individuais. Os tratamentos Lav e Var-1 apresentaram tendências de redução na produção na maior dose de P, sendo que a produção máxima foi obtida com a aplicação de 97 e 136 g de P_2O_5 /cova, respectivamente, enquanto que o tratamento TP apresentou aumentos de produção decrescentes com a elevação da dose de P. Até a dose 40 g de P_2O_5 /cova não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos de pré-colonização, produzindo na dose 20, em média, 33% da produção máxima obtida e na dose 40, em média, 48% da produção máxima (Figura 9). Aplicando-se 80 g de P_2O_5 /cova os tratamentos Pat-1, Par-1 e Var-1 produziram mais que a testemunha Ni e atingiram 82% da produção máxima obtida indicando que a pré-colonização das mudas pode representar uma redução na aplicação inicial de P no cafeeiro. Na dose 160 g de P_2O_5 houve a tendência dos tratamentos inoculados diminuírem a produção, enquanto que o tratamento Ni+P atingia a produção máxima obtida, sendo significativamente superior aos tratamentos Ni, CM e Lav (Figura 9).

A tendência de redução do crescimento vegetativo na maior dose de P, aos 8 meses pós-transplante, foi amenizada com o tempo sendo que aos 25 meses PT já era muito reduzida (Figura 5),

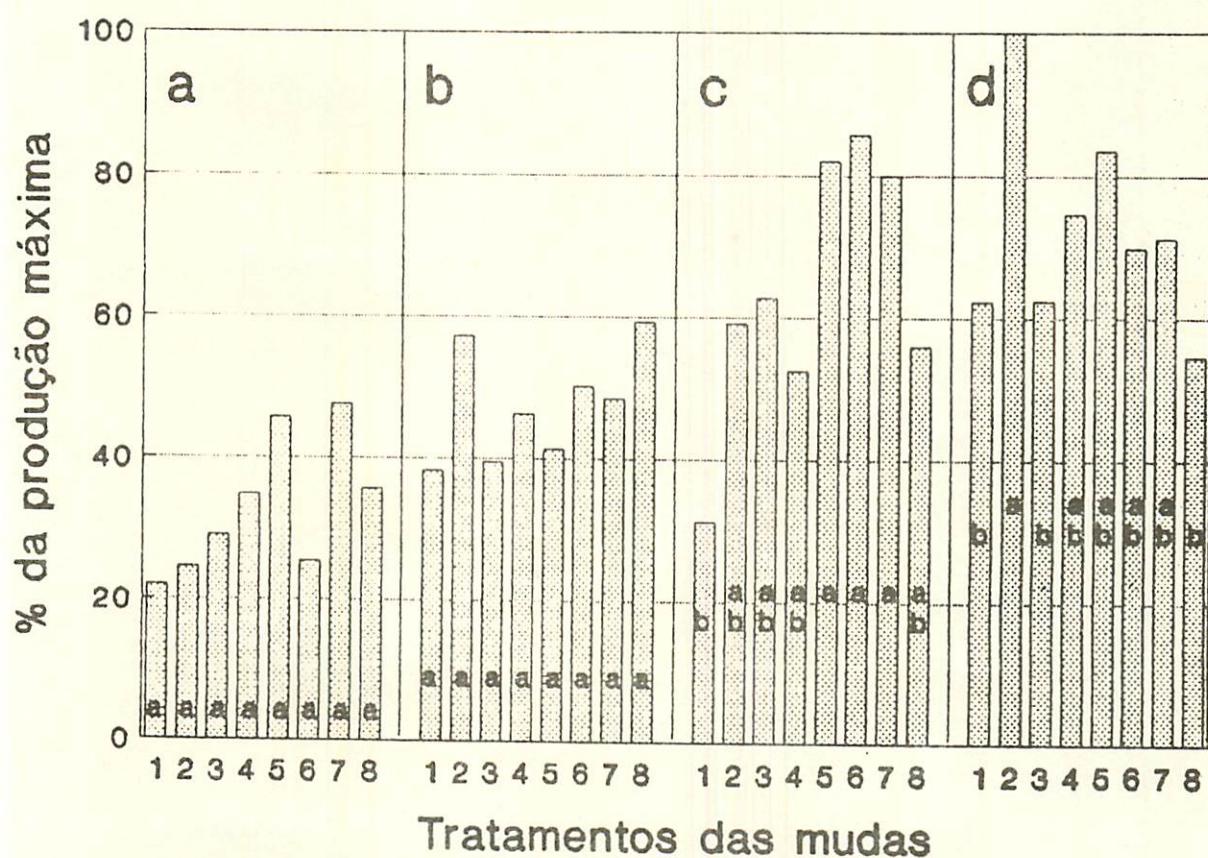


Figura 9. Primeira produção de cafeeiros pré-colonizados com diferentes tratamentos (1=Ni, 2=Ni+P, 3=CM, 4=TP, 5=Par-1, 6=Pat-1, 7=Var-1 e 8=Lav), cultivados em covas com diferentes doses de superfosfato triplo (a=20, b=40, c=80 e d=160 g de P_2O_5 /cova). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

porém a 1ª produção de grãos, colhida 29 meses após o transplante, ainda mostrou tendências de redução na dose mais alta de P aplicado nos tratamentos pré-colonizados (Figura 8). Conforme salientado por SIQUEIRA *et al.* (1984), BETHLENFALVAY *et al.* (1983) e SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO (1986), a resposta à micorrização é determinada por dois processos opostos: um estimulante devido à absorção de nutrientes, especialmente P, e outro detrimental, causado pelo dreno de fotossintatos pelo fungo. Em solos com alta disponibilidade de P, a infecção micorrízica pode ser supérflua para a absorção de P, e o fungo representaria um parasita sustentado pela planta, prejudicando seu crescimento (STRIBLEY *et al.*, 1980; COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986; AMIJEE *et al.*, 1989). Este processo provavelmente ocorreu neste experimento, mais intensamente logo após a aplicação do P no solo, causando sensível redução no crescimento das plantas aos 8 meses PT, e tornando-se imperceptível com o tempo (Figura 5), sendo notada apenas em variáveis mais sensíveis como a produção de grãos (Figura 8).

Esta redução no crescimento e produção na maior dose de P não pode ser explicada por efeitos interiônicos durante a absorção causando a deficiência de algum nutriente, já que estes efeitos não conseguiram induzir sintomas visuais de deficiência nutricional, nem redução dos teores a valores abaixo dos limiares estabelecidos para deficiência, como já discutido, nem pode ser explicado por efeito tóxico do P sobre as plantas, já que não se encontra relatos de toxidez de P em cafeeiros em solos brasileiros, e as plantas não apresentaram qualquer sintoma foliar que pudesse ser avaliado como efeito tóxico do P. Além

disso, as plantas não pré-colonizadas atingiram sua maior produção na maior dose de P aplicado. Porém o aumento linear de produção apresentado pelas plantas não inoculadas gera controvérsias, já que elas se apresentaram tão colonizadas quanto os demais tratamentos (Quadro 5), e deveriam também ter tido redução na produção, como apresentavam em crescimento (Figura 7). Este efeito é de difícil entendimento, porém pode ser que esta vantagem das testemunhas sobre as plantas pré-colonizadas, na maior dose de P, tenha sido obtida inicialmente quando elas ainda não haviam se tornado colonizadas, ou a diferença esteja na espécie micorrízica predominante na rizosfera, que conforme já discutido, foi influenciado pelos tratamentos de pré-colonização. Porém mesmo em produção, quando atentamos apenas às médias observadas das testemunhas não inoculadas (Figura 8), verificamos a tendência destas em seguirem o mesmo comportamento verificado em crescimento (Figura 7), assim sendo, provavelmente nas próximas produções estas testemunhas poderão apresentar uma redução na produtividade na dose mais elevada de P devido o efeito da colonização de suas raízes por fungos indígenas.

Algumas diferenças foram verificadas nos efeitos dos diferentes isolados de *G. etunicatum*, sobre o crescimento inicial das plantas, nos teores de alguns nutrientes e na produção, quando influenciada pelas doses de P. Os efeitos verificados no crescimento e nutrição foram de maneira geral pequenos ou pouco estáveis, sendo difícil a caracterização de um isolado superior. Baseando-se na produção verificamos que os isolados Par-1, Pat-1 e Var-1 se destacaram na dose 80 g de P_2O_5 /cova. Nesta dose.

estes isolados produziram significativamente mais que a testemunha Ni, atingindo um nível aceitável de mais de 80% da produção máxima. Porém há a necessidade de se verificar nas produções seguintes se este efeito será mantido, ou até mesmo ampliado, já que em culturas perenes uma produção não representa as produções seguintes, e também para se fazer com segurança uma estimativa do benefício econômico da micorrização de mudas de cafeeiro.

CONCLUSOES

A pré-colonização mostrou efeito sinérgico com a adubação fosfatada, tanto durante o crescimento dos cafeeiros, quanto na sua produção.

Inicialmente os isolados de *G. etunicatum* diferiram no seus efeitos sobre o crescimento vegetativo, mas estas diferenças não foram mantidas até a fase de produção.

Os isolados de *G. etunicatum* Pat-1, Par-1 e Var-1 produziram mais que a testemunha Ni na dose 80 g de P_2O_5 /cova, atingindo 82% da produção máxima obtida com 160 g de P_2O_5 /cova, representando assim uma economia considerável de fertilizante.

A resposta da 1ª produção à aplicação de P foi linear nas plantas não inoculadas e quadráticas ou raiz-quadrada nas plantas inoculadas.

Aos 13 meses após o transplante houve pouco efeito dos FMVA nos teores foliares de nutrientes, porém aos 23 meses estes efeitos foram significativos, particularmente para os teores de P, Ca, Mg e S.

A colonização radicular aos 23 meses após o transplante não diferiu entre os tratamentos de pré-colonização, foi favorecida na menor dose de P e reduzida nas doses mais elevadas.

SEÇÃO 3

**Efetividade dos fungos micorrízicos
Gigaspora margarita, Glomus clarum e
 isolados de Glomus etunicatum sob
 influência de doses de superfosfato.**

INTRODUÇÃO

"Existe um balanço delicado entre a disponibilidade de P no solo, o desenvolvimento do fungo na raiz e a resposta da planta à micorrização" (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986). A disponibilidade de P no solo influencia a taxa de colonização micorrízica (SIQUEIRA *et al.*, 1984; THOMSON *et al.*, 1986; AMIJEE *et al.*, 1989; BRAUNBERGER *et al.*, 1991; THOMSON *et al.*, 1991) e determina a natureza da relação simbiótica entre o fungo e a planta, podendo ser mutualista ou parasítica (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986; STRIBLEY *et al.*, 1980; BETHLENFALVAY *et al.*, 1983; SCHUBERT & HAYMAN, 1986; AMIJEE *et al.* 1989). A colonização radicular pode ser reduzida em condições extremas de alto ou baixo P disponível (BETHLENFALVAY *et al.*, 1983; SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986). Nestas condições a formação de micorrizas pode trazer poucos benefícios à planta hospedeira, pois tem pouco ou nenhum efeito sobre o deficit de P das plantas (KOIDE, 1991), podendo nestas situações estabelecer uma relação parasítica (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986).

A efetividade da simbiose entre o fungo e a planta varia com os diferentes teores de P disponível, de acordo com a

espécie ou isolado de FMVA envolvido (SYLVIA & SCHENCK, 1983; DAVIS *et al.*, 1984; SIQUEIRA *et al.*, 1986a; LOUIS & LIM, 1988; BOENER, 1990). Assim, para explorar os benefícios das micorrizas, é fundamental determinar quais espécies ou isolados fúngicos podem formar simbioses benéficas, dentro de condições específicas de disponibilidade de P. No entanto, a natureza da resposta à colonização micorrízica não pode ser facilmente predita a partir de características de plantas não micorrizadas, pois a maioria dos solos possuem espécies fúngicas nativas, cuja efetividade é difícil de prever (KOIDE, 1991). Plantas, como o cafeeiro, inicialmente livre de colonização micorrízica, podem se tornar bem colonizadas e responder à micorrização quando transplantadas para solos infestados com propágulos de FMVA (SAGGIN Jr. *et al.*, 1992; SIQUEIRA *et al.*, 1991c). Além disto, a microbiota indígena, incluindo fungos micorrízicos, pode exercer grande influência sobre as espécies fúngicas introduzidas ao solo (HETRICK *et al.*, 1986; KITT *et al.*, 1987), e juntamente com a fertilidade do solo podem causar efeito supressivo na colonização radicular e no desenvolvimento das plantas (KITT *et al.*, 1988). Utilizando solo natural, em condições de casa de vegetação simularam-se as condições agrícolas específicas de adubação, cultura, e microbiota, utilizados na seção 2, esperando que a variabilidade inter e intra específica dos fungos micorrízicos fossem evidenciadas. O objetivo deste trabalho foi determinar em condições controladas a efetividade da colonização de *G. margarita*, *G. clarum* e de diferentes isolados de *G. etunicatum* em cafeeiros, sob influência de diferentes níveis de superfosfato triplo, em solo não fumigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, situada no DCS/ESAL, utilizando-se de vasos plásticos contendo 5,5 kg de material de um Latossolo Vermelho-Amarelo (densidade = 1,1), distrófico, de textura argilosa, coletado na camada arável (0-30 cm) em uma área originalmente sob vegetação de cerrado, localizada na fazenda experimental da EPAMIG, em Patrocínio (MG), adjacente à área utilizada pelo ensaio referido na seção 2. A análise química deste solo apresentou as seguintes características: Carbono=2% extraído com $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4N + H_2SO_4 10N e determinado por colorimetria; pH em água (1:2,5)=5,5; Ca=0,3 meq/100 cm^3 , Mg=0,1 meq/100 cm^3 e Al=0,4 meq/100 cm^3 , extraídos com KCl 1N e determinados por titulometria; P=1 ppm, K=47 ppm, Cu=2 ppm, Fe=35 ppm, Mn=9 ppm e traços de Zn, extraídos com Mehlich I e determinados, P por colorimetria, K por fotometria de chama e Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. O material de solo foi peneirado com malha de 4 mm, deixado secar ao ar e avaliou-se a densidade de esporos presentes, através de 6 amostras submetidas à extração dos esporos por peneiramento úmido (GERDERMANN & NICOLSON, 1963) em malhas de 0,710 e 0,053 mm e centrifugações a 2000 rpm em água e em sacarose 45%, por 3 e 2 minutos, respectivamente. O solo apresentou 4 espécies predominantes, sendo que a densidade média foi de 13,1 esporos de *G. margarita*, 3,5 esporos de *Acaulospora scrobiculata*, 2,8 esporos de *Glomus occultum* e 0,8 esporos de *Acaulospora longula* em 50 cm^3 de solo. O solo recebeu calagem com calcário dolomítico calcinado de PRNT=92% (Corretivo Agrical) na

base de 3,75 toneladas/ha. Após a calagem o solo foi umedecido e incubado conforme FREIRE *et al.* (1980), e quando estava novamente seco, aplicou-se os tratamentos de fósforo através da incorporação de superfosfato triplo, previamente moído em triturador, de modo a fornecer 0, 200, 400, 800 e 1600 ppm de P ao solo (com base no volume de solo). As doses de P foram estabelecidas de modo a serem 1,5 vezes maiores que as usadas no campo (Seção 2), devido ao maior consumo das plantas em casa de vegetação e da melhor incorporação ao solo permitindo uma maior fixação.

O experimento constou da inoculação de plântulas de cafeeiro com as espécies *G. margarita* (Mar), *G. clarum* (Cla) e 4 isolados de *G. etunicatum* procedentes de Lavras (Lav), Varginha (Var-1), Três Pontas (TP) e Patrocínio (Pat-1)(Quadro 1), e de dois tratamentos não inoculados, um em solo natural (Ni) e outro em solo fumigado (Fum) com brometo de metila 98% + cloropicrina 2% (Bromex), na base de 2,6 cm³/l de solo. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 5 repetições em esquema fatorial 5 x 8 (5 doses de fósforo e 8 tratamentos de inoculação).

Utilizaram-se plântulas de cafeeiro "Mundo novo" LCP 379/19, apresentando o par de folhas cotiledonares (estádio de orelha-de-onça), obtidas por germinação em vermiculita, como descrito na seção 1. As plântulas foram repicadas diretamente para os vasos (duas por vaso), e no ato da repicagem aplicou-se os tratamentos de inoculação através da pipetagem sobre as raízes de 2 ml/plântula de suspensão de esporos, aplicando-se em torno

de 200 esporos/plântula. As suspensões de esporos foram obtidas de FMVA multiplicados em "vasos de cultivo", contendo como substrato Latossolo Roxo, e *Brachiaria decumbens* Stapf como planta hospedeira. As suspensões foram preparadas submetendo o substratos dos "Vasos de cultivo" à peneiramento úmido e centrifugações e padronizou-se a densidade de esporos nas suspensões através de contagens em alíquotas da suspensão sob microscópio estereoscópio, como já descrito na seção 1. Na tentativa de equilibrar a microbiota entre os tratamentos, todos os vasos receberam 10 ml de um filtrado preparado a partir dos substratos dos "vasos de cultivo" usados na obtenção de inóculo, diluídos em água, de modo a se obter uma suspensão que foi peneirada em malha de 0,710 e 0,053 mm e filtrado em papel de filtro. Os vasos do tratamento Fum receberam 10 ml de um filtrado similar preparado com amostras do solo natural.

Vinte dias após a repicagem para os vasos realizou-se um desbaste, mantendo-se apenas uma plântula/vaso. Aos 45 dias após o desbaste aplicou-se 10 ml/vaso de solução nutritiva de Hoagland sem P diluída à 50% (HOAGLAND & ARNON, 1950), sendo esta adubação repetida por mais 3 vezes com intervalos de 15 dias. Como as plantas apresentavam sintomas foliares anormais, que poderiam ser de deficiência de micronutrientes, foi aplicado aos 105 dias após o desbaste 20 ml/vaso de solução de Hoagland sem N, K e P, sem diluição. O controle de bicho mineiro (*Perileuoptera coffeella*) neste experimento foi feito manualmente através do esmagamento das larvas e pupas e caça aos adultos. A umidade do solo nos vasos foi mantida entre 60-70% do volume total de poros (VTP), conforme FREIRE *et al.* (1980), através de irrigações

periódicas.

Realizaram-se avaliações mensais do crescimento, através das medidas de altura, diâmetro do caule e através da contagem do número de pares de folhas. A área foliar das plantas também foi calculada mensalmente a partir das medidas do comprimento e largura das folhas pelo método da fórmula, cuja eficiência para cafeeiros "Mundo Novo" foi confirmada por GOMIDE *et al.* (1977). Juntamente, a partir do 30º mês passou-se a avaliar a injúria das plantas manifestada pelo estágio de desenvolvimento e sintomas foliares anormais, através da seguinte escala de notas: 0=plantas com desenvolvimento normal sem sintomas; 1=desenvolvimento normal com clorose internerval e/ou alterações morfológicas das folhas; 2=desenvolvimento reduzido sem sintomas foliares; 3=desenvolvimento reduzido com clorose internerval/generalizada e/ou alterações morfológicas nas folhas; 4=plantas com nanismo e clorose internerval/generalizada e/ou alterações morfológicas das folhas e 5=nanismo muito acentuado e clorose internerval/generalizada e/ou alterações morfológicas das folhas e/ou bronzeamento/necrose das folhas. Após 170 dias da repicagem as plantas foram colhidas e o crescimento foi avaliado pela produção de biomassa e matéria seca da parte aérea e raízes. A micorrização foi avaliada pela taxa de colonização micorrízica e pela densidade de esporos no solo, tal como descrito na seção 1. A nutrição das plantas foi avaliada pelos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn como já descrito anteriormente.

Os dados foram submetidos à análise de variância e testes de médias pelo programa estatístico SANEST (Instituto

Agrônomo de Campinas) e o cálculo das correlações lineares e regressões foram feitas utilizando-se o programa SAEG (Universidade Federal de Viçosa).

