FLUTUAÇÃO SAZONAL DE FUNGOS MICORRÍZICOS
VESÍCULO-ARBUSCULARES NO CAFEEIRO (COFFEA ARABICA L.)

ELCIO LIBORIO BALOTA
Biólogo

Orientador: Dr. ELI SIDNEY LOPES

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1989

B195f   Balota, Elcio Liborio
            Flutuação sazonal de fungos micorrízicos vesículo-
            arbusculares no cafeeiro (Coffea arabica L.). Piraci-
            caba, 1989.
            145p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Café - Micorriza 2. Micorriza 3. Micorriza -
Flutuação sazonal I. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.73

FLUTUAÇÃO SAZONAL DE FUNGOS MICORRÍZICOS
VESÍCULO-ARBUSCULARES NO CAFEEIRO (COFFEA ARABICA L.)

ELCIO LIBORIO BALOTA

Aprovada em: 02.02.1990

Comissão Julgadora:

Dr. Eli Sidney Lopes

I A C

Prof. Dr. Itamar Soares de Melo

ESALQ/USP

Dra. Sandra Farto B. Trufem

I B / S P

Dr. Eli Sidney Lopes
Orientador

A minha mãe e
meus irmãos,
pelo exemplo de apoio
e confiança

D E D I C O

Sempre serás o sonho de ti mesma...

À Claudete, amiga

A ÁGUA da chuva desce a ladeira
É uma água ansiosa
Faz lagos e rios pequenos, e cheira
A terra a ditosa

(Fernando Pessoa)

À pessoa humana Eli
pela confiança e apoio incondicional

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Eli Sidney Lopes, pelo estímulo, orientação e amizade;
- Ao Dr. Milton Geraldo Fuzatto, pela amizade, estímulo apoio e confiança irrestrita;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e a seus Mestres;
- Ao Instituto Agronômico e à Seção de Microbiologia do Solo que possibilitaram a elaboração e desenvolvimento deste trabalho;
- À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela concessão de bolsa de estudos;
- À Dra. Sandra Farto B. Trufem pelo auxílio nas identificações das espécies de fungos;
- Ao Dr. Toshio Igue pelo auxílio nas análises estatísticas;
- Às Pesquisadoras Adriana P. D. da Silveira e Sueli dos Santos Freitas e à Engenheira Agrônoma Irani Eliane Luppi, pela revisão do texto e pelas sugestões;

- Ao amigo João Carlos Ferreira, pela amizade, convívio e ajuda;
- Aos funcionários da Seção de Microbiologia do Solo (IAC), pelo convívio e amizade, e a todos que me ajudaram, às vezes sem o saber ou avaliar o alcance de sua ajuda para que esse trabalho fosse concluído.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xxiii
SUMMARY.....	xxv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Considerações Gerais Sobre os Fungos MVAs.....	4
2.2. Efeitos dos Fungos MVAs nas Plantas.....	6
2.3. Esporos de Fungos MVAs e Infectividade.....	10
2.4. Fatores que Influenciam a População de Fungo MVA...	12
2.4.1. Fósforo.....	13
2.4.2. pH.....	15
2.4.3. Umidade.....	18
2.4.4. Luz e temperatura.....	19
2.4.5. Planta hospedeira.....	21
2.5. Introdução de Fungos MVAs.....	22
2.6. Flutuação Sazonal de Fungos MVAs.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1. Caracterização do Experimento.....	31
3.2. Estudo Preliminar Sobre Amostragem.....	33
3.3. Amostragem Bimestral.....	37
3.4. Variáveis Avaliadas.....	37
3.4.1. Peso de matéria seca de raízes finas.....	37
3.4.2. Colonização micorrízica.....	39
3.4.3. Quantificação dos esporos.....	40

3.5. Multiplicação das Espécies de Fungos MVAs.....	41
3.6. Identificação das Espécies de Fungos MVAs.....	41
3.7. Dados Climatológicos.....	42
3.8. Análises Estatísticas.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1. Estudo Preliminar Sobre Amostragem.....	44
4.2. Amostragem Bimestral.....	49
4.2.1. Peso de matéria seca de raízes finas.....	49
4.2.2. Colonização micorrízica.....	55
4.2.3. Número total de esporos.....	63
4.2.4. Espécies de fungos MVAs verificadas.....	72
4.2.4.1. <i>Gigaspora margarita</i>	74
4.2.4.2. <i>Acaulospora appendicula</i>	79
4.2.4.3. <i>Acaulospora dilatata</i>	86
4.2.4.4. <i>Acaulospora trappei</i>	92
4.2.4.5. <i>Gigaspora gigantea</i>	100
4.2.4.6. <i>Scutellospora gilmorei</i>	106
4.2.4.7. <i>Scutellospora pellucida</i>	109
5. CONCLUSÕES.....	116
6. LITERATURA CITADA.....	118