Para melhor interpretação dos resultados, com base no comportamento semelhante das curvas de regressões, obtidas para os tratamentos micorrizados e sem micorrizas (fumigado), nas diversas variáveis estudadas (Figura 10), calculou-se matematicamente através de um programa em linguagem basic (Anexo 1), os pontos de cruzamento entre as curvas de regressão das plantas micorrizadas e sem micorrizas, correspondentes aos teores de P no solo (X_1 e X_2), e estimou-se a área delimitada entre as curvas (área hachuriada) (Figura 10). A faixa de teores de P entre os pontos de cruzamento (X_1 - X_2), foi denominada faixa de mutualismo, e delimita os teores de fósforo no solo em que a simbiose possui natureza mutualística, e a área de diferença entre as curvas (área hachuriada) foi denominada benefício micorrízico, e quantifica a extensão dos benefícios da simbiose dentro da faixa de mutualismo.

Os teores de P disponíveis no solo, referidos durante a apresentação dos resultados foram calculados a partir das equações de correlação entre o P aplicado e P disponível obtidas em épocas imediatamente anteriores à época de avaliação da variável mencionada (Quadro A-3).

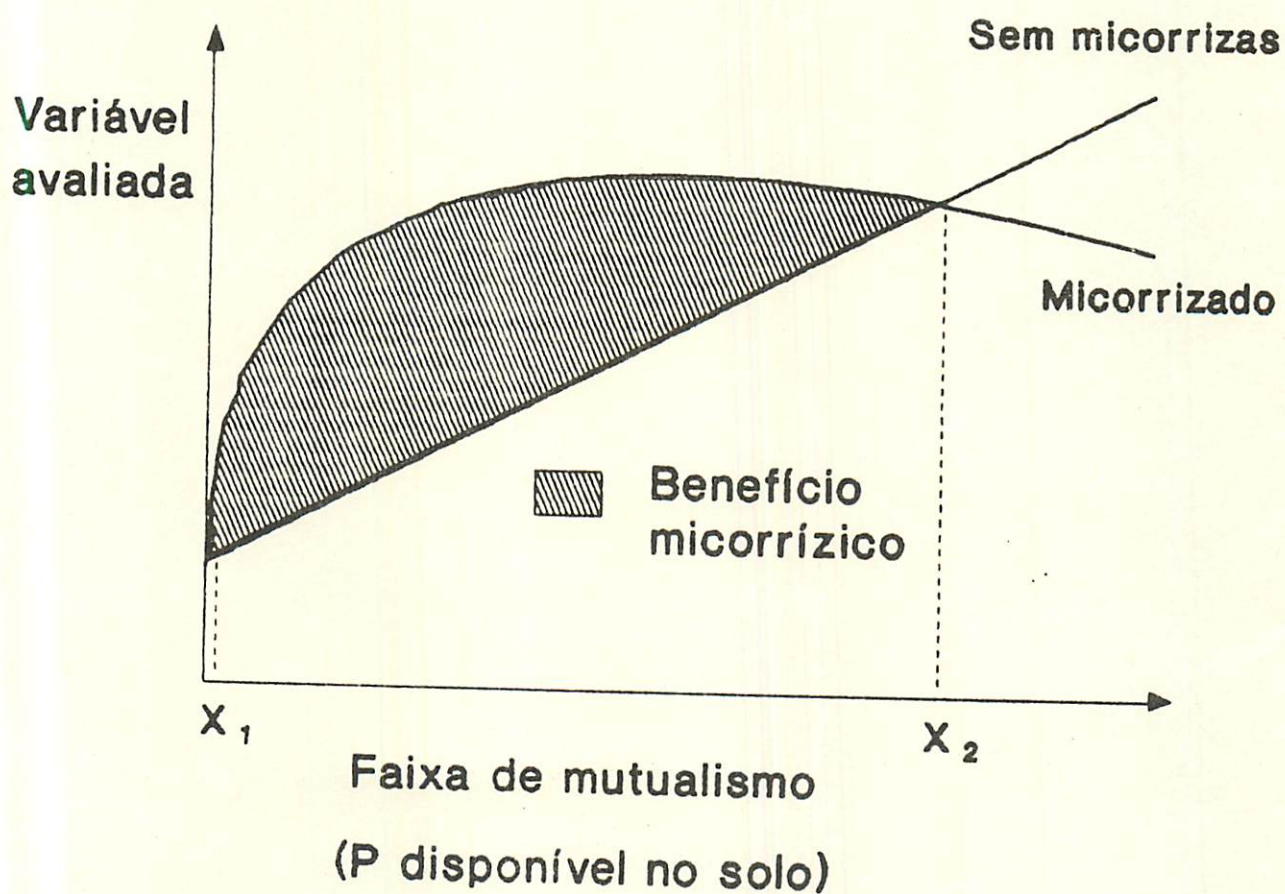


Figura 10. Comportamento comum das curvas de regressão dos tratamentos micorrizados e sem micorrizas (fumigado) nas diversas variáveis avaliadas e definição de benefício micorrízico e faixa de mutualismo.

RESULTADOS E DISCUSSAO

A maioria das variáveis avaliadas apresentaram interações entre os diferentes tratamentos de inoculação e as doses de superfosfato triplo (ST) aplicadas (Quadro A-4). O crescimento vegetativo dos cafeeiros submetidos a estes tratamentos seguiu tendências similares em todas as variáveis avaliadas, e é representado pelo crescimento em área foliar na figura 11 e em altura na figura 12. Aos 30 dias pós-plantio e inoculação (PPI) verificaram-se que apenas as plantas cultivadas em solo fumigado (Fum) responderam significativamente ao ST aplicado, com um aumento linear de área foliar (Figura 11-a). Aos 60 dias PPI verificaram-se que além do Fum, os tratamentos de inoculação com Mar, Lav e Pat-1 também foram influenciados pelo ST aplicado (Figura 11-b). Aos 90 dias PPI apenas o tratamento Cla não foi influenciado pelo ST (Figura 11-c) e a partir de 120 dias todos os tratamentos foram influenciados pelas doses de ST (Figuras 11-d e 11-e). As faixas de mutualismo e os benefícios micorrízicos em crescimento de área foliar, calculado com base na figura 11 encontram-se no quadro 10. Aos 60 dias PPI Mar e Pat-1 já apresentavam pequeno benefício micorrízico, porém Lav ainda não mostrava benefícios. Aos 90 dias, os benefícios de Mar e Pat-1 foram aumentados em média 10 vezes em relação à época anterior, e Var-1 e Ni ainda não apresentavam benefícios micorrízicos. Aos 120 e 150 dias PPI todos os tratamentos mostravam benefícios micorrízicos, variando na extensão desses benefícios e na faixa de mutualismo. *G. margarita* seguido de *G. etunicatum* de Patrocínio apresentaram simbiose mutualística em

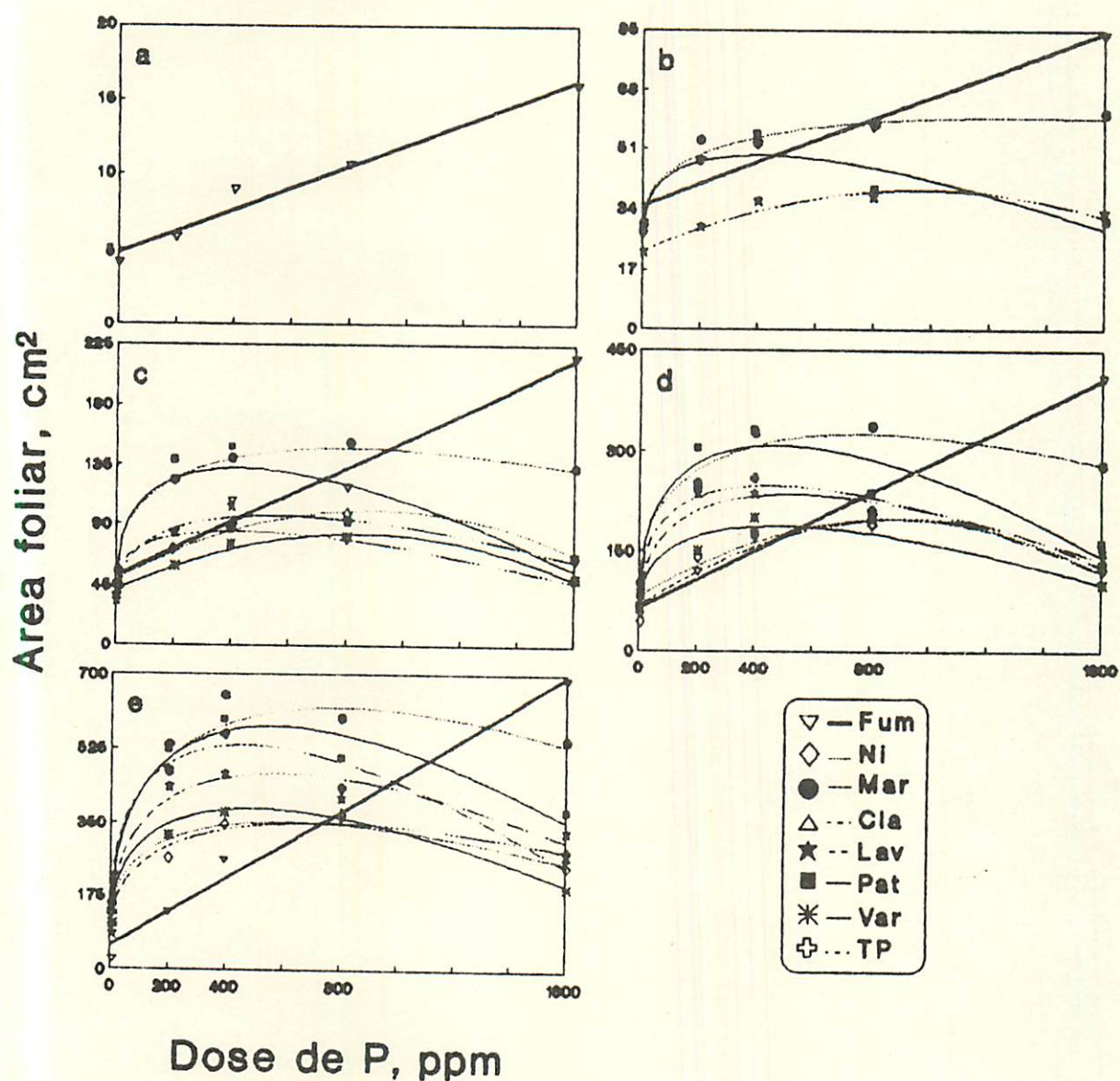


Figura 11. Area foliar de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes FIVA em função do P aplicado ao solo, em diferentes épocas (a=30, b=60, c=90, d=120 e e=150 dias) após o plantio e inoculação. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.

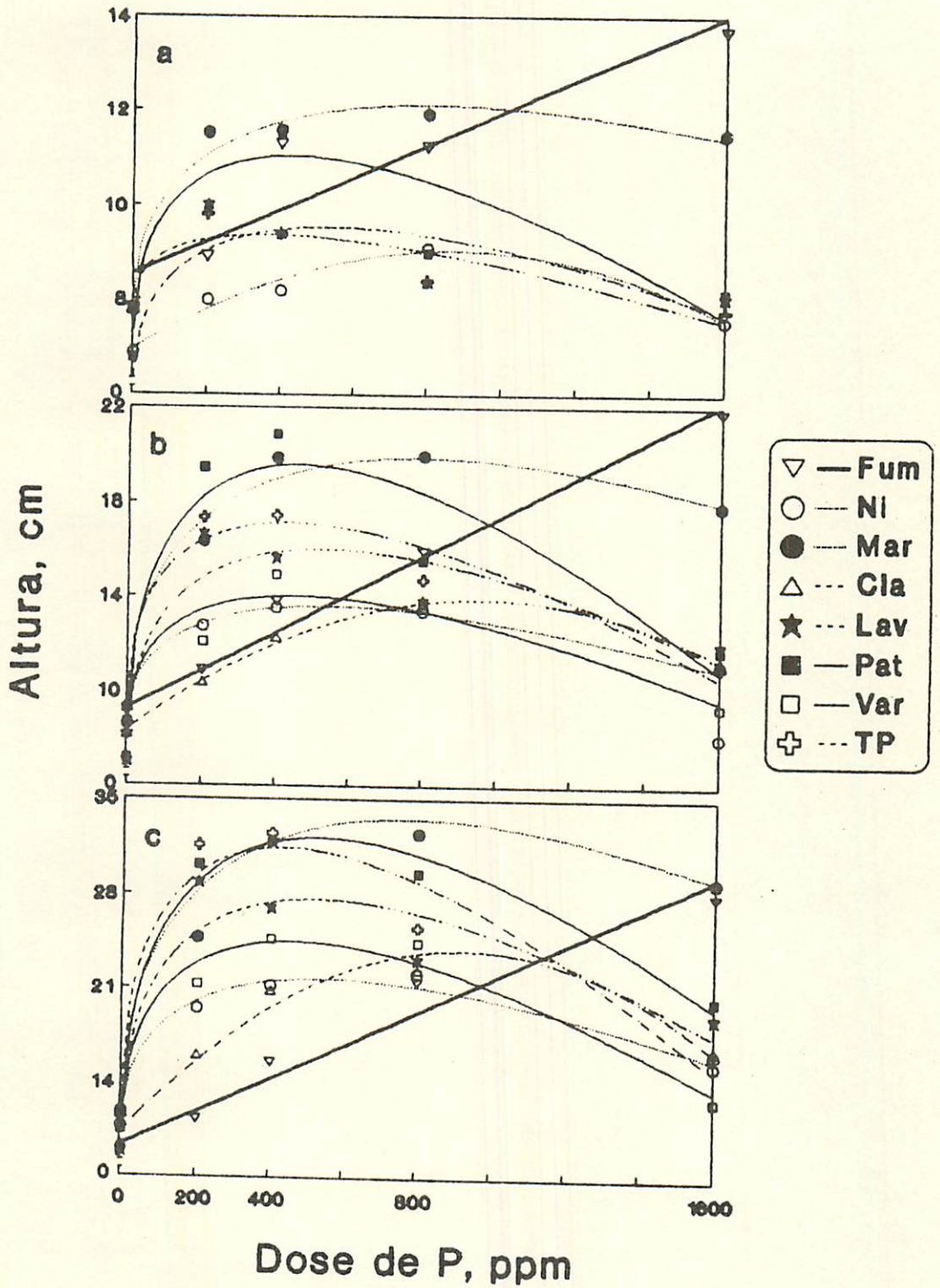


Figura 12. Altura de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes FMVA em função do P aplicado ao solo, em diferentes épocas (a=90, b=120 e c=150 dias) após o plantio e inoculação. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.

Quadro 10. Faixas de mutualismo e benefícios micorrízicos em área foliar de diferentes tratamentos de inoculação de FMVA em cafeeiro, em diferentes épocas após a inoculação.

Tratamento	Época de avaliação dias	Faixa de mutualismo		Benefício micorrízico (Área) unid. ²
		P aplicado	P disponível*	
		----- ppm -----		
Mar	60	8 - 761	1,0 - 260	4117
	90	0 - 943	2,5 - 196	32985
	120	0 - 1158	2,0 - 211	127019
	150	0 - 1318	2,0 - 228	327641
Pat-1	60	14 - 456	1,0 - 120	1887
	90	0 - 720	2,5 - 144	25233
	120	0 - 947	2,0 - 169	109716
	150	0 - 1115	2,0 - 189	274278
TP	90	4 - 321	2,5 - 53	2699
	120	0 - 778	2,0 - 136	62991
	150	0 - 992	2,0 - 166	232289
Lav	90	20 - 438	2,5 - 80	4179
	120	0 - 778	2,0 - 136	62991
	150	0 - 959	2,0 - 160	171815
Var	120	0 - 563	2,0 - 93	24800
	150	0 - 779	2,0 - 125	109786
Cla	120	0 - 489	2,0 - 78	3693
	150	0 - 741	2,0 - 118	77978
Ni	120	0 - 537	2,0 - 87	8432
	150	0 - 739	2,0 - 118	85608

* O limite superior foi calculado com base na equação de correlação linear entre P aplicado e P disponível 30 dias antes da data de avaliação (Quadro A-3).

uma faixa de P disponível mais ampla que os demais tratamentos, assim como apresentavam os maiores benefícios micorrízicos. Lav e TP apresentaram faixas de mutualismo e benefícios micorrízicos menores que Mar e Pat-1 porém superiores aos demais tratamentos. Os benefícios micorrízicos foram aumentados durante o tempo de condução do experimento. *G. margarita*, por exemplo, mostrou um aumento de mais de 7850% da área de benefício micorrízico no intervalo entre 60 e 150 dias PPI. As faixas de mutualismo também aumentaram durante a condução do experimento (Quadro 10 e 11), sugerindo que na fase de crescimento a dependência micorrízica do cafeeiro foi ampliada com o tempo. Para certificar-se que o aumento das faixas de mutualismo durante o tempo de condução do experimento era devido a um aumento na dependência micorrízica do cafeeiro, estimamos sua dependência micorrízica durante a condução do experimento e confirmamos que o cafeeiro aumenta sua dependência micorrízica durante sua fase de crescimento (Figura 13).

O crescimento em altura foi menos sensível que a área foliar em mostrar os efeitos do ST aplicado, começando a mostrar efeitos significativos apenas a partir de 90 dias PPI (Figura 12). Aos 90 dias PPI verificaram-se que dos tratamentos micorrizados que responderam ao ST aplicado (Mar, Pat-1, TP, Lav e Ni) apenas Mar, Pat-1 e TP produziram benefícios micorrízicos em diferentes faixas de P disponível, sendo que Mar, seguido de Pat-1 produziram maiores benefícios que TP (Quadro 11). Aos 120 dias e 150 dias todos os tratamentos mostraram influência das doses de ST (Figura 12-b e 12-c), sendo que aos 120 dias PPI

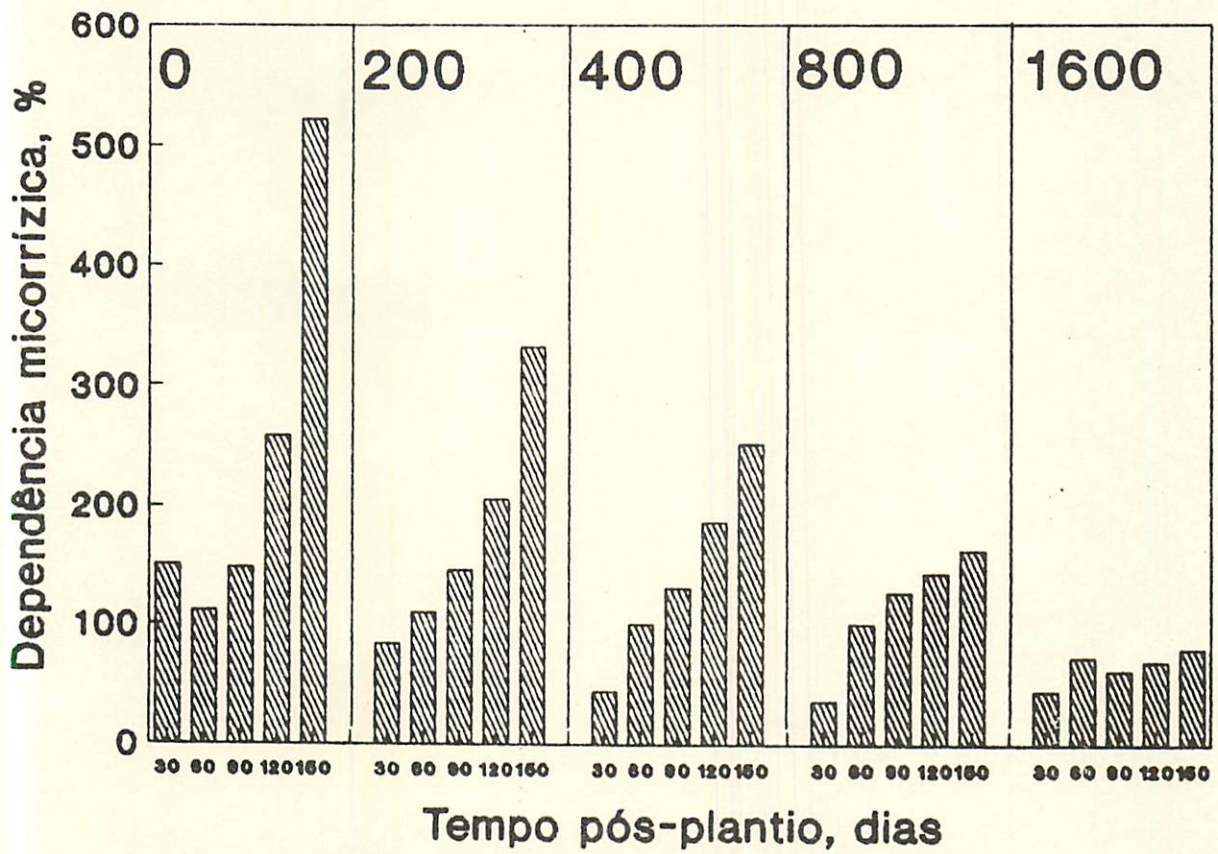


Figura 13. Dependência micorrízica de mudas de cafeeiros em diferentes épocas após o plantio e inoculação em solo com diferentes doses aplicadas de P (0, 200, 400, 800 e 1600 ppm de P).