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Composição química e granulométrica do solo da área do experimento, na profundidade de 0 - 10 cm sob a copa de cafeeiros adultos adubados com diferentes doses e fontes de fósforo. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova..	31
2 Números de esporos recuperados em amostras de solo coletadas sob a copa de cafeeiros adultos a duas profundidades nas três posições de distância do tronco, na direção da linha e da rua (média de 3 repetições).....	45
3 Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiro com colonização micorrízica observadas em amostras coletadas sob a copa de planta adulta a duas profundidades nas três posições de distância do tronco, na direção da linha e da rua (média de 3 repetições).....	46

4	Peso de matéria seca de raízes finas, percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica e número total de esporos em cafeeiros adultos provenientes de mudas não-inoculadas (NI) e inoculadas (I) com <i>G. margarita</i> (média de 6 repetições).....	50
5	Peso de matéria seca de raízes finas, percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica e número total de esporos em cafeeiros adultos adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova (média de 6 repetições).....	51
6	Peso de matéria seca de raízes finas, percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica e número total de esporos em cafeeiros adultos, em diferentes épocas de amostragens (média de 6 repetições).....	52
7	Número de esporos das diferentes espécies observadas em solo sob a copa de cafeeiro adulto proveniente de mudas micorrizadas (I) e não-micorrizadas (NI) com <i>G. margarita</i> (média de 6 repetições).	76

8	Número de esporos das diferentes espécies observadas em solo sob a copa de cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo aplicados no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152g de fosfato alvorada/cova (média de 6 repetições)..	77
9	Número de esporos das diferentes espécies observadas em solo sob a copa de cafeeiros adultos em seis épocas de amostragens. Ap = Acaulospora appendicula, Ad = A. dilatata, At = A. trappei, Gg = gigaspora gigantea, Gm = G. margarita, Sg = Scutellospora gilmorei; Sp = Scutellospora pellucida.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema da posição de coleta da amostragem preliminar na linha e na rua, correspondente a 1/16 da área da projeção da copa média (raio de 110 cm). 1 = Amostragem na linha; 2 = Amostragem na rua.....	35
2	Esquema da demarcação efetuada para as unidades das amostras de solo e de raízes nas diferentes posições sob cafeeiros adultos, em área correspondente a 1/16 da projeção da copa média (raio de 110 cm). P = Profundidade; D = Distância do tronco.....	36
3	Esquema das coletas bimestrais. Os círculos representam as projeções das copas dos cafeeiros de uma sub-parcela. Os números de 1 a 6 referem-se às posições de retirada das sub-amostras que compuseram as amostras de cada bimestre.....	38
4	Comprimento de raízes finas nas diferentes posições amostradas sob a projeção da copa de cafeeiros adultos. A = na direção da rua; B = na direção da linha (média de 3 repetições).....	47

Figura		Página
5	Dados climatológicos de precipitação pluvial e de temperatura do solo a 5 cm de profundidade, no Centro Experimental de Campinas, no período de 01/03/87 a 29/02/88.....	53
6	Peso seco de raízes finas de cafeeiros observados em seis épocas de amostragens em plantas adultas provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com <i>G. margarita</i> . A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.....	54
7	Peso seco de raízes finas de cafeeiros observados em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com <i>G. margarita</i> . I = mudas pré-inoculadas; NI = mudas não-inoculadas; P0 = sem fósforo; P1 = 50 g P2 = 100g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorrada/cova. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.....	56
8	Peso seco de raízes finas de cafeeiros observados em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152g de fosfato alvorrada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.....	57

Figura

Página

- 9   Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiros com colonização micorrízica, observadas em seis épocas de amostragens em plantas adultas provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 60
- 10   Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiros com colonização micorrízica, observadas em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculadas ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo cova; P3 = 152 g de fosfato alvorrada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro inoculação..... 61
- 11   Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiros com colonização micorrízica observadas em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorrada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo..... 63

Figura

Página

- 12   Números totais de esporos observados em seis
épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adul-
tos, provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e
não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inocu-
lação dentro de época; B = época dentro de inocula-
ção..... 69
- 13   Números totais de esporos observados em seis
épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adul-
tos, adubados com diferentes doses e fontes de
fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. mar-*
garita. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100g
de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fos-
fato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fós-
foro; B = fósforo dentro de inoculação..... 70
- 14   Números totais de esporos observados em seis
épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adul-
tos, adubados com diferentes doses e fontes de
fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e
P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152
g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de
época; B = época dentro de fósforo..... 71