Quadro 11. Faixas de mutualismo e benefícios micorrízicos em altura de diferentes tratamentos de inoculação de FMVA em cafeeiro, em diferentes épocas após a inoculação.

Tratamento	Época de avaliação dias	Faixa de mutualismo		Benefício micorrízico (Area) unid. ²
		P aplicado	P disponível*	
		----- ppm -----		
Mar	90	5 - 1024	2,5 - 214	1294
	120	0 - 1233	2,0 - 227	5458
	150	0 - 1592	2,0 - 280	18654
Pat-1	90	19 - 663	2,5 - 131	612
	120	2 - 978	2,0 - 176	4881
	150	0 - 1275	2,0 - 220	15111
TP	90	36 - 222	2,5 - 30	19
	120	0 - 833	2,0 - 147	3050
	150	0 - 1155	2,0 - 197	13794
Lav	120	6 - 785	2,0 - 137	2044
	150	0 - 1143	2,0 - 195	10373
Var	120	3 - 579	2,0 - 96	985
	150	0 - 973	2,0 - 162	7200
Cla	150	0 - 1120	2,0 - 190	4290
Ni	120	3 - 538	2,0 - 89	721
	150	0 - 915	2,0 - 151	5011

* O limite superior foi calculado com base na equação de correlação linear entre P aplicado e P disponível 30 dias antes da data de avaliação (Quadro A-3).

apenas Cla não mostrou benefício micorrízico (Figura 12-b). Tal como verificado em área foliar, Mar e Pat apresentaram os maiores benefícios micorrízicos em faixas de mutualismo mais amplas. Aos 150 dias PPI, os benefícios micorrízico de TP e Lav foram muito superiores ao de Cla, cujo benefício foi inferior até mesmo ao tratamento Ni (Quadro 11). As faixas de mutualismo em altura (Quadro 11) foram de maneira geral maiores que as faixas de mutualismo em área foliar (Quadro 10), evidenciando que a altura é uma variável menos sensível que a área foliar em mostrar repostas ao P disponível.

A produção de matéria seca da parte aérea 170 dias PPI encontra-se na figura 14. Verificaram-se que a matéria seca apresentou um comportamento muito semelhante à avaliação de área foliar aos 150 dias PPI (Figura 11-e), sugerindo que a avaliação de área foliar do cafeeiro seja uma variável bem representativa da sua produção de matéria seca e que pode ser avaliada durante a condução do experimento sem sacrificar as plantas. O tratamento Mar seguido de Pat-1 apresentaram os maiores benefícios micorrízicos em produção de matéria seca e as faixas de mutualismo mais amplas (Quadro 12). Lav e TP apresentaram benefícios micorrízicos e faixas de mutualismo intermediárias entre Mar e Pat-1, e, Var-1, Cla e Ni. Para a produção de matéria seca estimou-se a correlação linear entre benefício micorrízico (% sobre o controle Ni) e os limites superiores das faixas de mutualismo dos diferentes tratamentos de micorrização (Figura 15). Verificaram-se que o benefício da micorrização foi ampliado linearmente com o aumento da faixa de P disponível, no qual os fungos mantém a simbiose com natureza mutualística. Portanto a

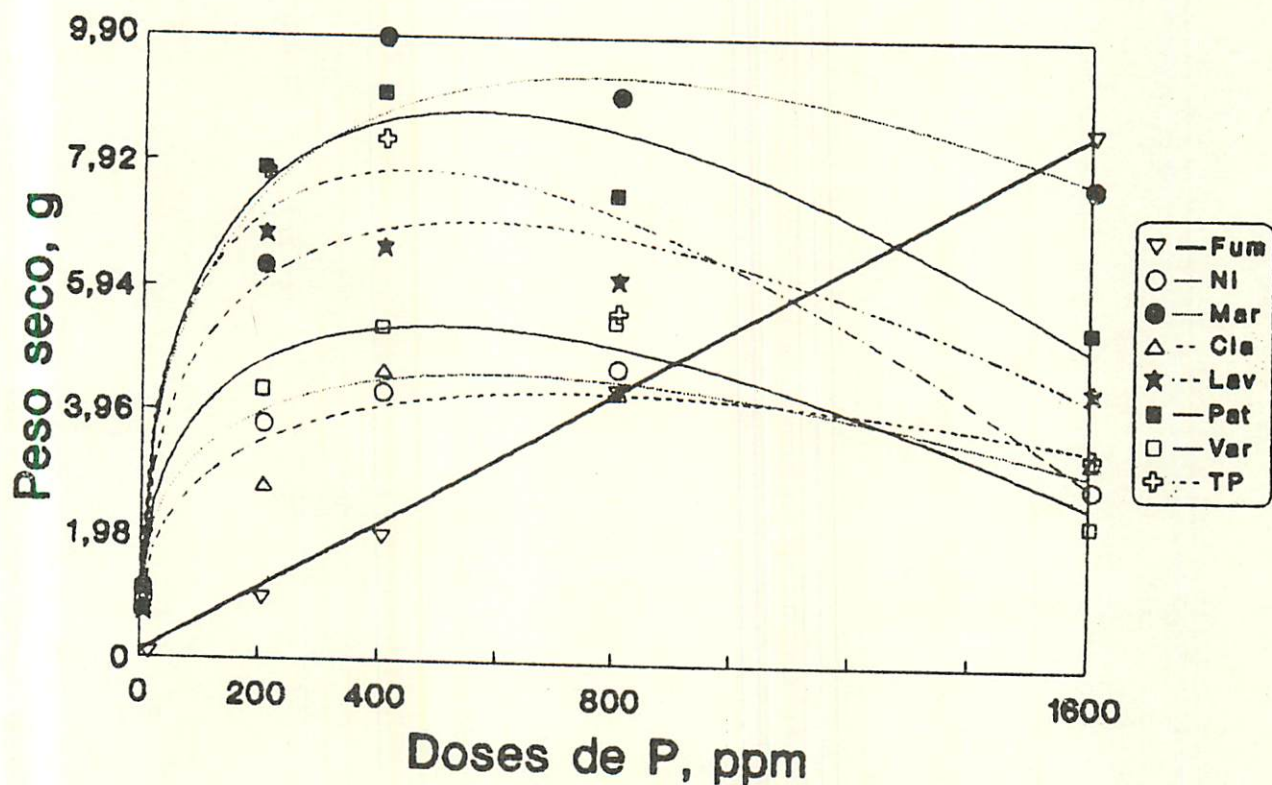


Figura 14. Matéria seca da parte aérea de mudas de cafeeiro inoculadas com diferentes tratamentos de FMVA em função do P aplicado ao solo, aos 170 dias após o plantio e inoculação. As equações e os coeficientes de correlação encontram-se no quadro A-6.

Quadro 12. Faixas de mutualismo e benefícios micorrízicos em produção de matéria seca e teores de P na parte aérea de diferentes tratamentos de inoculação de FMVA em cafeeiro, aos 170 dias após o plantio e inoculação.

Tratamento	Faixa de mutualismo		Benefício micorrízico (Area)
	P aplicado	P disponível*	
----- Produção de matéria seca -----			
	----- ppm -----		unid. ²
Ni	0 - 834	2,0 - 136	1541
Mar	0 - 1509	2,0 - 264	6560
Cla	0 - 804	2,0 - 130	1240
Lav	0 - 1130	2,0 - 192	3689
Pat	0 - 1273	2,0 - 219	5526
Var	0 - 905	2,0 - 149	2149
TP	0 - 1101	2,0 - 187	4351
----- Teor de P -----			
	----- ppm -----		unid. ²
Ni	0 - 1416	2,0 - 247	60
Mar	0 - 1903	2,0 - 339	228
Lav	0 - 1255	2,0 - 216	72
Pat	0 - 1389	2,0 - 241	73
Var	0 - 1042	2,0 - 175	35
TP	0 - 1173	2,0 - 200	65

* O limite superior foi calculado com base na equação de correlação linear entre P aplicado e P disponível aos 120 dias (Quadro A-3).

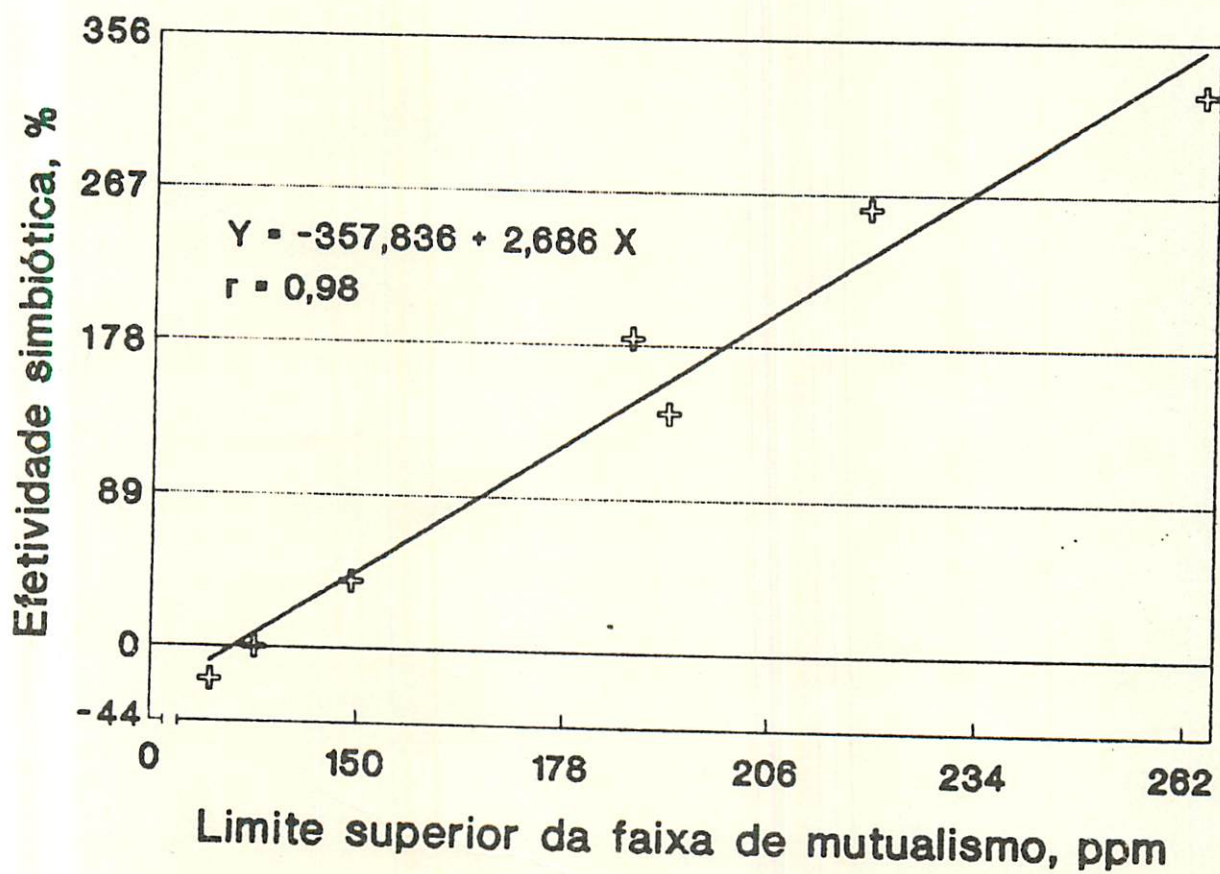


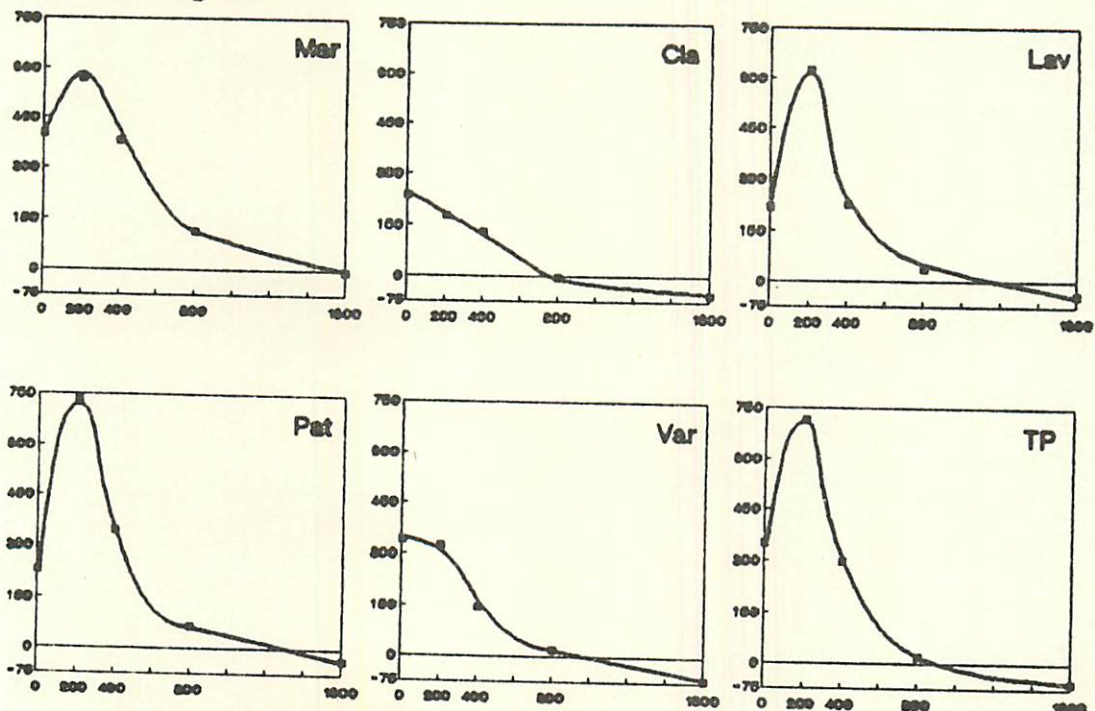
Figura 15. Correlação linear entre efetividade simbiótica (% de benefício micorrízico sobre o controle Ni) e os limites superiores da faixa de mutualismo em produção de matéria seca. A probabilidade estimada pelo teste de t de Student é inferior a 0,001.

efetividade simbiótica de cada espécie (avaliada no caso, pela percentagem de benefício micorrízico dos fungos inoculados sobre os indígenas) é diretamente proporcional a faixa de mutualismo da espécie.

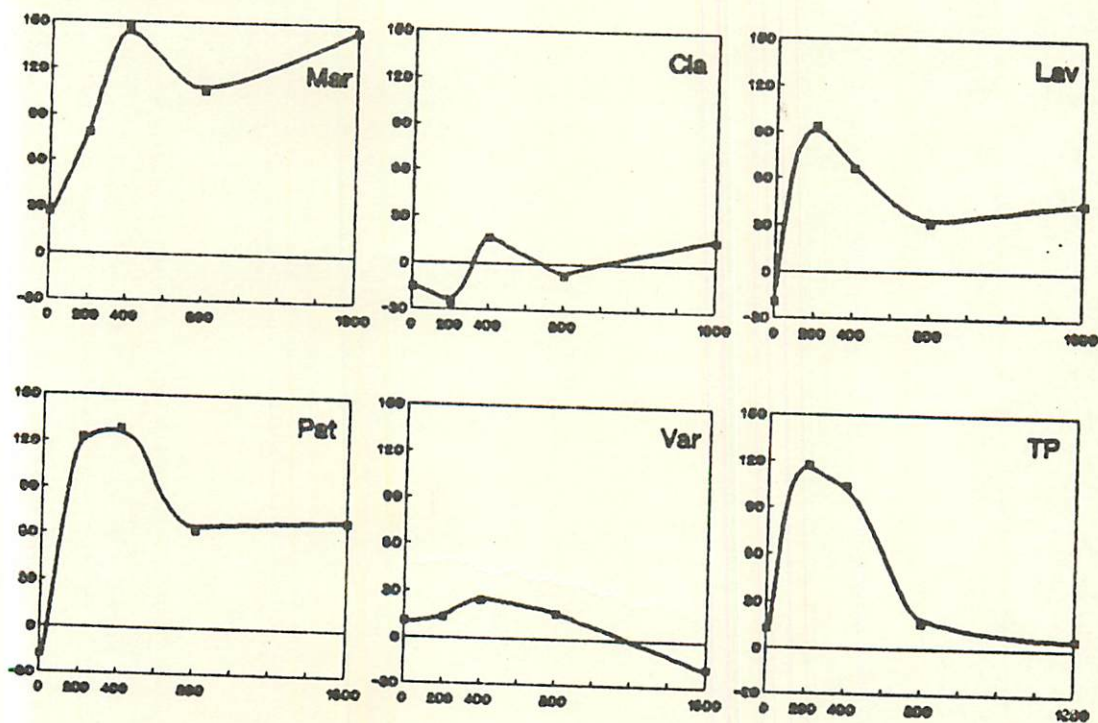
Os efeitos da inoculação do cafeeiro em relação às plantas testemunhas encontram-se na figura 16. A inoculação com Mar, Lav, Pat-1 e TP resultou em efeitos benéficos máximos na dose 200 ppm de P aplicado (22 ppm de P disponível). Em relação à testemunha em solo natural (Ni), os maiores efeitos benéficos destes tratamentos foram obtidos entre 200 e 400 ppm de P (22-63 ppm de P disponível). Os efeitos benéficos máximos atingiram mais de 700% sobre as plantas cultivadas em solo fumigado, mas não ultrapassaram a 150% em relação as testemunhas Ni. Em doses maiores os efeitos benéficos da inoculação com Mar, Lav, Pat-1 e TP foram reduzidos chegando a causar malefício quando comparados a testemunha fumigada, porém Mar, Pat-1 e Lav mantiveram os efeitos benéficos sobre as plantas cultivadas em solo natural, mesmo em doses mais elevadas de ST. Os tratamentos Cla e Var-1, mostraram redução dos efeitos benéficos da inoculação a partir da dose 0 (2 ppm de P disponível), atingindo efeitos maléficis em doses maiores que 800 ppm de P aplicado (149 ppm de P disponível). Comparados com a testemunha natural, Cla e Var-1 não mostraram variação significativa do efeito da inoculação.

Os malefícios da presença de micorrizas em doses altas de P tornam evidente a natureza parasítica da simbiose (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986), porém sem aplicação de fósforo ao solo, a presença de micorrizas nas condições do experimento não mostrou

% da fumigada



% da natural



Doses de P, ppm

Figura 16. Efeito da inoculação em relação às testemunhas cultivadas em solo natural (Ni) e fumigado (Fum). $[(\text{plantas inoculadas} - \text{testemunha}) \div \text{testemunha}] \times 100$.

efeito depressivo relacionado à simbiose parasítica, conforme relatados por BETHLENFALVAY *et al.* (1983) e SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO (1986), sugerindo que o P disponível na dose 0 (2 ppm) estaria acima do limite de uma "zona parasítica" que ocorreria em condições de extrema deficiência de P (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986). A calagem e gessagem do solo provavelmente contribuíram para aumentar ligeiramente a disponibilidade ou a utilização do P do solo, mesmo na dose 0, quando comparado ao P disponível no solo antes destes tratamentos (1 ppm).

Os teores de nutrientes na parte aérea das plantas encontram-se nos quadros 13, 14, 15, 16 e 17 e na figura 17. Os teores de nutrientes das testemunhas fumigadas na dose 0 de fósforo não puderam ser obtidos por insuficiência de material para as análises laboratoriais. Os teores de N (Quadro 13) não mostraram diferenças entre os tratamentos de inoculação na dose 0 de P. Nas doses intermediárias as plantas Fum apresentaram teores de N mais elevados, e na dose 1600 ppm de P aplicado, este efeito se manteve apenas em relação a Mar e Pat-1. Em função do P aplicado, os teores de N não foram influenciados nos tratamentos Fum, Mar e Pat-1. Os demais tratamentos mostraram menores teores de N nas doses menores de P, ajustando seus comportamentos em função do P com modelos lineares e raiz-quadrada. Os teores de K (Quadro 13) e B (Quadro 15) mostraram tendências similares de serem maiores nas plantas que cresceram menos, como as testemunhas fumigadas nas doses menores de P, as plantas sem P, ou as plantas colonizadas na maior dose de P, mostrando um efeito de diluição nas plantas de maior crescimento. Este efeito de diluição é bem claro quando verifica-se as correlações negativas

Quadro 13. Médias e ajustes de regressão para teores foliares de N e K em mudas de café micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).

Doses de P		Tratamentos de inoculação						
(ppm de P/vaso)	Fun	Ni	Mar	Cla	Lav	Pat-1	Var-1	TP
----- % N -----								
0	--	3,64a	3,67a	3,12a	3,63a	3,39a	3,33a	3,33a
200	4,98a	2,58 d	3,68 b	2,78 cd	2,96 bcd	2,97 bcd	2,43 d	3,39 bc
400	5,42a	2,67 b	3,28 b	3,30 b	3,03 b	3,02 b	2,70 b	3,26 b
800	5,30a	2,70 b	3,29 b	3,06 b	2,63 b	3,20 b	3,06 b	3,31 b
1600	4,72a	4,06ab	3,73 b	4,20ab	3,60a	3,58 b	4,21ab	4,00ab
Regressão	ñs	RQ ^{##}	ñs	L ^{##}	RQ ^{##}	ñs	RQ ^{##}	L ^{##}
R ²		0,91		0,84	0,90		0,86	0,87
Coeficientes	a	3,33		2,94	3,85		3,26	3,25
	b	-2,46.10 ⁻¹		2,60.10 ⁻³	-2,02.10 ⁻¹		-1,37.10 ⁻¹	1,51.10 ⁻³
	c	1,21.10 ⁻²		--	8,81.10 ⁻³		8,54.10 ⁻³	--
----- % K -----								
0	--	1,96abc	2,29a	2,14ab	1,57 c	1,77 bc	2,31a	1,78 bc
200	2,42a	0,97 bc	1,00 bc	1,17 b	0,72 c	0,78 bc	0,94 bc	0,79 bc
400	1,99a	0,97 bc	0,79 bc	1,12 b	0,69 c	0,80 bc	0,94 bc	0,82 bc
800	1,96a	1,16 b	0,85 b	0,87 b	0,90 b	0,92 b	0,93 b	0,92 b
1600	1,40abc	1,76a	1,04 c	1,19 bc	1,36abc	1,15 bc	1,49ab	1,48ab
Regressão	L ^{##}	RQ ^{##}	RQ ^{##}	RQ ^{##}	RQ ^{##}	RQ ^{##}	RQ ^{##}	RQ ^{##}
R ²	0,91	0,98	0,98	0,98	0,97	0,94	0,98	0,98
Coeficientes	a	2,42	1,94	2,26	2,14	1,55	1,72	2,28
	b	-6,40.10 ⁻⁴	-9,42.10 ⁻²	-1,13.10 ⁻¹	-8,72.10 ⁻²	-8,03.10 ⁻²	-8,14.10 ⁻²	-1,23.10 ⁻¹
	c	--	2,26.10 ⁻³	2,10.10 ⁻³	1,58.10 ⁻³	1,91.10 ⁻³	1,71.10 ⁻³	2,60.10 ⁻³

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

= Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 1%.

ñs = Ajuste de regressão não significativo.

L = Modelo linear, $y = a \pm bx$

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Quadro 14. Médias e ajustes de regressão para teores foliares de Ca e Mg em mudas de caféiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).

Doses de P (ppm de P/vaso)	Tratamentos de inoculação							
	Fun	Ni	Mar	Cla	Lav	Pat-1	Var-1	TP
----- % Ca -----								
0	--	1,78a	1,95a	1,85a	1,63a	1,79a	1,91a	1,65a
200	1,43 cd	1,44 cd	2,00a	1,54 bcd	1,77abc	1,88ab	1,35 d	1,71abcd
400	1,34 c	1,43 c	1,90a	1,71abc	1,44 bc	1,85ab	1,58abc	1,73abc
800	1,49 bc	1,59abc	1,98a	1,32 c	1,70abc	1,76ab	1,49 bc	1,51 bc
1600	1,69 c	2,43a	2,18ab	2,22ab	1,95 bc	2,09abc	2,06abc	1,87 bc
Regressão	ñs	RQ ^{**}	ñs	Q ^{**}	s.a.	ñs	RQ ^{**}	ñs
R ²		0,99		0,85			0,89	
Coeficientes	a	1,80		1,86			1,89	
	b	-5,37.10 ⁻²		-1,28.10 ⁻²			-5,02.10 ⁻²	
	c	1,72.10 ⁻³		9,34.10 ⁻⁷			1,35.10 ⁻³	
----- % Mg -----								
0	--	0,85a	0,88a	0,83a	0,81a	0,82a	0,89a	0,69 c
200	0,52 d	0,92 bc	1,24a	0,96 bc	1,04ab	1,10ab	0,73 cd	1,06ab
400	0,54 c	0,86 b	1,25a	1,01ab	0,88 b	1,05ab	0,93 b	1,12ab
800	0,58 d	0,89 bc	1,24a	0,81 cd	0,93 bc	1,11ab	0,81 cd	0,85 c
1600	0,75 c	1,07ab	1,21a	1,06ab	1,01abc	1,11a	0,84 bc	0,83 bc
Regressão	ñs	ñs	RQ ^{**}	s.a.	ñs	RQ ^{**}	ñs	RQ ^{**}
R ²			0,96			0,91		0,71
Coeficientes	a		8,97.10 ⁻¹			8,33.10 ⁻¹		7,06.10 ⁻¹
	b		2,84.10 ⁻²			1,92.10 ⁻²		3,14.10 ⁻²
	c		-5,26.10 ⁻⁴			-3,12.10 ⁻⁴		-7,39.10 ⁻⁴

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

** = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 1%.

ñs = Ajuste de regressão não significativo.

s.a. = Sem ajuste de regressão para os modelos estudados.

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Q = Modelo quadrático, $y = a \pm bx \pm cx^2$

Quadro 15. Médias e ajustes de regressão para teores foliares de S e B em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).

Doses de P (ppm de P/vaso)	Tratamentos de inoculação							
	Fua	Ni	Mar	Cla	Lav	Pat-1	Var-1	TP
----- % S -----								
0	--	0,09 b	0,10 b	0,09 b	0,15a	0,16a	0,16a	0,15a
200	0,09 c	0,10 c	0,11 bc	0,10 c	0,16a	0,17a	0,13abc	0,16ab
400	0,10 cd	0,08 d	0,13 bc	0,14 bc	0,14 bc	0,16ab	0,15ab	0,18a
800	0,11 bc	0,10 c	0,13abc	0,13abc	0,15ab	0,15ab	0,12abc	0,16a
1600	0,15abc	0,11 c	0,13 bc	0,18a	0,17ab	0,18a	0,18a	0,16ab
Regressão	L**	ñs	ñs	L**	ñs	ñs	Q**	ñs
R ²	1,00			0,88			0,75	
Coeficientes	a	8,41.10 ⁻²		9,97.10 ⁻²			1,55.10 ⁻¹	
	b	3,84.10 ⁻⁵		4,97.10 ⁻³			-7,65.10 ⁻⁵	
	c	--		--			5,59.10 ⁻⁸	
----- ppm de B -----								
0	--	35ab	32ab	34ab	30 b	34ab	36ab	42a
200	30a	16 b	17 b	23ab	16 b	23ab	17 b	26ab
400	27a	17a	19a	21a	20a	20a	22a	26a
800	19a	18a	26a	20a	24a	19a	22a	23a
1600	15 c	27ab	24abc	27ab	28ab	22 bc	35a	28ab
Regressão	L**	RQ**	s.a.	RQ**	RQ**	RQ**	RQ**	RQ**
R ²	0,90	0,96		0,99	0,77	1,00	0,93	0,97
Coeficientes	a	30,57	34,36	34,14	29,35	33,85	35,40	42,20
	b	-1,03.10 ⁻²	-1,64	-1,18	-1,05	-1,04	-1,66	-1,39
	c	--	3,65.10 ⁻²	2,48.10 ⁻²	2,65.10 ⁻²	1,87.10 ⁻²	4,14.10 ⁻²	2,57.10 ⁻²

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

** = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor a 1%.

ñs = Ajuste de regressão não significativo.

s.a. = Sem ajuste de regressão para os modelos estudados.

L = Modelo linear, $y = a \pm bx$

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Q = Modelo quadrático, $y = a \pm bx \pm cx^2$

Quadro 16. Médias e ajustes de regressão para teores foliares de Cu e Zn em mudas de caféiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).

Doses de P (ppm de P/vaso)	Tratamentos de inoculação							
	Fum	Ni	Mar	Cla	Lav	Pat-1	Var-1	TP
----- ppm de Cu -----								
0	--	10 bc	18a	9 c	15ab	11 bc	11 bc	10 bc
200	10 b	10 b	9 b	9 b	15a	14ab	10ab	9 b
400	10ab	9ab	8ab	13a	13a	12ab	9ab	8 b
800	7 c	9abc	7 c	13a	13ab	12abc	9abc	8abc
1600	7a	7a	7a	10a	7a	9a	6a	8a
Regressão	ñs	ñs	RQ**	ñs	L**	ñs	L**	ñs
R ²			0,99		0,94		0,96	
Coefficientes	a		17,39		15,19		10,71	
	b		-6,59.10 ⁻¹		-3,40.10 ⁻³		-2,85.10 ⁻³	
	c		9,99.10 ⁻³		--		--	
----- ppm de Zn -----								
0	--	13a	15a	14a	16a	15a	15a	15a
200	9a	11a	11a	11a	11a	13a	9a	12a
400	9 b	9 b	13ab	13ab	11ab	14a	10ab	12ab
800	7 b	10ab	11ab	11ab	10ab	12a	11ab	11ab
1600	8a	10a	11a	9a	9a	10a	10a	8a
Regressão	ñs	RQ**	RQ*	L**	RQ**	L**	RQ**	L**
R ²		0,82	0,75	0,77	0,97	0,83	0,76	0,87
Coefficientes	a	13,15	14,96	13,32	16,01	14,48	14,51	13,72
	b	-2,62.10 ⁻¹	-2,19.10 ⁻¹	-2,59.10 ⁻³	-3,94.10 ⁻¹	-2,61.10 ⁻³	-3,39.10 ⁻¹	-3,34.10 ⁻³
	c	4,65.10 ⁻³	3,06.10 ⁻³	--	5,63.10 ⁻³	--	5,90.10 ⁻³	--

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

*, ** = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5% e 1%, respectivamente.

ñs = Ajuste de regressão não significativo.

L = Modelo linear, $y = a \pm bx$

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Quadro 17. Médias e ajustes de regressão para teores foliares de Fe em mudas de caféiro micorrizadas com diferentes FMVA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).

Doses de P (ppm de P/vaso)	Tratamentos de inoculação							
	Fum	Ni	Mar	Cla	Lav	Pat-1	Var-1	TP
	----- ppm de Fe -----							
0	--	221 bc	406a	350ab	279abc	152 c	288abc	189 c
200	249a	168ab	237ab	173ab	136ab	107 b	122ab	179ab
400	269a	134ab	261a	168ab	167ab	118 b	165ab	133ab
800	271ab	140 bc	284a	184abc	124 c	156abc	204abc	106 c
1600	186 b	360a	266ab	262ab	188 b	161 b	229ab	170 b
Regressão	ñs	Q ^{††}	RQ ^{††}	RQ ^{††}	RQ ^{††}	ñs	RQ ^{††}	Q [†]
R ²		0,99	0,80	0,98	0,90		0,75	0,92
Coefficientes	a	218,59	393,53	345,71	276,37		275,26	198,38
	b	-2,95.10 ⁻¹	-11,06	-16,20	-11,67		-11,33	-2,02.10 ⁻¹
	c	2,40.10 ⁻⁴	2,06.10 ⁻¹	3,56.10 ⁻¹	2,36.10 ⁻¹		2,64.10 ⁻¹	1,14.10 ⁻⁴

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

†, †† = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5% e 1%, respectivamente.

ñs = Ajuste de regressão não significativo.

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Q = Modelo quadrático, $y = a \pm bx \pm cx^2$

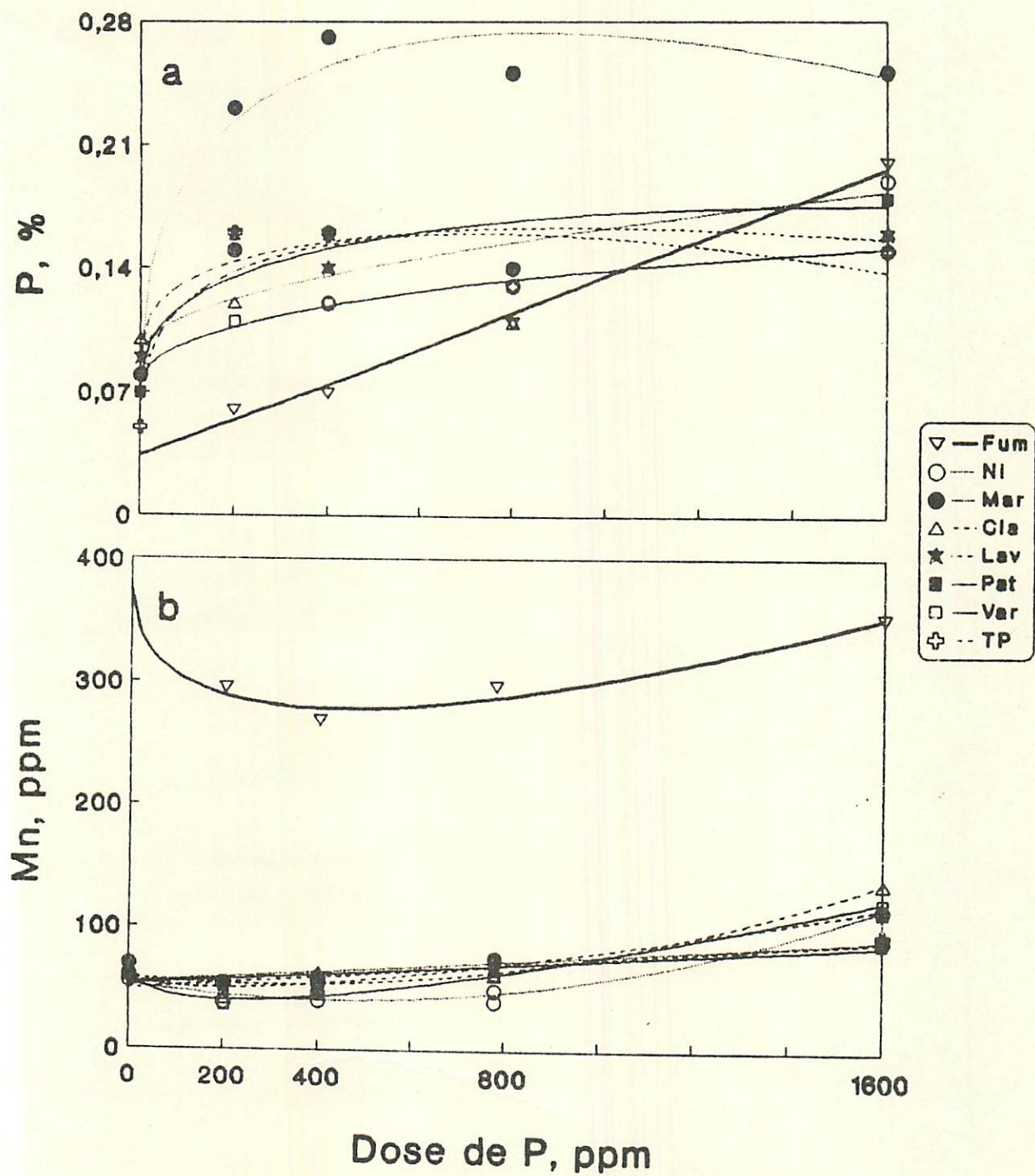


Figura 17. Teores de P e Mn na parte aérea de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes tratamentos de FMVA em solo com diferentes doses aplicadas de P. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.

entre os teores destes nutrientes e a matéria seca (Quadro 18). Os teores de Ca, Mg (Quadro 14) e S (Quadro 15), na maioria dos tratamentos não mostraram efeitos significativos das diferentes doses de P. Nos tratamentos em que estes efeitos foram significativos, não mostraram tendências uniformes. Isto sugere que aplicação no solo de calcário dolomítico e gesso agrícola foi suficiente para tornar insignificante os efeitos dos resíduos de Ca, Mg e S presentes no superfosfato triplo utilizado como fonte de P. Quanto aos efeitos da inoculação, os teores de Ca foram aumentados nas doses 200 e 400 ppm de P, nas plantas inoculadas com Mar e Pat-1 em relação às testemunhas não inoculadas, sendo este efeito diluído nas doses maiores. Os teores de Mg foram mais elevados nas plantas inoculadas com Mar e Pat-1, embora este efeito não tenha significância uniforme entre as doses de P. Verificaram-se que os teores de Mg se correlacionaram negativamente com os teores de K e positivamente com os teores de Ca e P e com a produção de matéria seca (Quadro 18). Os teores de S variaram em relação à resposta à inoculação, porém houve tendência de todos os tratamentos inoculados com isolados de *G. etunicatum* (média = $0,16 \pm 0,02$) apresentarem maiores teores que os demais tratamentos (média = $0,11 \pm 0,02$). Os teores de Cu e Zn encontram-se no quadro 16. Os teores de Cu foram influenciados pelos tratamentos de inoculação, variando a resposta de acordo com a dose de P. Os teores de Cu em alguns tratamentos (Mar, Pat-1 e Var-1), e os de Zn na maioria dos tratamentos, mostraram tendências de redução nas doses maiores de P. Os teores de Zn foram influenciados pelos tratamentos de inoculação apenas nas

Quadro 18. Matriz de correlação linear entre teores de nutrientes na parte aérea, colonização radicular (col), produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e nível de injúria verificados em mudas de cafeeiros submetidas a diferentes tratamentos de inoculação com FMYA e doses de superfosfato triplo. Acima dos asteriscos são apresentadas as probabilidades estimadas pelo teste de t de Student, e abaixo os coeficientes de correlação (r).

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Col.	MSPA	Injúria
N	**	0,3979	0,0000	0,2051	0,0099	0,4103	0,0788	0,0422	0,0144	0,0890	0,0000	0,0000	0,0766	0,0210
P	0,04	**	0,0060	0,0000	0,0000	0,1924	0,1361	0,0156	0,1737	0,3767	0,4921	0,0313	0,0000	0,0000
K	0,58	-0,39	**	0,3050	0,0000	0,1934	0,0000	0,4810	0,1767	0,0000	0,0015	0,4343	0,0000	0,0000
Ca	0,13	0,60	0,08	**	0,0000	0,0611	0,0449	0,1436	0,1969	0,0059	0,2852	0,1696	0,2546	0,9780
Mg	-0,37	0,66	-0,56	0,62	**	0,2699	0,0597	0,3238	0,1239	0,4099	0,0007	0,2175	0,0000	0,0000
S	-0,03	0,14	-0,14	0,25	0,10	**	0,0854	0,3396	0,1919	0,0069	0,4166	0,0467	0,2282	0,1150
B	0,23	-0,18	0,67	0,27	-0,25	0,22	**	0,4769	0,0011	0,0027	0,4571	0,1266	0,0000	0,0000
Cu	-0,28	-0,34	0,01	-0,17	-0,07	0,07	0,01	**	0,0003	0,4353	0,0316	0,0327	0,1726	0,6560
Zn	-0,35	-0,15	0,15	0,14	0,18	0,14	0,47	0,53	**	0,1387	0,0003	0,0000	0,1168	0,1890
Fe	0,48	0,05	0,65	0,40	-0,04	-0,39	0,44	-0,03	0,18	**	0,0496	0,3935	0,0051	0,0020
Mn	0,87	-0,00	0,46	-0,09	-0,49	-0,03	-0,02	-0,30	-0,52	0,27	**	0,0000	0,2873	0,2000
Col.	-0,60	-0,30	0,03	-0,15	0,13	-0,27	0,19	0,30	0,57	0,04	-0,69	**	0,1800	0,1560
MSPA	-0,23	0,62	-0,80	0,11	0,62	0,12	-0,66	-0,15	-0,19	-0,41	-0,09	-0,22	**	0,0000
Injúria	0,36	-0,47	0,85	-0,02	-0,59	-0,04	0,70	0,07	0,21	0,47	0,21	0,23	-0,94	**

doses 400 e 800 onde as plantas Pat-1 apresentaram teores maiores que a testemunha. Os teores de Zn correlacionaram negativamente com os teores de Mn e positivamente com os teores de Cu e com a colonização radicular das plantas (Quadro 18). Os teores de Fe encontram-se no quadro 17. Houve diferenças entre os tratamentos de inoculação, porém sem seguir uma tendência uniforme entre as doses de P. Em função do P aplicado, o Fe seguiu modelos quadráticos ou raiz-quadrada. Os teores mínimos foram obtidos nas doses intermediárias de P, onde as plantas micorrizadas cresceram mais, sugerindo um leve efeito de diluição.

Entre os teores de nutrientes analisados, os mais influenciados pela inoculação foram o P e o Mn (Figura 17). Os teores de P nas plantas Fum aumentaram linearmente em função das doses aplicadas de P, e seguiram modelos raiz-quadrada nos demais tratamentos. As plantas inoculadas com *G. margarita*, apresentaram teores superiores às plantas Fum inclusive na maior dose aplicada de P, fazendo com que a faixa de mutualismo de Mar (0-1903 ppm de P aplicado) ultrapassasse a dose máxima de P empregada (1600 ppm), resultando em um benefício micorrízico de aumento no teor de P muito superior aos outros tratamentos (Quadro 12). Isto pode estar relacionado com o menor malefício da simbiose com *G. margarita* na maior dose de P (Figura 16), pois mesmo com alto teor de P disponível, a simbiose foi efetiva em manter teores mais elevados de P nos tecidos. O maior teor de P nos tecidos das plantas inoculadas com *G. margarita* pode estar relacionado à capacidade deste simbiote em manter um maior sistema radicular explorando assim mais eficientemente o P do solo (Quadro A-5), pois conforme revisado por KOIDE (1991), a

infecção micorrízica pode alterar o suprimento de P independente do efeito direto de suas hifas em obter P, podendo alterar o crescimento e longevidade das raízes, assim como, a densidade de pelos radiculares. Quanto aos teores de Mn, verificaram-se que foram maiores nas plantas cultivadas em solo fumigado (Figura 17). Excluíram-se a hipótese do fumigante utilizado, brometo de metila 98% + cloropicrina 2% (Bromex), ter aumentado por si só os teores de Mn, pois o laboratório de microbiologia do solo da ESAL utiliza-se dele para fumigar solos de experimentos há vários anos, e não há relato que tal fato tenha ocorrido. Outra hipótese levantada é que a mudança da microbiota do solo, devido à fumigação, tenha causado uma seleção de espécies que, através de sua atividade, alterariam a disponibilidade de Mn no solo. A atividade microbiana na rizosfera pode alterar a dinâmica do Mn no solo através de microorganismos Mn-oxidantes e Mn-redutores (Mulder, citado por KOTHARI *et al.*, 1991). Existe a possibilidade desta hipótese ser verdadeira, apesar do cuidado tomado de adicionar filtrados aos solos, na tentativa de padronizar a microbiota entre tratamentos do experimento. No entanto, existem relatos de que os fungos micorrízicos podem reduzir a concentração de Mn nos tecidos das plantas (COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986; PACOVSKY, 1986; PAULA & SIQUEIRA, 1987; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989; ARINES *et al.*, 1989; SAGGIN Jr. *et al.*, 1992; SIQUEIRA *et al.*, 1992), e mesmo a presença de fungos micorrízicos podem alterar a disponibilidade de Mn no solo, através de um "efeito micorrizosférico" sobre a microbiota (KOTHARI *et al.*, 1991). Embora o mecanismo envolvido não tenha sido evidenciado, o

teores de Mn foram reduzidos na presença da colonização micorrízica, havendo correlação negativa entre colonização radicular e teores de Mn na parte aérea (Quadro 18).

A injúria das plantas em função do P aplicado encontra-se na figura 18. A injúria teve comportamento inverso da produção de matéria seca da parte aérea, havendo alta correlação negativa com esta variável (Quadro 18), indicando que a injúria foi uma variável bem representativa do desenvolvimento das plantas. Nas plantas Fum a injúria foi reduzida com o aumento da dose de P. Nos tratamentos micorrizados a injúria mínima foi obtida nas doses intermediária de P, tendendo a aumentar nas doses mais elevadas, de modo que, na dose de 1600 ppm de P, a injúria era maior que no tratamento Fum. Comportamento diferente foi observado com Mar que não elevou o nível de injúria em doses mais elevadas de P, mantendo este nível abaixo do tratamento Fum, mesmo na maior dose aplicada de P. A maior parte dos sintomas foliares anormais verificados, e usados como parâmetros para determinar o nível de injúria, podem ter sido causados pela redução nos teores de Mg e pela concentração dos teores de K e B nos tecidos das plantas mais injuriadas (Quadro 18), e aos efeitos interiônicos, que podem ter causado esta variação de teores. Na tentativa de estabelecer os principais fatores que influenciaram significativamente o nível de injúria, realizou-se análise de regressão linear múltipla entre os teores de nutrientes e a colonização radicular. Através de um processo de seleção de variáveis levando-se em conta o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância de cada variável na relação, estabeleceu-se a seguinte equação:

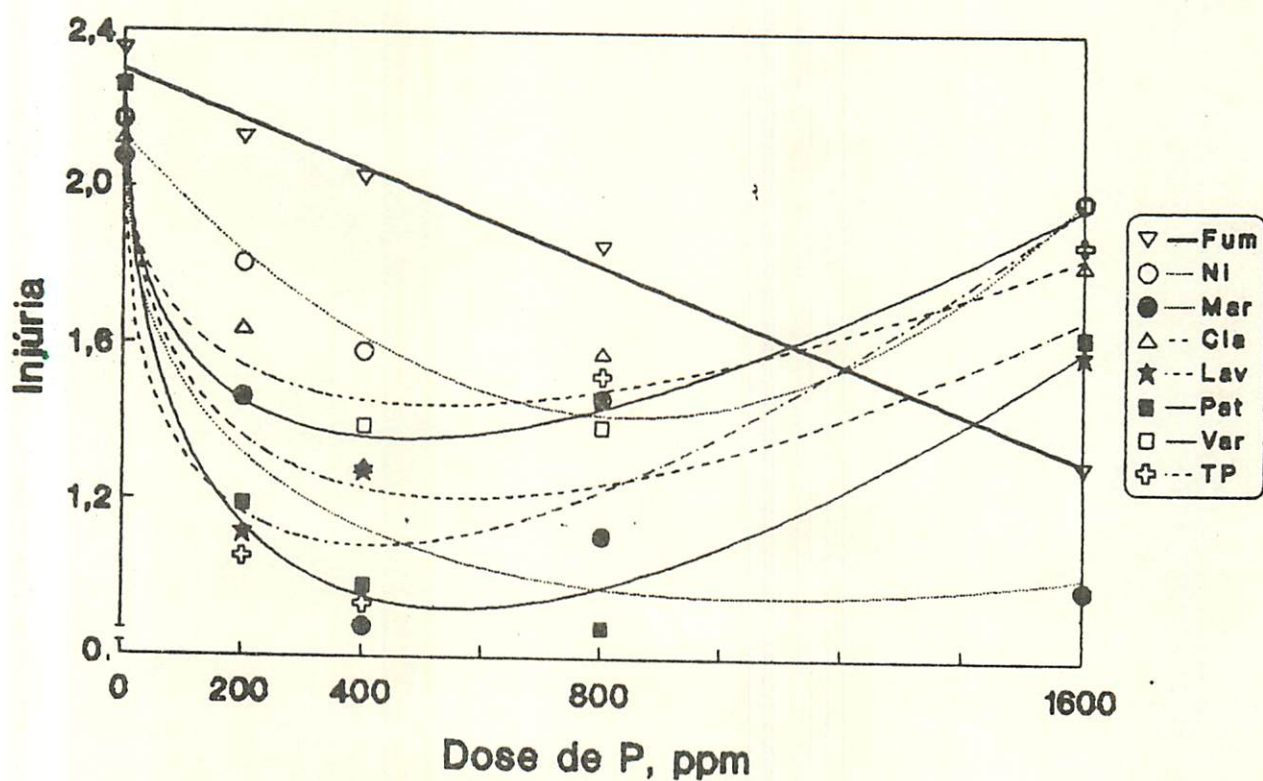


Figura 18. Nível de injúria de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes tratamentos de FAVA em função do P aplicado ao solo. As equações e os coeficientes de determinação encontram-se no quadro A-6.

$$\text{Injúria} = 2,02 \cdot 10^{-2} (\text{Colonização}) + 1,40 (K) + 4,72 \cdot 10^{-2} (B) - 1,83 (Mg)$$

Esta equação é significativa ($P = 0,000$) pelo teste de F de Snedecor e todos seus coeficientes são significativos ($P \leq 0,03$) pelo teste de t de Student, e apresenta $R^2 = 0,82$, significando que estas variáveis (teores de K, Mg e B, e a colonização radicular) foram responsáveis por 82% da variação do comportamento da injúria, através de seus efeitos sobre o crescimento e nutrição das plantas, porém os mecanismos envolvidos nestes efeitos não puderam ser delineados.

A colonização radicular encontra-se na figura 19. Nos tratamentos TP, Lav e Pat-1 não foi conseguido o ajuste de regressão para os modelos estudados, sendo apresentadas apenas as médias observadas unidas por linhas. De maneira geral a colonização foi reduzida com o aumento de P disponível, efeito este, amplamente conhecido (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986; SCHUBERT & HAYMAN, 1986; KOIDE, 1991). No entanto, a colonização possuiu comportamento distinto entre os tratamentos de inoculação. Sem aplicação de P não houveram diferenças entre a colonização radicular dos diferentes tratamentos utilizados, porém nas primeiras doses de P, os tratamentos TP, Lav, Pat-1 e Var-1 mostraram uma redução acentuada da colonização radicular. Nas doses maiores, TP apresentou tendências à estabilização e Lav, Pat-1 e Var-1 reduziram ainda mais sua colonização radicular. Cla e os fungos indígenas presentes no solo (Ni) apresentaram colonização radicular maior que os demais tratamentos em doses intermediárias de P, porém suas colonizações

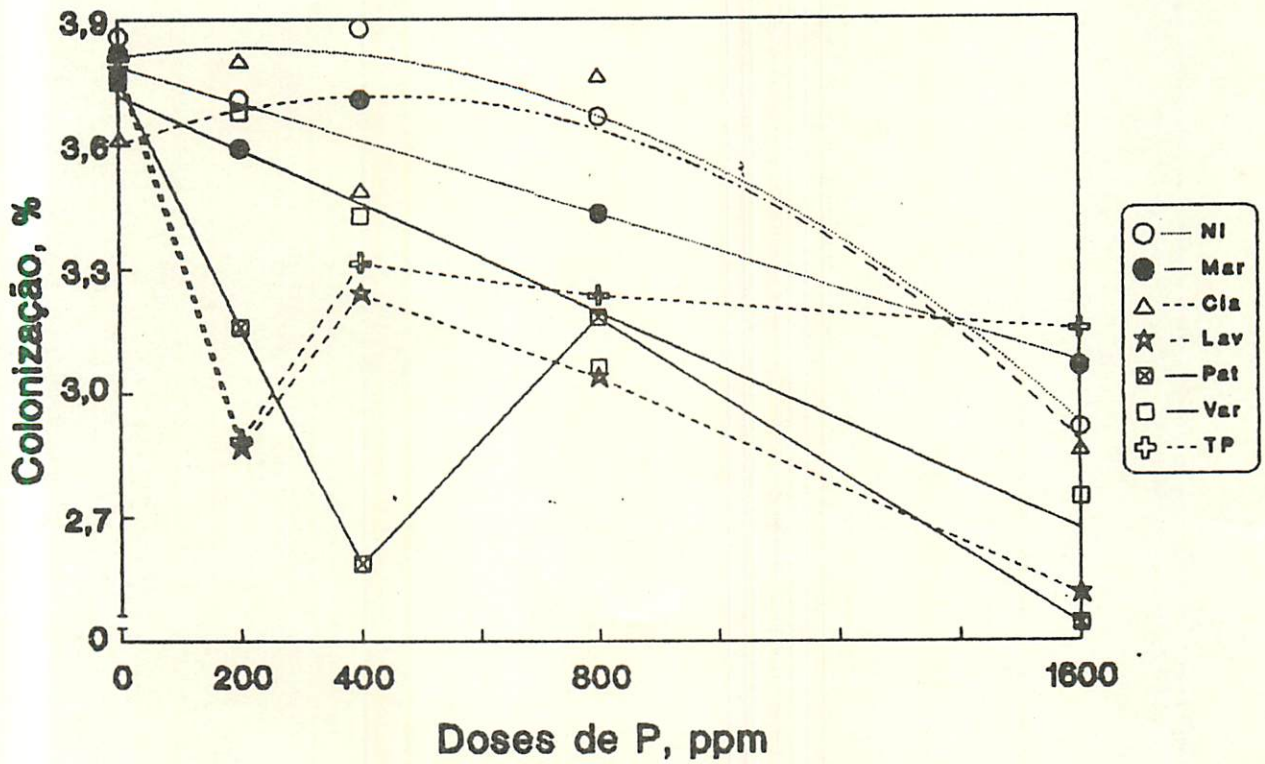


Figura 19. Colonização radicular $[\log(t+2,5)]$ de mudas de cafeeiros inoculadas com diferentes tratamentos de FAVA em função do P aplicado ao solo. As equações e os coeficientes de determinação dos tratamentos que apresentaram ajuste de regressão encontram-se no quadro A-6.

radiculares foram reduzidas a partir de 437 e 213 ppm de P aplicado (72 e 25 ppm de P disponível), respectivamente. Reduções de colonização de menor intensidade e constantes em função do P aplicado foram verificadas no tratamento Mar, sendo que isto pode ter auxiliado este tratamento a mostrar reduzida injúria (Figura 18), e uma boa produção de matéria seca na maior dose de P (Figura 15, Quadro A-5), fazendo com que causasse benefícios as plantas inoculadas em faixas mais amplas de P disponível (Quadro 12).

A esporulação dos fungos micorrízicos foi muito reduzida sendo que apenas a inoculação com TP na dose 0 e com Mar nas demais doses resultaram em uma esporulação significativa (Quadro A-7). A esporulação de *G. etunicatum* restringiu-se quase que totalmente a seus tratamentos de inoculação sendo que se conseguiu alguma esporulação significativa apenas nas menores doses de P. Esporos de *G. margarita* foram recuperados principalmente de seu tratamento de inoculação, porém verificaram-se sua presença nos demais tratamentos confirmando sua ocorrência natural no solo estudado.

Entre os diferentes tratamentos, a inoculação com Mar, Pat-1 e TP resultaram em efeitos benéficos nas doses intermediárias de P, mesmo em solo natural, mostrando que adaptaram-se bem ao solo estudado. *G. margarita*, mostrou ser bem adaptada a este solo, onde ocorre naturalmente, pois resistiu mais que os outros tratamentos aos estresses causados pela elevação acentuada de P disponível. Esta maior resistência, resultou em benefícios à planta hospedeira mesmo na maior dose de

P no solo, através da manutenção de uma produção de matéria seca comparável às plantas sem micorrizas, obtenção de teores de P mais elevados nos tecidos e menor injúria. Isto salienta que a inoculação de espécies efetivas para o cafeeiro, isoladas do local onde se pretende explorar a lavoura, é prática viável por trazer benefícios à cultura. Este estudo evidencia também que, a inoculação de espécies ou isolados efetivos, adaptados ao solo, podem trazer benefícios para a planta hospedeira, mesmo em solos que apresentem infectividade natural. Porém quando se inocula fungos efetivos para a cultura, como é o caso de *G. clarum* em cafeeiro (ZAMBOLIM, 1983; COLOZZI-FILHO *et al.*, 1985), porém não adaptados às condições edáficas ou não competitivos com a microbiota nativa, os benefícios são muito reduzidos, não se diferenciando dos benefícios causados pelos próprios FMVA indígenas.

CONCLUSÕES

Os isolados de *G. etunicatum* apresentaram efetividade distintas, porém inferiores a *G. margarita*. *G. etunicatum* de Patrocínio, mesma região onde foi coletado o solo empregado neste estudo, mostrou os maiores benefícios micorrízicos e faixas de mutualismo mais amplas.

G. margarita é bem adaptada ao solo utilizado, onde ocorre naturalmente, resistindo mais que os outros tratamentos à aplicação de P, e trazendo benefícios micorrízicos ao cafeeiro mesmo com altos teores de P disponível.

A colonização radicular diferiu entre os fungos avaliados, sendo que *G. etunicatum* de TP, Lav, Pat-1 e Var-1 mostraram-se mais sensíveis ao teor de P no solo do que Mar, Cla e fungos indígenas (Ni).

A dependência micorrízica de mudas de cafeeiro é aumentada durante o tempo de crescimento, e reduzida com a adição de P.

A efetividade simbiótica de cada espécie de fungo micorrízico estudada é diretamente proporcional a sua faixa de mutualismo.

Os teores de nutrientes foram influenciados pela interação fósforo x micorriza, sendo os teores de P e Mn os mais afetados.

As doses aplicadas de P afetaram o nível de injúria das plantas, cuja variação foi explicada em 82% por variações na colonização radicular e nos teores de K, B e Mg, embora os mecanismos envolvidos neste efeito não puderam ser delineados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estes estudos evidenciam diferenças em efetividade e adaptação a solos dos diferentes isolados de *G. etunicatum*, salientando a importância de em programas de inoculação, haver a seleção de espécies e/ou isolados efetivos e competitivos nas condições ambientais em que se pretende explorar a simbiose. Na fase de formação de mudas verificaram-se que os diferentes isolados testados não diferiram significativamente entre si em substrato composto de Latossolo Roxo e esterco de curral, com 31 ppm de P disponível. Porém quando transplantaram-se estas mudas para vasos contendo material de um Latossolo Roxo com baixo teor de P disponível (6 ppm), verificaram-se que os isolados oriundos da Região de Patrocínio (Pat-1 e Pat-2) não colonizaram bem as raízes, contribuindo para uma redução nos teores foliares de P. Quando estas mesmas mudas foram transplantadas para o campo, em Patrocínio, verificaram-se que os cafeeiros pré-colonizados com Pat-1 se destacavam em produtividade com uma adubação fosfatada de 80 g de P_2O_5 /cova. O mesmo foi verificado em condições de casa de vegetação, quando inocularam-se Pat-1 em plântulas de cafeeiros, em Latossolo Vermelho-Amarelo oriundo de Patrocínio. Pat-1 destacou-se entre os demais isolados de *G. etunicatum*, só não sendo melhor que *G. margarita*, que também se apresentava em ocorrência natural no solo estudado. Estes experimentos destacam a importância da relação fungo/solo/cafeeiro na utilização das micorrizas nesta cultura.

Estudos como estes devem ser intensificados, para o

conhecimento de espécies e isolados de FMVA efetivos/competitivos para várias combinações hospedeiro/ambiente. Pois só assim se conseguirá prever o potencial de inoculação artificial de cada local/cultura, ou mesmo de manipulação das próprias populações de fungos indígenas, quando efetivas, por estimulação de sua infectividade através de práticas de manejo do solo, ou de aplicações de compostos capazes de estimular os FMVA (NAIR *et al.*, 1991; SIQUEIRA *et al.*, 1991b).

A possibilidade de se prever este potencial de inoculação a partir de parâmetros inerentes ao solo de cada local, deve ser estudada mais profundamente, pois isto representaria um grande passo para a utilização em larga escala dos fungos micorrízicos. A utilização destes fungos representaria, grandes benefícios às culturas, particularmente em solos de baixa fertilidade e em agricultura de pouca aplicação de insumos, como é o caso da maior parte das áreas cultivadas no Brasil, e além disto, estes fungos podem ajudar a manter a sustentabilidade da produtividade agrícola destas áreas.

RESUMO

Avaliaram-se os efeitos da inoculação de cafeeiros com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMVA) e suas interações com adubação fosfatada no crescimento, nutrição e produção do cafeeiro, e na relação FMVA x cafeeiro. O estudo constou de três experimentos distintos sendo: a) efeitos da inoculação na formação de mudas e crescimento pós-transplante em vasos em casa de vegetação; b) crescimento e produção pós-transplante para o campo, sob influência de doses de superfosfato e c) efetividade simbiótica de diferentes FMVA para mudas de cafeeiro em solo com níveis crescentes de fósforo. No estudo de formação de mudas, inocularam-se plântulas de cafeeiro "Mundo Novo" com FMVA, sendo: 8 isolados geográficos de *Glomus etunicatum*, oriundos de Três Pontas (TP), São Sebastião do Paraíso (Par-1 e Par-2), Varginha (Var-1 e Var-2), Lavras (Lav) e Patrocínio (Pat-1 e Pat-2); mistura de todos os isolados de *G. etunicatum* (Me) e mistura de *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*. Como testemunhas utilizaram-se mudas não inoculadas (Ni) e Ni mais fósforo recomendado (Ni+P). Com excessão desta última, todas as mudas foram formadas em substrato contendo 1/3 da adubação recomendada (0,15 m³ de esterco de curral, 1,67 kg de superfosfato simples e 0,17 kg de cloreto de potássio/m³ de substrato) As mudas foram mantidas por 4 meses em casa de vegetação, quando separaram-se aleatoriamente 5 mudas de cada tratamento para avaliação do crescimento, nutrição e micorrização. Quatro mudas de cada tratamento foram transplantadas para vasos contendo Latossolo Roxo com 6 ppm de P disponível, sendo estas mantidas em casa de vegetação por 3 meses quando foram avaliadas como anteriormente. No estudo à campo, mudas dos tratamentos Ni, Ni+P, CM, TP, Par-1, Var-1 e Lav, descritos no experimento anterior, foram transplantadas para um Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade natural e adubadas com 0, 20, 40, 80 e 160 g de P₂O₅/cova na forma de superfosfato triplo (ST). Este experimento foi conduzido em blocos inteiramente casualizados com 4 repetições, e 4 mudas úteis/parcela. Para estudar a efetividade da simbiose FMVA x cafeeiro utilizou-se, em casa de vegetação, solo coletado em área adjacente ao

experimento de campo, o qual foi utilizado sem fumigação e as plântulas inoculadas com *G. margarita* (Mar), *G. clarum* (Cla) e 4 isolados de *G. etunicatum* (TP, Pat-1, Var-1 e Lav). O experimento constou ainda de um tratamento não inoculado (Ni) no solo contendo fungos indígenas, e outro com solo fumigado (Fum) e sem inoculação. Todos esses tratamentos foram combinados com as doses 0, 200, 400, 800, 1600 ppm de P na forma de ST, em esquema fatorial (8x5) com 5 repetições. Na fase de formação de mudas e após o transplante, verificaram-se que os isolados de *G. etunicatum* apresentaram efetividade similar a mistura CM. Mudas Ni+P mostraram desenvolvimento semelhante a aquelas inoculadas na fase de mudas, porém tiveram desenvolvimento menor após transplantadas para vasos contendo solo deficiente em P. No experimento de campo verificaram-se diferenças na efetividade dos isolados de *G. etunicatum*. Na dose 80g P₂O₅/cova, os isolados Pat-1, Par-1 e Var-1 apresentaram a produção de grãos maior que a testemunha Ni e atingiram em torno de 80% da produção máxima obtida. A colonização radicular dos cafeeiros aos 23 meses após o transplante para o campo foi aumentada na menor dose de P₂O₅, porém reduzida nas doses mais elevadas. Verificaram-se diferenças na efetividade entre os FMVA no experimento com solo do campo com diferentes doses de ST em condições de casa de vegetação. O isolado de *G. etunicatum* Pat-1 oriundo da mesma região do solo utilizado e *G. margarita*, também em ocorrência natural neste solo, mostraram-se mais tolerantes aos níveis de P no solo, mantendo-se simbiose mutualística em faixas mais amplas de P disponível e promoveram maiores benefícios para o cafeeiro. Concluiu-se que a inoculação das mudas beneficia o desenvolvimento e a produção inicial do cafeeiro, porém a magnitude destes efeitos depende da disponibilidade de P no solo. Os isolados de *G. etunicatum* apresentam diferenças quanto sua efetividade simbiótica, sendo esta relacionada com a faixa de P disponível em que mantém simbiose mutualística com o cafeeiro. Embora preliminares, os resultados indicam que a micorrização das mudas de aumenta a eficiência de uso do fertilizante fosfatado pelo cafeeiro em solos de baixa fertilidade.

SUMMARY

Effects of VAM fungi and phosphate application on growth, nutrition and yield of coffee tree (*Coffea arabica* L.)

The effects of inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi on coffee tree seedlings and fungal interaction with soil phosphorus levels on growth, yield and VAM symbiotic effectiveness were studied. Three different studies were conducted as follow: a) seedling growth at nursery stage and after transplant under greenhouse conditions; b) outplant growth and bean yield in the field, and c) VAM fungal symbiotic effectiveness as affected by soil phosphorus amendment. At nursery stage, pre-germinated seeds were inoculated with 10 different VAM fungal treatments being eight geographic isolates of *Glomus etunicatum* (designated as Par-1, Par-2, Var-1, Var-2, Pat-1, Pat-2, Lav e TP), a mixture of all isolates of *G. etunicatum* (Me) and a mixture of single isolates of *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* (CM). As control there were non-inoculated (Ni) seedlings and Ni fertilized recommended phosphorus (Ni+P). All the inoculated seedlings received 1/3 of the recommended P (1,67 kg of simple superphosphate/m³) mixed with the nursery substrate. After 4 months of growth, five seedlings were randomly selected from each treatment and used for assessment of growth, nutrition and mycorrhizal development. Additional four seedlings per treatment were transplanted to pots filled with a low-P (6 ppm - Mehlich I) Oxisol and allowed to growth for another three months, when they were evaluated as before. For field experiment, seedlings from selected treatments, in a total of seven, were raised as before and transplanted to a low-fertility Oxisol fertilized amended with triple superphosphate at rates of 0, 20, 40, 80 and 160g de P₂O₅ per seedling. This experiment was set up in randomized block design with four

replications and four treated-seedlings per plot. The symbiotic effectiveness were studied on an experiment conducted in 5.5 kg pots filled with a field soil amended with increasing rates (0, 200, 400, 800 and 1600 ppm) of triple superphosphate. Pots were planted with one seedling and were inoculated separately with either *G. margarita*, *G. clarum* or isolates of *G. etunicatum* (TP, Pat-1, Var-1 and Lav), in addition, a non-inoculated field soil (Ni) and a non-inoculated fumigated soil (FUM) as controls, all with five replications. At nursery stage and after transplant to fumigated soil in the greenhouse, inoculation enhanced seedlings growth as compared to Ni controls. *G. etunicatum* isolates exhibited effectiveness similar to mixed inoculum CM. Non-inoculated fertilized seedlings did not differ from the inoculated ones after four months of growth, but they grew less when transplanted to low P-soil. Field outplanted seedlings inoculated with isolates of *G. etunicatum* exhibited improved initial growth as compared to Ni seedlings. Plants inoculated with isolates Pat-1, Par-1 and Var-1 gave higher bean yield in the first harvest than Ni plants with 80g P₂O₅/plant. No significant effects were found for other treatments in the first harvest. Root colonization after 23 months of transplant to the field was favoured by application of 20g P₂O₅/plant, but decreased at higher levels. Greenhouse experiment using field soil indicates differences among VAM fungi. *G. etunicatum* Pat-1, originally isolated from the field experimental site and *G. margarita* showed tolerance and effectiveness to a wider range of soil P than the other fungi tested. The results showed that inoculation of seedlings enhanced initial growth and bean yield of coffee tree after transplant, these benefits, however, were dependent upon soil P availability. In addition to their benefit to seedling growth, inoculation with VAM fungi enhance efficiency of P fertilizer to coffee crop in low fertility soils.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Infectivity and effectiveness of five endomycorrhizal fungi: competition with indigenous fungi in field soils. Aust. J. Agric. Res., Melbourne, 32(4):621-30, Jul/Ago. 1981.
- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.A. Selection of "efficient" V.A. mycorrhizal fungi. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 6, Bend, 1984. Proceedings of the... Corvallis, Forest Research Laboratory, 1985. p.89-90.
- AMIJEE, F.; TINKER, P.B. & STRIBLEY, D.P. The development of endomycorrhizal root systems. VII. A detailed study of effects of soil phosphorus on colonization. New Phytol., Oxford, 11(3):435-46, Mar. 1989.
- ANTUNES, V.; SILVEIRA, A.P.D. & CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na obtenção de mudas de café (*Coffea arabica* L.), em diferentes solos. In: REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1, Lavras, 1985. Anais... Lavras, FAKPE, 1986. p.143.
- ARINES, J.; VILARINO, A. & SAINZ, M. Effects of diferent inocula of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on manganese content and concentration in red clover (*Trifolium pratense* L.) New Phytol., Oxford, 112(2):215-19, Jun. 1989.
- BALOTA, E.L. Flutuação sazonal de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no cafeeiro (Coffea arabica L.). Piracicaba, ESALQ, 1989. 145p. (Tese de MS).
- BECKER, W.N. & GERDEMANN, J.W. *Glomus etunicatus* sp. nov. Mycotaxon, 6:29-32, 1977.
- BETHLENFALVAY, G.J.; BAYNE, H.G. & PACOVSKY, R.S. Parasitic and mutualistic association between a mycorrhizal fungus and soybean: The effect of phosphorus on host plant-endophyte interactions. Physiol Plant., Copenhagen, 57(4):543-48, Apr. 1983.
- BETHLENFALVAY, G.J.; FRANSON, R.L.; BROWN, M.S. & MIHARA, K.L. The *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis. IX. Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geografic isolates of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Physiol. Plant., Copenhagen, 76(2):226-32, Jun. 1989.
- BOENER, R.E.J. Role of mycorrhizal fungus origin in growth and nutrient uptake by *Geranium robertianum*. Amer. J. Bot., Columbus, 77(4):483-89, Apr. 1990.

- BOLAN, N.S.; ROBSON, A.D. & BARROW, N.J. Increasing phosphorus supply can increase the infection of plant roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Biol. Biochem., Oxford, 16(4):419-20, 1984.
- BRAUNBERGER, P.G.; MILLER, M.,H. & PETERSON, R.L. Effects of phosphorus nutrition on morphological characteristics of vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of maize. New Phytol., Oxford, 119(1):107-13, Sep. 1991.
- CALDEIRA, S.F.; CHAVES, G.M. & ZAMBOLIM, L. Associação de micorriza vesicular-arbuscular em café, limão rosa e capim-gordura. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 18(3):223-28, mar. 1983.
- CARDOSO, E.J.B.N. Ocorrência de micorrizas em café. Summa phytopathologica, Campinas, 4(2-4):136-7, abr./dez. 1978.
- CARVALHO, M.M. Formação de mudas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 4(44):14-18, ago. 1978.
- CLEMENTE, C.M. Nutrição mineral e crescimento de mudas de cafeeiro sob influência de *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), matéria orgânica e fósforo. Lavras, ESAL, 1988. 145p. (tese MS).
- COLOZZI-FILHO, A. & SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. efeitos de *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10(3):199-205, set./dez. 1986.
- COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN Jr., O.J.; GUIMARAES, P.T.G. & OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos endomicorrízicos na formação de mudas, crescimento pós-transplante e produção do cafeeiro. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 1991. (Submetido à publicação).
- COLOZZI-FILHO, A.; SOUZA, P.; OLIVEIRA, E. & CARVALHO, M.M. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro "Catuaí" micorizadas. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 10(2):235, jun. 1985. (Resumo).
- COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal associations, In: POWELL, C.L. & BAGYARAJ, D.J. eds. VA Mycorrhizal Boca Raton, CRC press, 1984. p.155-86.
- DAVIS, E.A.; YOUNG, J.L. & LINDERMAN, R.G. Soil lime level (pH) and VA-mycorrhiza effects on growth responses of sweetgum seedlings. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 47(2):251-56, Mar/Apr. 1983.
- DAVIS, E.A.; YOUNG, J.L. & ROSE, S.C. Detection of high-phosphorus tolerant VAM fungi colonizing hops and peppermint. Plant and Soil, The Hague, 81(1):29-36, 1984.

- FELDMANN, F.; JUNQUEIRA, N.T.V. & LIEBEREI, R. Utilization of VA-mycorrhiza as a factor in integrate plant protection. Agric. Ecosystems Environ., Amsterdam, 29:131-35, 1989.
- FERNANDES, A.B. & SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbuscular em cafeeiros da região sul do Estado de Minas Gerais. Pesq. Agropec. bras., Brasília 24(12):1489-98, dez. 1989.
- FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O.; MENEZES, M.A.L. & GUEDES, G.A.A. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 11(2):101-08, mai/ago. 1987.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S. & AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). R. bras. Ci. solo, Campinas, 4(1):5-8, jan./abr. 1980.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc., London, 46:235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M. Le micorrize come agenti di lotta biologica contro i patogeni delle piante agrarie. Informe Fitopatológico, Bologna, 10:17-20, 1990.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytol., Oxford, 84(3):484-500, Mar. 1980.
- GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G. & DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros "Mundo Novo" e "Catuaí". Ciênc. e Prát., Lavras, 1(2):118-23, jul./dez. 1977.
- GRAHAM, J.H.; LINDERMAN, R.G. & MENGE, J.A. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal Glomus spp in relation to root colonization and growth of Troyer citrange. New Phytol., Oxford, 91(2):183-89, Jun. 1982.
- GUIMARAES, P.T.G. Resposta do cafeeiro (Coffea arabica L.) Cv. "Catuaí" à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do sul de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ, 1986. 140p. (Tese DR).
- GUIMARAES, P.T.G. & LOPES, A.S. Solos para cafeeiro: características propriedades e manejo. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. & YAMADA, T. eds. Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1986. p.115-61.
- GUIMARAES, P.T.G. & PONTE, A.M. Adubação do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 4(44):20-36, ago. 1978.

- HAAS, J.H. & KRIKUN, J. Efficacy of endomycorrhizal fungus isolates and inoculum quantities required for growth response. New Phytol., Oxford, 100(4):613-22, Ago. 1985.
- HETRICK, B.A.D.; HETRICK, J.A. & BLOOM, J. Interaction of mycorrhizal infection, phosphorus level, and moisture stress in growth of field corn. Can. J. Bot., Ottawa, 62(11):2267-71, Nov. 1984.
- HETRICK, B.A.D.; KITT, D.G. & WILSON, G.T. The influence of phosphorus fertilization, drought, fungal species, and non sterile soil on mycorrhizal growth response in tall grass prairie plants. Can. J. Bot., Ottawa, 64(6):1199-203, Jun. 1986.
- HOAGLAND, O.R. & ARNON, O.I. The water-culture method for growing plants without soil. California, Agric. Exp. ST., 1950, 32p. (Circular 37).
- HOWLER, R.H.; SIEVERDING, E. & SAIF, S. Practical aspects of mycorrhizal tecnology in some tropical crops and pastures. Plant and Soil, The Hague, 100(1-3):249-83, Jul. 1987.
- HUNTER, A.H. Laboratory analysis of vegetal tissues samples. Raleigh, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, N.C.S.U., 1975, 5p.
- KITT, D.G.; HETRICK, B.A.D. & WILSON, G.T. Sporulation of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nonsterile soil. Mycologia, New York, 79(6):896-99, Nov./Dec. 1987.
- KITT, D.G.; HETRICK, B.A.D. & WILSON, G.T. Relationship of soil fertility to supression of growth response of mycorrhizal big bluestem in non-sterile soil. New Phytol., Oxford, 109(4):473-481, Ago. 1988.
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. New Phytol., Oxford, 117(3):365-86, Mar. 1991.
- KORMANIK, P.P. & MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N.C. ed. Methods and Principles of mycorrhizal Research, St. Paul, American Phytopathological Society, 1982. p.37-46.
- KOTHARI, S.K.; MARSCHNER, H. & ROMHELD, V. Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere micro-organisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentration in maize (*Zea mays* L.) New Phytol., Oxford, 117(4):649-55, Apr. 1991.

- LOPES, E.S.; BALOTA, E.L. & GONÇALVES, W. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mudas de café (*Coffea canephora*) Cv. "IAC Apoata". In: REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 3, Piracicaba, 1989. Programas e Resumos... Piracicaba, CENA/ESALQ, 1989. p.67.
- LOPES, E.S.; DIAS, R. & COSTA, A.M. Problemas no desenvolvimento e na colonização micorrízica natural de mudas de café em viveiro. In: REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1, Lavras, 1985. Anais... Lavras, FAEPE, 1986. p.156.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R. & SCHENCK, N.C. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brazil. Turrialba, San José, 33(4):417-22, Oct./Dec. 1983a.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L. & MORAES, F.R.P. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbuscular Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 7(2):137-41, mai./ago. 1983b.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O. & ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7(1):1-19, jan./abr. 1983c.
- LOPES, E.S.; TOLEDO, S.V.; HIROCE, R.; DIAS, R. & OLIVEIRA, E. Efeito do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* no desenvolvimento e aproveitamento do fósforo e do zinco em mudas de cafeeiro "Mundo Novo" em casa de vegetação. In: CONGRESSO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. Anais... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983d. p.121-2.
- LOPES, E.S.; TOLEDO, S.V.; WUTKE, A.C.P.; CERVELLINI, G.S.; HIROCE, R. & DIAS, R. Efeitos do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* no desenvolvimento de mudas de cafeeiro cv. "Mundo Novo" em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. Anais... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983e. p122-3.
- LOUIS, I. & LIM, G. Differential response in growth and mycorrhizal colonization of soybean to inoculation with two isolates of *Glomus clarum* in soils of different P availability. Plant and Soil, The Hague, 112(1):37-43, 1988.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. & YAMADA, T. eds. Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1986. p.165-274.
- MALAVOLTA, E. VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações, Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.

- MARCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils In: WRIGHT, R.J. *et al.*, eds. Plant-soil interactions at low pH. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1991. p.683-702.
- MENGE, J.A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. Can. J. Bot., Ottawa, 61(3):1015-24, Mar. 1983.
- MENGE, J.A.; LEMBRIGHT, H. & JOHNSON, E.L.V. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. Proc. Int. Soc. Citriculture, California, 1:129-32, Dec. 1977.
- MORAES, F.R.P.; CERVELINI, G.S. & LAZZARINI, W. Adubação química com N, P, K, B e Zn em cafeeiros plantados em Latossolo Vermelho-Amarelo Orto da região de Campinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1974. p.281-2.
- MORTON, J.B. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature, and identification. Mycotaxon, 32:267-324, Jul./Sep. 1988.
- MORTON, J.B. & BENNY, G.L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, with an emendations of Glomaceae. Mycotaxon, 37:471-491, Apr./Jun. 1990.
- NAIR, M.G.; SAFIR, G.R. & SIQUEIRA, J.O. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza stimulatory compounds from clover (*Trifolium repens*) roots. App. Environ. Microbiol., Baltimore, 57:434-439, 1991.
- NELSEN, C.E. The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems. In: SAFIR, G.R. ed. Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. Boca Raton, CRC press, 1987. p.71-91
- OLIVEIRA, E.; SIQUEIRA, J.O.; LIMA, R.D.; COLOZZI-FILHO, A. & SOUZA, P. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em cafeeiro das regiões do Alto Paranaíba e Triângulo no estado de Minas Gerais. Hoehnea, São Paulo, 17(2):117-125, 1990.
- PACOVSKY, R.S. Micronutrient uptake and distribution in mycorrhizal or phosphorus fertilized soybeans. Plant and Soil, The Hague, 95(3):379-88, Oct. 1986.
- PAIRUNAM, A.K.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L.K. The effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizal in increasing growth and phosphorus uptake of subterranean clover from phosphorus sources of different solubilities. New Phytol., Oxford, 84(2):327-38, Feb. 1980.

- PAULA, M.A. & SIQUEIRA, J.O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja: II. crescimento, nutrição e relação água-planta. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 11(3)289-93, set./dez. 1987.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, L.H. & OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica relativa em soja de populações de fungos endomicorrízicos nativos e de isolados de Glomus macrocarpum e Gigaspora margarita. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 12(1):25-31, jan./abr. 1988.
- SAGGIN Jr., O.J.; SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. & OLIVEIRA, E. A infestação do solo com fungos micorrízicos no crescimento pós-transplante de mudas de cafeeiro não micorrizadas. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 16(1)39-46, jan./abr. 1992. (no prelo).
- SAME, B.I.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L.K. Phosphorus, soluble carbohydrates and endomycorrhizal infection. Soil Biol. Biochem., Oxford, 15(5):593-97, Set./Oct. 1983.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ-USP, 1974. 56p.
- SCHENCK, N.C.; SIQUEIRA, J.O. & OLIVEIRA, E. Changes in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems In: VANCURA, V. & KUNC, F. eds. Interrelationships Between Microorganisms and Plant in Soil Prague, ELSEVIER, 1989. p.125-29.
- SCHUBEPT, A. & HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XVI. effectiveness of different endophytes at different levels os soil phosphate New Phytol., Oxford, 103(1):79-90, Mai. 1986.
- SIQUEIRA, J.O. & COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 10(3):207-11, set./dez. 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; FARIA, F.H.S. & OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares para o algodoeiro. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10(3):213-18, set./dez. 1986a.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; GUIMARAES, P.T.G. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na formação e comportamento pós-transplante de mudas de cafeeiro. In: REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 2, São Paulo, 1987. Programas e Resumos... São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente e da Agricultura/USP, 1987a. p.15-6.

- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. & OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular arbusculares em agro e ecossistemas naturais do Estado de Minas Gerais. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 24(12):1499-506, dez. 1989.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E.; FERNANDES, A.B. & FLORENCE, M.L. Micorrizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro produzidas no sul do estado de Minas Gerais. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 22(1):31-8, jan. 1987b.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. & SAGGIN Jr., O.J. Efeitos da inoculação de plântulas de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita*. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 1991a. (Submetido à publicação).
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; SAGGIN Jr., O.J.; GUIMARAES, P.T.G. & OLIVEIRA, E. Crescimento de mudas e produção do cafeeiro sob influência da inoculação com fungos micorrízicos e aplicação de superfosfato. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 1992. (submetido à publicação).
- SIQUEIRA, J.O.; FERNANDES, A.B.; OLIVEIRA, E.; COLOZZI-FILHO, A. & FLORENCE, M.L.D. Influência de cultivar e adubação fosfatada de plantio sobre a ocorrência de micorrizas vesículo-arbusculares em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Ciênc. e Prát., Lavras, 10(3):325-35, set./dez. 1986b.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo Fundamentos e perspectivas. Brasília, MEC/ABEAS; Lavras, ESAL/FAEPE, 1988. 236p.
- SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H. & VALLE, R.R. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 19(12):1465-74, dez. 1984.
- SIQUEIRA, J.O.; MAHMUD, A.W. & HUBBELL, D.H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10(1):11-6, jan./abr. 1986c.
- SIQUEIRA, J.O.; ROCHA Jr., W.F.; OLIVEIRA, E. & COLOZZI-FILHO, A. The relationship between vesicular-arbuscular mycorrhiza and lime: Associated effects on the growth and nutrition of brachiaria grass (*Brachiaria decumbens*). Biol. Fert. Soils, Heidelberg, 10:65-71, 1990.
- SIQUEIRA, J.O.; SAFIR, G.R. & NAIR, M.G. VA-mycorrhizae and mycorrhiza stimulating isoflavonoid compound reduce plant herbicide injury. Plant and Soil, The Hague, 134(2):233-42, Jul. 1991b

- SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN Jr., O.J.; COLOZZI-FILHO, A. & OLIVEIRA, E. Influencia do substrato e da micorrização das mudas no crescimento pós-transplante do cafeeiro em substrato infestado ou não com propágulos de fungos endomicorrízicos. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 1991c (Submetido à publicação)
- SMITH, S.E. & GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., Palo Alto, 39:221-44, 1988.
- SOUZA, S.P. & CAIXETA, J.V.M. Resposta do cafeeiro "Mundo Novo" à aplicação de nitrogênio, fósforo e micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1974. p.276.
- SOUZA, C.A.S.; OLIVEIRA, E. & CARVALHO, M.M. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. "Catuaí") micorrizadas nas condições de viveiro comercial, em substrato com e sem matéria orgânica e diferentes doses de super-fosfato simples. Ciênc. e Prát., Lavras, 13(3):269-78, set./dez. 1989.
- STAHL, P.D. & SMITH, W.K. Effects of different geographic isolates of *Glomus* on the water relations of *Agropyrum smithii*. Mycologia, New York, 76(2):261-67, Mar./Apr. 1984.
- STRIBBLEY, D.P.; TINKER, P.B. & RAYNER, J.H. Relation of internal phosphorus concentration and weight in plant infected by vesicular-arbuscular mycorrhizas New Phytol., Oxford, 86(2):261-66, Oct. 1980.
- SYLVIA, D.M. & SCHENCK, N.C. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus-tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol., Oxford, 95(4):655-661, Dec. 1983.
- TABATABAT, M.A. & BREMNER, J.M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. Agronomy. J. Madison, 62(6):805-06, Nov./Dec. 1970.
- THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L.K. Effects of phosphorus on the formation of mycorrhizas by *Gigaspora calospora* and *Glomus fasciculatum* in relation to root carbohydrates New Phytol., Oxford, 103(4):761-65, Aug. 1986
- THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L.K. Soil mediated effects of phosphorus supply on the formation of mycorrhizas by *Scutellispora calospora* (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders on subterranean clover. New Phytol., Oxford, 118(3):463-69, Jul. 1991.

- WANG, G.M.; STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B. & WALKER, C. Soil pH and vesicular-arbuscular mycorrhizas. In: FITTER, A.H.; ATKINSON, D.; READ, D.J. & BUSER, M. eds. Ecological interactions in soil, Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1985. p.219-24.
- ZAMBOLIM, L. Fungos micorrízicos influenciam o crescimento de mudas de café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. Anais... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983. p.165-6.
- ZAMBOLIM, L.; NEVES, J.C.L.; COSTA, H. & MACABEU, A.J. Efeito de doses de fósforo no crescimento de mudas de café na presença e ausência de fungos micorrízicos. In: REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1, Lavras, 1986. Anais... Lavras, FAEPE, 1986. p.200.

Quadro A-1. Resumo das análises de variância das variáveis avaliadas em mudas cafeeiros pré-colonizadas com diferentes FMVA, transplantadas para o campo com diferentes doses de superfosfato triplo (ST).

Variável avaliada	época de avaliação (meses PT)	Quadrados médios			
		Fator A (FMVA)	Fator B (ST)	Interação AxB	Erro
Altura	8	467,89 ^{††}	93,53 [†]	39,25	37,20
Altura	19	387,15 ^{††}	2101,10 ^{††}	111,01	113,10
Altura	25	300,40	5510,52 ^{††}	141,97	146,10
Diâmetro da copa	8	106,28 ^{††}	89,57 ^{††}	18,13	15,94
Diâmetro da copa	19	747,16 ^{††}	4551,29 ^{††}	231,60	227,91
Diâmetro da copa	25	499,17 ^{††}	11275,51 ^{††}	227,06	180,86
Diâmetro do caule	8	17,30 ^{††}	10,59 ^{††}	2,64	2,16
Diâmetro do caule	19	53,17 ^{††}	522,53 ^{††}	15,51	15,75
Diâmetro do caule	25	18,68	1185,26 [†]	12,73	14,23
% Pl. sobreviventes	8	60,27	230,47	118,86	105,10
% Pl. sobreviventes	19	93,19	123,05	102,96	75,49
% Pl. sobreviventes	25	98,21	123,04	105,19	90,01
1ª produção de grãos	28	317472,61 ^{††}	6594144,48 ^{††}	236108,09 ^{††}	125276,74
Esporos totais	13	3,85	13,62 ^{††}	4,17	2,31
Esporos totais	18	11,70 [†]	3,71	4,27	3,15
Esporos totais	23	3,98 [†]	3,10	2,08	1,75
Esporos de <i>G. marqarita</i>	13	3,06	12,76 ^{††}	3,16	2,65
Esporos de <i>G. marqarita</i>	18	10,54 ^{††}	2,93	2,81	1,85
Esporos de <i>G. marqarita</i>	23	2,25 [†]	0,66	1,41	1,06
Esporos de <i>A. scrobiculata</i>	13	1,74	1,47	1,14	1,62
Esporos de <i>A. scrobiculata</i>	18	6,25 [†]	1,47	0,78	2,14
Esporos de <i>A. scrobiculata</i>	23	1,55	1,18	0,95	1,23
colonização radicular	23	0,11	0,21 [†]	0,09	0,08
Teor foliar de P	13	0,000282	0,01343 ^{††}	0,000322	0,000298
Teor foliar de P	23	0,00219 ^{††}	0,01039 ^{††}	0,000552 [†]	0,000298
Teor foliar de K	13	0,16	3,38 ^{††}	0,13	0,14
Teor foliar de K	23	0,26	3,88 ^{††}	0,21	0,17
Teor foliar de Ca	13	0,02	0,08 ^{††}	0,01	0,01
Teor foliar de Ca	23	0,11 ^{††}	0,42 ^{††}	0,03	0,03
Teor foliar de Mg	13	0,02 ^{††}	0,04 ^{††}	0,00272	0,00442
Teor foliar de Mg	23	0,09 ^{††}	0,79 ^{††}	0,06 [†]	0,04
Teor foliar de S	13	0,00109 [†]	0,00127 [†]	0,00664	0,000429
Teor foliar de S	23	0,00619 ^{††}	0,000987	0,00605	0,000571
Teor foliar de B	13	87,21	103,48	149,58	62,25
Teor foliar de B	23	1008,46 ^{††}	836,83 ^{††}	174,26	106,08
Teor foliar de Cu	13	283,07	1425,58 ^{††}	193,12	178,55
Teor foliar de Cu	23	116,88 ^{††}	442,03 ^{††}	32,26	24,13
Teor foliar de Zn	13	21,83	283,80 ^{††}	43,01	32,59
Teor foliar de Zn	23	44,19	23,58	18,90	22,56
Teor foliar de Mn	13	7128,39 ^{††}	5291,04	2919,90	2553,52
Teor foliar de Mn	23	10347,37	76931,77 ^{††}	11317,21	12721,06
Teor foliar de Fe	13	3546,70	9900,87	12877,99	11560,26
Teor foliar de Fe	23	17574,24 ^{††}	7758,69 [†]	3227,49	2984,40

Graus de liberdade: Fator A = 7; Fator B = 4; A x B = 28 e Erro = 117

†, †† = Significativo pelo teste de F de Snedecor à 5 e 1%, respectivamente

PT = pós-transplante para o campo

Quadro A-2. P disponível (ppm), pelo extrator Mehlich I e correlações lineares com P aplicado em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas em várias épocas após o transplante das mudas de cafeeiros pré-colonizadas com FMVA para campo em covas com diferentes doses de superfosfato triplo.

P aplicado (g P ₂ O ₅ /cova)	Tempo após o transplante, meses								
	2*	3*	4*	5*	6*	7*	13**	23**	
0	7,5	5,7	6,2	4,7	2,7	3,0	5,0	3,0	
20	77,0	35,5	48,7	13,0	27,3	37,0	135,0	98,0	
40	156,0	180,0	256,0	236,0	48,5	223,5	201,0	121,0	
80	324,0	225,0	411,0	271,5	196,0	151,5	414,0	231,0	
160	450,0	649,2	416,0	828,0	747,0	445,5	902,0	517,0	
r	0,98	0,98	0,86	0,98	0,97	0,93	0,99	0,99	
Probabilidade	0,001	0,001	0,042	0,002	0,003	0,012	0,000	0,000	
Coeficientes	a	33,14	-21,14	68,66	-39,52	-82,18	16,66	-1,45	7,25
	b	2,81	4,00	2,65	5,17	4,77	2,59	5,55	3,11

* = médias de 4 amostras

** = médias de 32 amostras

As probabilidades foram estimadas pelo teste de t de Student para o modelo $y = a + bx$

Quadro A-3. P disponível (ppm) pelo extrator Mehlich I e correlações lineares com diferentes doses de P aplicado, em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas nos vasos, em várias épocas após o transplante e inoculação das mudas cafeeiras com FMVA.

P aplicado (ppm/vaso)	Tempo após o transplante, dias						
	0*	30*	60*	90*	120*	170**	
0	1,5	2,5	1,0	2,5	2,0	2,0	
200	24,5	20,5	22,5	15,0	16,5	21,1	
400	74,0	57,0	53,0	46,0	38,5	47,9	
800	201,0	124,5	152,0	134,0	111,0	131,0	
1600	588,0	738,0	360,0	318,0	306,0	333,0	
r	0,98	0,94	0,89	0,99	0,99	0,99	
probabilidade	0,001	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	
coeficientes	a	-48,21	-89,68	-21,13	-19,94	-22,46	-20,49
	b	0,38	0,46	0,23	0,20	0,19	0,21

* = médias de 2 amostras

** = médias de 40 amostras

As probabilidades foram estimadas pelo teste de t de Student para o modelo $y = a + bx$

Quadro A-4. Resumo das análises de variância das variáveis avaliadas em cafeeiros inoculados com diferentes FMVA, em solo com diferentes doses de superfosfato triplo (ST), conduzidos em condições de casa de vegetação.

Variável avaliada	época de avaliação (dias PPI)	Quadrados médios			
		Fator A (FMVA)	Fator B (ST)	Interação AxB	Erro
Altura	30	7,24**	1,89	1,52*	1,05
Altura	60	16,30**	4,31**	2,13**	1,11
Altura	90	40,61**	42,87**	6,90**	1,82
Altura	120	85,09**	368,34**	33,36**	6,08
Altura	150	345,50**	1723,70**	104,11**	28,27
Diâmetro do caule	30	0,13**	0,03	0,02	0,02
Diâmetro do caule	60	0,04*	0,06*	0,02	0,02
Diâmetro do caule	90	0,16**	1,03**	0,04	0,02
Diâmetro do caule	120	1,78**	5,97**	0,32**	0,09
Diâmetro do caule	150	5,37**	22,57**	1,04*	0,22
Area foliar	30	78,69**	18,05	30,28**	14,41
Area foliar	60	2612**	1403**	377**	97
Area foliar	90	14048**	23130**	3724**	684
Area foliar	120	46212**	173092**	17138**	3144
Area foliar	150	147987**	794182**	55861**	14274
Injúria	90	0,78**	3,06**	0,23**	0,08
Injúria	120	0,96**	4,93**	0,30**	0,01
Injúria	150	1,10**	4,82**	0,34**	0,12
Peso fresco parte aérea	170	517,30**	2008,03**	157,58**	34,73
Peso fresco das raízes	170	273,42**	676,92**	61,63**	13,95
Peso fresco total	170	1538,40**	504,76**	401,46**	87,29
Peso seco parte aérea	170	49,89**	185,71**	13,83**	3,23
Peso seco raízes	170	5,66**	13,55**	1,29**	0,32
Peso seco total	170	88,74**	298,38**	22,83**	5,35
esporos totais	170	3,00**	0,32	0,52**	0,21
esporos de <i>G. etunicatum</i>	170	0,62**	0,19*	0,16**	0,08
esporos de <i>G. margarita</i>	170	4,09**	0,07	0,29**	0,07
colonização radicular	170	13,44**	3,81**	0,42**	0,09
Teor de N na parte aérea	170	2,56**	5,66**	4,12**	0,16
Teor de P na parte aérea	170	0,03**	0,07**	0,00376**	0,000537
Teor de K na parte aérea	170	0,69**	3,52**	1,36**	0,05
Teor de Ca na parte aérea	170	1,37**	1,64**	0,41**	0,04
Teor de Mg na parte aérea	170	0,97**	0,45**	0,07**	0,02
Teor de S na parte aérea	170	0,02**	0,01**	0,00246**	0,000479
Teor de B na parte aérea	170	239,44**	675,56**	244,96**	33,77
Teor de Cu na parte aérea	170	103,11**	46,67**	31,68**	7,86
Teor de Zn na parte aérea	170	90,73**	65,29**	23,06**	4,61
Teor de Mn na parte aérea	170	95397**	40353**	11476**	489
Teor de Fe na parte aérea	170	54329**	36629**	24740**	5177

Graus de liberdade: Fator A = 7; Fator B = 4; A x B = 28 e Erro = 160

*, ** = Significativo pelo teste de F de Snedecor à 5 e 1%, respectivamente

PPI = pós-plantio e inoculação

Quadro A-5. Médias e ajustes de regressão para produção de matéria seca em mudas de caféiro micorrizadas com diferentes FMYA em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).

Doses de P (ppa de P/vaso)	Tratamentos de inoculação								
	Fum	Ni	Mar	Cla	Lav	Pat-1	Var-1	TP	
----- Peso Seco da Parte Aérea, g -----									
0	0,2a	1,0a	1,2a	0,8a	0,8a	0,8a	1,0a	1,1a	
200	1,0 c	3,8 bc	6,3ab	2,8 c	6,8ab	7,8a	4,3 bc	7,8a	
400	2,0 d	4,3 cd	9,9a	4,6 cd	6,6abc	9,0a	5,3 bcd	8,3ab	
800	4,3 b	4,7 b	9,0a	4,3 b	6,1ab	7,4ab	5,4 b	5,6ab	
1600	8,4a	2,9 c	7,6ab	3,3 c	4,4 bc	5,3abc	2,3 c	3,4 c	
Regressão	L**	RQ**	RQ**	RQ**	RQ**	RQ**	RQ**	RQ**	
R ²	1,00	0,99	0,94	0,91	0,95	0,96	0,97	0,90	
Coeficientes	a	$9,97 \cdot 10^{-2}$	$9,27 \cdot 10^{-1}$	1,07	$6,45 \cdot 10^{-1}$	1,01	$9,80 \cdot 10^{-1}$	$8,33 \cdot 10^{-1}$	1,43
	b	$5,17 \cdot 10^{-3}$	$2,98 \cdot 10^{-1}$	$5,96 \cdot 10^{-1}$	$2,69 \cdot 10^{-1}$	$5,02 \cdot 10^{-1}$	$6,56 \cdot 10^{-1}$	$4,01 \cdot 10^{-1}$	$5,95 \cdot 10^{-1}$
	c	--	$-6,13 \cdot 10^{-3}$	$-1,08 \cdot 10^{-2}$	$-4,98 \cdot 10^{-3}$	$-1,05 \cdot 10^{-2}$	$-1,39 \cdot 10^{-2}$	$-8,96 \cdot 10^{-3}$	$-1,39 \cdot 10^{-2}$
----- Peso Seco das Raízes, g -----									
0	0,1a	0,3a	0,3a	0,3a	0,2a	0,2a	0,4a	0,3a	
200	0,2 c	0,8 c	2,0ab	0,7 c	2,2a	2,5a	1,0 bc	2,3a	
400	0,6 d	0,9 d	2,9a	1,4 bcd	2,0abc	2,8a	1,1 cd	2,2ab	
800	1,3 b	1,1 b	2,9a	1,0 b	1,4 b	1,9ab	1,2 b	1,1 b	
1600	1,9ab	1,1 b	2,3a	1,3ab	1,4ab	1,6ab	1,0 b	0,9 b	
Regressão	L**	ns	RQ**	RQ*	RQ**	RQ**	RQ*	RQ**	
R ²	0,96		0,98	0,79	0,77	0,87	0,99	0,75	
Coeficientes	a	$9,35 \cdot 10^{-2}$	$2,67 \cdot 10^{-1}$	$2,46 \cdot 10^{-1}$	$3,50 \cdot 10^{-1}$	$3,44 \cdot 10^{-1}$	$3,73 \cdot 10^{-1}$	$4,46 \cdot 10^{-1}$	
	b	$1,22 \cdot 10^{-3}$	$1,88 \cdot 10^{-1}$	$5,30 \cdot 10^{-2}$	$1,40 \cdot 10^{-1}$	$1,94 \cdot 10^{-1}$	$6,17 \cdot 10^{-2}$	$1,55 \cdot 10^{-1}$	
	c	--	$-3,39 \cdot 10^{-3}$	$-6,84 \cdot 10^{-4}$	$-2,97 \cdot 10^{-3}$	$-4,21 \cdot 10^{-3}$	$-1,17 \cdot 10^{-3}$	$-3,76 \cdot 10^{-3}$	

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

*, ** = Regressão significativa pelo teste de F de Snedecor à 5% e 1%, respectivamente.

ns = Ajuste de regressão não significativo.

L = Modelo linear, $y = a \pm bx$

RQ = Modelo raiz quadrada, $y = a \pm bx^{0,5} \pm cx$

Quadro A-6. Equações, coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância pelo teste de F de Snedecor ($^{\dagger}=5\%$, $^{\ddagger}=1\%$) das curvas apresentadas na forma de figuras.

Figura	Identificação	Equação	R^2
6	Colonização esporos	$y = 3,98 + 0,0336 x^{0,5} - 0,00764 x + 0,0003100 x^{1,5}$	0,96 [†]
		$y = 4,24 + 0,2796 x^{0,5} + 0,01250 x$	0,93 ^{††}
7a	Mic Ni	$y = 40,94 + 1,3461 x^{0,5} - 0,10158 x$	0,91 ^{††}
		$y = 33,74 + 0,3203 x - 0,00643 x^2 + 0,0000287 x^3$	0,85 ^{††}
7b	Mic Ni	$y = 71,38 + 4,5996 x^{0,5} - 0,25346 x$	0,99 ^{††}
		$y = 68,15 + 0,7254 x - 0,01013 x^2 + 0,0000403 x^3$	0,88 ^{††}
7c	Mic Ni	$y = 90,62 + 6,7992 x^{0,5} - 0,34883 x$	0,99 ^{††}
		$y = 87,18 + 1,2948 x - 0,01822 x^2 + 0,0000723 x^3$	0,99 ^{††}
8	Ni	$y = 0,07 + 0,0015 x - 7,81E-6 x^2$	0,94 ^{††}
	TP	$y = 0,09 + 0,0011 x - 4,61E-6 x^2$	0,98 ^{††}
	Par-1	$y = 0,09 + 0,0088 x^{0,5} - 0,00039 x$	0,96 ^{††}
	Pat-1	$y = 0,09 + 0,0053 x^{0,5} - 0,00012 x$	0,94 [†]
	Var-1	$y = 0,09 + 0,0011 x - 5,10E-6 x^2$	0,85 ^{††}
	Lav	$y = 0,08 + 0,0010 x - 4,66E-6 x^2$	0,99 ^{††}
11a	Fum	$y = 4,75 + 0,0072 x$	0,97 ^{††}
11b	Fum	$y = 34,89 + 0,0309 x$	0,92 ^{††}
	Mar	$y = 30,54 + 1,6447 x^{0,5} - 0,02295 x$	0,96 ^{††}
	Lav	$y = 22,09 + 0,0361 x - 1,86E-5 x^2$	0,93 [†]
	Pat-1	$y = 28,21 + 2,0801 x^{0,5} - 0,05179 x$	0,83 ^{††}
	11c	Fum	$y = 51,29 + 0,1017 x$
11d	Ni	$y = 48,40 + 0,1171 x - 6,54E-5 x^2$	0,96 ^{††}
	Mar	$y = 52,44 + 6,7232 x^{0,5} - 0,11850 x$	0,99 ^{††}
	Lav	$y = 30,64 + 5,6176 x^{0,5} - 0,11965 x$	0,97 ^{††}
	Pat-1	$y = 47,42 + 8,2647 x^{0,5} - 0,20092 x$	0,83 ^{††}
	Var-1	$y = 40,70 + 0,0997 x - 5,88E-5 x^2$	0,97 ^{††}
	TP	$y = 44,70 + 3,9038 x^{0,5} - 0,09555 x$	0,99 ^{††}
	Fum	$y = 64,48 + 0,2150 x$	0,98 ^{††}
	Ni	$y = 81,42 + 0,2642 x - 0,00015 x^2$	0,96 ^{††}
11e	Mar	$y = 92,58 + 16,8610 x^{0,5} - 0,30462 x$	0,97 ^{††}
	Cla	$y = 67,29 + 0,2847 x - 0,00015 x^2$	0,98 ^{††}
	Lav	$y = 60,74 + 15,1285 x^{0,5} - 0,33013 x$	0,93 ^{††}
	Pat-1	$y = 75,84 + 21,4672 x^{0,5} - 0,49440 x$	0,91 ^{††}
	Var-1	$y = 63,44 + 11,2421 x^{0,5} - 0,25653 x$	0,94 ^{††}
	TP	$y = 82,62 + 15,4692 x^{0,5} - 0,36293 x$	0,96 [†]
	Fum	$y = 55,59 + 0,3981 x$	0,99 ^{††}
	Ni	$y = 104,35 + 20,1948 x^{0,5} - 0,41078 x$	0,94 ^{††}
	Mar	$y = 137,70 + 34,2948 x^{0,5} - 0,60875 x$	0,96 ^{††}
	Cla	$y = 84,07 + 20,0370 x^{0,5} - 0,37611 x$	0,96 ^{††}
Lav	$y = 98,26 + 30,5672 x^{0,5} - 0,63328 x$	0,96 ^{††}	
Pat-1	$y = 102,50 + 39,9848 x^{0,5} - 0,84135 x$	0,97 ^{††}	
Var-1	$y = 97,52 + 25,7623 x^{0,5} - 0,57836 x$	0,98 ^{††}	
TP	$y = 143,15 + 36,2864 x^{0,5} - 0,84241 x$	0,94 ^{††}	

continuação...

Figura	Identificação	Equação	R ²
12a	Fum	$y = 8,54 + 0,0034 x$	0,87**
	Ni	$y = 6,95 + 0,0048 x - 2,72E-6 x^2$	0,96**
	Mar	$y = 7,91 + 0,2960 x^{0,5} - 0,00522 x$	0,97**
	Lav	$y = 6,19 + 0,0290 x^{0,5} - 0,00630 x$	0,79**
	Pat-1	$y = 7,15 + 0,3752 x^{0,5} - 0,00905 x$	0,79**
	TP	$y = 7,87 + 0,1571 x^{0,5} - 0,00412 x$	0,79**
12b	Fum	$y = 9,24 + 0,0081 x$	0,97**
	Ni	$y = 8,58 + 0,4320 x^{0,5} - 0,00933 x$	0,99**
	Mar	$y = 9,12 + 0,7666 x^{0,5} - 0,01367 x$	0,98**
	Cla	$y = 8,31 + 0,0116 x - 6,08E-6 x^2$	0,99**
	Lav	$y = 7,56 + 0,7360 x^{0,5} - 0,01605 x$	0,87**
	Pat-1	$y = 7,78 + 1,0969 x^{0,5} - 0,02552 x$	0,90**
	Var-1	$y = 8,42 + 0,5266 x^{0,5} - 0,01241 x$	0,90**
	TP	$y = 9,55 + 0,7292 x^{0,5} - 0,01758 x$	0,94**
12c	Fum	$y = 9,30 + 0,0124 x$	0,93**
	Ni	$y = 10,49 + 0,9678 x^{0,5} - 0,02086 x$	0,98**
	Mar	$y = 11,08 + 1,6269 x^{0,5} - 0,02946 x$	0,87**
	Cla	$y = 10,26 + 0,0295 x - 1,60E-5 x^2$	0,96**
	Lav	$y = 10,03 + 1,5456 x^{0,5} - 0,03391 x$	0,88**
	Pat-1	$y = 9,42 + 1,9810 x^{0,5} - 0,04313 x$	0,99**
	Var-1	$y = 10,04 + 1,3518 x^{0,5} - 0,03163 x$	0,97**
	TP	$y = 12,20 + 1,8514 x^{0,5} - 0,04454 x$	0,94**
14	Fuz	$y = 0,10 + 0,0052 x$	0,99**
	Ni	$y = 0,93 + 0,2979 x^{0,5} - 0,00613 x$	0,99**
	Mar	$y = 1,07 + 0,5960 x^{0,5} - 0,01081 x$	0,94**
	Cla	$y = 0,64 + 0,2687 x^{0,5} - 0,00498 x$	0,91**
	Lav	$y = 1,01 + 0,5016 x^{0,5} - 0,01055 x$	0,95**
	Pat-1	$y = 0,98 + 0,6562 x^{0,5} - 0,01391 x$	0,96**
	Var-1	$y = 0,83 + 0,4008 x^{0,5} - 0,00896 x$	0,97**
	TP	$y = 1,43 + 0,5946 x^{0,5} - 0,01395 x$	0,90**
17a	Fum	$y = 0,03 + 1,0E-4 x$	0,99**
	Ni	$y = 0,09 + 0,0021 x^{0,5} - 5,75E-6 x$	0,79**
	Mar	$y = 0,08 + 0,0129 x^{0,5} - 0,00022 x$	0,97**
	Lav	$y = 0,09 + 0,0046 x^{0,5} - 7,45E-5 x$	0,87**
	Pat-1	$y = 0,08 + 0,0049 x^{0,5} - 6,11E-5 x$	0,87**
	Var-1	$y = 0,07 + 0,0025 x^{0,5} - 1,45E-5 x$	0,99**
TP	$y = 0,06 + 0,0073 x^{0,5} - 0,00013 x$	0,82**	
17b	Fum	$y = 374,69 - 9,0528 x^{0,5} + 0,21231 x$	0,95**
	Ni	$y = 52,49 - 0,0525 x + 5,79E-5 x^2$	0,99**
	Mar	$y = 54,30 + 0,0230 x$	0,89**
	Cla	$y = 58,43 - 0,0324 x + 5,10E-5 x^2$	0,95**
	Lav	$y = 68,36 - 2,6526 x^{0,5} + 0,09665 x$	0,99**
	Pat-1	$y = 52,79 + 0,0212 x$	0,88**
	Var-1	$y = 69,73 - 3,9371 x^{0,5} + 0,13120 x$	0,99**
TP	$y = 48,77 + 0,0265 x$	0,83**	

continuação...

Figura	Identificação	Equação	R ²
18	Fun	$y = 2,30 - 6,2E-4 x$	0,99 ^{***}
	Ni	$y = 2,13 - 0,0016 x + 9,88E-7 x^2$	0,98 ^{***}
	Mar	$y = 2,08 - 0,0687 x^{0,5} + 0,00104 x$	0,89 ^{***}
	Cla	$y = 2,13 - 0,0598 x^{0,5} + 0,01309 x$	0,88 ^{***}
	Lav	$y = 2,18 - 0,0823 x^{0,5} + 0,00173 x$	0,83 ^{***}
	Pat-1	$y = 2,28 - 0,1152 x^{0,5} + 0,00245 x$	0,99 ^{***}
	Var-1	$y = 2,17 - 0,0756 x^{0,5} + 0,00175 x$	0,99 ^{***}
	TP	$y = 2,01 - 0,0918 x^{0,5} + 0,00226 x$	0,86 ^{***}
19	Ni	$y = 3,81 + 2,1E-4 x - 4,70E-7 x^2$	0,97 ^{***}
	Mar	$y = 3,79 - 4,5E-4 x$	0,93 ^{***}
	Cla	$y = 3,60 + 5,4E-4 x - 6,18E-7 x^2$	0,86 ^{***}
	Var-1	$y = 3,72 - 6,5E-4 x$	0,95 ^{***}

Quadro A-7. Médias para esporos extraídos em amostras de solo de rizosfera em mudas de cafeeiro micorrizadas com diferentes FHVAs em solo natural com diferentes doses aplicadas de P, após 170 dias de cultivo em casa de vegetação (média de 5 repetições).

Doses de P (ppm de P/vaso)	Tratamentos de inoculação							
	Fum	Ni	Mar	Cla	Lav	Pat-1	Var-1	TP
----- Total de Esporos, n ^o /50cm ³ -----								
0	0 b	0,6ab	0,7ab	0,9ab	0,6ab	0 b	0,8ab	3,1a
200	0 b	0,7ab	2,6a	0,5ab	1,2ab	0,9ab	0,3 b	1,5ab
400	0 c	0,9 bc	6,6a	1,2 bc	2,8 b	0,2 bc	0 c	0,7 bc
800	0 b	0,6ab	2,3a	0,5ab	0 b	0,6ab	1,3ab	0,2ab
1600	0 b	0 b	4,2a	0,8 b	0,5 b	0,2 b	0,8 b	0,5 b
----- Esporos de <i>Glomus etunicatum</i> , n ^o /50cm ³ -----								
0	0 b	0 b	0,2 b	0 b	0,5ab	0 b	0,5ab	1,4a
200	0 b	0 b	0 b	0 b	1,2a	0,9ab	0,3ab	1,5a
400	0 b	0 b	0 b	0 b	1,7a	0,2 b	0 b	0,2 b
800	0a	0a	0a	0a	0a	0,2a	0,7a	0a
1600	0a	0a	0a	0a	0,5a	0,2a	0,3a	0,3a
----- Esporos de <i>Gigaspora margarita</i> , n ^o /50cm ³ -----								
0	0a	0,5a	0,6a	0,5a	0,2a	0a	0,3ab	0,5a
200	0 b	0,7 b	3,9a	0,5 b	0 b	0 b	0 b	0 b
400	0 b	0 b	6,1a	0 b	0 b	0 b	0 b	0,5 b
800	0 b	0,2 b	2,3a	0 b	0 b	0,2 b	0,2 b	0,2 b
1600	0 b	0 b	4,2a	0 b	0 b	0 b	0 b	0,2 b

Médias seguidas de mesma letra, no sentido da linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

ANEXO

Anexo 1. Programa em linguagem basic desenvolvido para o cálculo das faixas de mutualismo e benefícios micorritizos a partir das equações de regressão dos tratamentos micorritizados e sem micorritizas.

```

1000 * PROGRAMA: TO.BAS
1010 * AUTOR: Orivaldo José Saggin Junior
1020 * DATA: fevereiro de 1992
1030 * FUNÇÃO: Cálculo das faixas de mutualismo e benefícios micorritizos
1040 *
1050 * ENTRANDO COM OS DADOS
1060 *
1070 INPUT "Identifique o tratamento de inoculação", I$
1080 PRINT ""
1090 PRINT ""
1100 PRINT "Curva Inoculada é = "
1110 PRINT ""
1120 PRINT "[R]al-z-quadrada"
1130 PRINT "[Q]uadratica"
1140 INPUT T$
1150 IF T$ = "r" OR T$ = "R" THEN GOTO 1220
1160 CLS
1170 PRINT "Sua curva deve ter o modelo:
1180 PRINT ""
1190 PRINT ""
1200 PRINT " Y = a + bX + cX^2"
1210 GOTO 1640
1220 CLS
1230 PRINT "Sua curva deve ter o modelo:"
1240 PRINT ""
1250 PRINT " Y = a + bX*0.5 + cX"
1260 GOTO 1640
1270 *
1280 * CALCULO PARA MODELO QUADRATICO
1290 *
1300 LFT AC = A-AL
1310 LFT BC = B-BL
1320 GOTO 1810
1330 LFT K = XN
1340 PRINT K
1350 LFT RO = BC + 2*C*XN
1360 IF RO = 0 THEN PRINT "Entre com outro valor para X" ELSE GOTO 1390
1370 PRINT ""
1380 GOTO 1860
1390 LFT R1 = AC + B*C*XN + C*XN^2
1400 GOTO 1910
1410 LFT A2 = A*X2 + (B*X2^2)/2 + (C*X2^3)/3
1420 LFT A1 = A*X1 + (B*X1^2)/2 + (C*X1^3)/3
1430 GOTO 2060

```

```

1440
1450 CALCULO PARA MODELO PAIZ-QUADRADA
1460
1470 LET AC= A-AL
1480 LET CC= C-BL
1490 GOTO 1810
1500 LET K = XN
1510 PRINT K
1520 LET RO = .5*B*XN-.5+CC
1530 IF RO = 0 THEN PRINT "Entre com outro valor para X" ELSE GOTO 1560
1540 PRINT "..."
1550 GOTO 1860
1560 LET R1 = AC + B*XN.5 + CC*XN
1570 GOTO 1910
1580 LET A2 = A*X2 + (B*X2-1.5)/1.5 + (C*X2-2)/2
1590 LET A1 = A*X1 + (B*X1-1.5)/1.5 + (C*X1-2)/2
1600 GOTO 2060
1610
1620 SUBROTINAS
1630
1640 PRINT "..."
1650 INPUT "Entre com a da equação", A
1660 INPUT "Entre com b da equação", B
1670 INPUT "Entre com c da equação", C
1680 PRINT "..."
1690 INPUT "Curva fun linear é a mesma anterior (S/N)", S$
1700 IF S$="E" OR S$="S" THEN GOTO 1780
1710 GJ$
1720 PRINT "Sua curva linear deve ter o modelo:"
1730 PRINT "..."
1740 PRINT "Y = a + bX"
1750 PRINT "..."
1760 INPUT "Entre com a da fun linear", AL
1770 INPUT "Entre com b da fun linear", BL
1780 PRINT "..."
1790 IF T$="r" OR T$="R" THEN GOTO 1470 ELSE GOTO 1300
1800
1810 LET X1 = 0
1820 LET X2 = 0
1830 INPUT "Quantos pontos de cruzamento entre as curvas (1 ou 2)"; N
1840 FOR I = 1 TO N
1850 PRINT "..."
1860 PRINT "Entre com um valor X próximo ao ponto de cruzamento das curvas"
1870 INPUT XN
1880 PRINT "..."
1890 IF T$ = "r" OR T$ = "R" THEN GOTO 1500 ELSE GOTO 1330
1900
1910 LET XK = R1/RO
1920 LET XN = XN - XK
1930 IF XN >= (K+.001) AND XN <= (K-.001) THEN GOTO 1950
1940 IF T$ = "r" OR T$ = "R" THEN GOTO 1500 ELSE GOTO 1330
1950 LET X(I) = XN
1960 IF X(I) > 0 THEN LET X(I) = 0
1970 IF I = 1 THEN LET X1 = X(I) ELSE LET X2 = X(I)
1980 NEXT I

```

1990 IF X1 > X2 THEN LFT X3=X1 ELSE GOTO 2020

2000 LFT X1 = X2

2010 LFT X2 = X3

2020 IF T\$ = "r" OR T\$ = "R" THEN GOTO 1580 ELSE GOTO 1410

2030

2040 SAIDAS

2050

2060 LFT A9 = A2-A1

2070 LFT A2 = A1*X2 + B1*X2^2/2

2080 LFT A1 = A1*X1 + B1*X1^2/2

2090 LFT A7 = A2-A1

2100 LFT A6 = A9-A7

2110 PRINT "Taxa de mutualismo = " X1 " " X2 " ppm de P"

2120 PRINT "Area de beneficio micorrizico = " AR

2130 PRINT "Tratamento de inoculação = " I\$

2140 PRINT "Taxa de mutualismo = " X1 " " X2 " ppm de P"

2150 PRINT "Area de beneficio micorrizico = " AR

2160 PRINT "

2170 PRINT "....

2180 INVT " Mais calculos (S/N) " M\$

2190 IF M\$="s" OR M\$="S" THEN GOTO 1070 ELSE GOTO 2270

2200

2210 OBSERVAÇÃO

2220

2230 Para uso deste programa as equações dos tratamentos

2240 inoculados devem ter o modelo quadrático ou raiz-quadrada

2250 e da testemunha (fumigado), o modelo linear.

2260

2270 END