Figura

Página

- 15   Números de esporos de *Gigaspora margarita* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. (média de 6 repetições). A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 80
- 16   Números de esporos de *Gigaspora margarita* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.. 81
- 17   Números de esporos de *Gigaspora margarita* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 e P2 = 100g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo..... 82

Figura

Página

- 18   Números de esporos de *Acaulospora appendicula* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 85
- 19   Números de esporos de *Acaulospora appendicula* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.. 87
- 20   , Números de esporos de *Acaulospora appendicula* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo..... 88

Figura

Página

- 21   Números de esporos de *Acaulospora dilatata* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 91
- 22   Números de esporos de *Acaulospora dilatata* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação..... 93
- 23   Números de esporos de *Acaulospora dilatata* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo..... 94

- 24   Números de esporos de *Acaulospora trappei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 97
- 25   Números de esporos de *Acaulospora trappei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação..... 98
- 26   Números de esporos de *Acaulospora trappei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo. 99

Figura

Página

- 27   Números de esporos de *Gigaspora gigantea* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 102
- 28   Números de esporos de *Gigaspora gigantea* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação..... 103
- 29   Números de esporos de *Gigaspora gigantea* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo. 104

Figura

Página

- 30 Números de esporos de *Scutellospora gilmorei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 107
- 31 Números de esporos de *Scutellospora gilmorei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100 g de super fosfato triplo; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação..... 109
- 32 Números de esporos de *Scutellospora gilmorei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo..... 110

Figura

Página

- 33   Números de esporos de *Scutellospora pellucida* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação..... 112
- 34   Números de esporos de *Scutellospora pellucida* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação..... 114
- 35   Números de esporos de *Scutellospora pellucida* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo..... 115

FLUTUAÇÃO SAZONAL DE FUNGOS MICORRÍZICOS
VESÍCULO-ARBUSCULARES NO CAFEEIRO (COFFEA ARABICA L.)

AUTOR: ELCIO LIBORIO BALOTA

ORIENTADOR: ELI SIDNEY LOPES

RESUMO

Foi feito um estudo de flutuação sazonal de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMVA) no cafeeiro, em um experimento de campo instalado no Centro Experimental do Instituto Agronômico, Campinas. Para tanto, utilizou-se plantas com cinco anos de idade, formadas à partir de mudas não-colonizadas e colonizadas com o fungo *Gigaspora margarita*. Esse experimento havia sido instalado num esquema de parcelas subdivididas, em blocos casualizados, sendo que as amostras foram coletadas de sub-parcelas de tratamentos com 25 ou 100 g de superfosfato triplo, com 152 g de fosfato Alvorada por cova, aplicados no plantio, e do controle sem fósforo, em parcelas inoculadas e não-inoculadas. Preliminarmente foi feita uma amostragem de solo e de raízes a diferentes distâncias do tronco e posição sob a copa do cafeeiro, para determinar a região com maior quantidade de raízes finas, colonização e esporulação de fungo MVA. Nesse estudo não foram observadas diferenças significativas entre médias da quantidade de esporos e da

percentagem de colonização micorrízica para diferentes distâncias e profundidades de coleta das amostras. A maior densidade de raízes finas foi observada nas amostras à distância de 0-50 cm do tronco e 0-10 cm de profundidade. Em base a esses resultados as amostras foram retiradas numa distância de 30 cm do tronco, na profundidade de 0-10 cm. Foi coletado um volume constante de 0,10 x 0,10 x 0,10 m. Elas foram retiradas bimestralmente de março de 1987 a fevereiro de 1988. As raízes com diâmetro iguais ou menores de 1 mm foram separadas da amostra e nelas determinados o peso de matéria seca e a percentagem do comprimento de raízes colonizadas. O solo restante foi homogeneizado e uma alíquota foi separada para peneiramento úmido, separando-se os esporos para caracterização das espécies e contagens dos esporos. O menor peso da matéria seca de raízes foi observado no inverno e o maior no verão. A percentagem do comprimento de raízes colonizadas teve pouca variação durante o período de amostragem. Foram verificadas seis espécies nativas de fungos MVAs e também a espécie introduzida, *Gigaspora margarita*. De modo geral, todas as espécies apresentaram número crescente de esporos à partir de março/abril, atingindo o máximo em setembro/outubro, logo após o período de menor temperatura e precipitação pluvial. Apesar do baixo número de esporos de *Gigaspora margarita*, a maioria deles foi verificada nas parcelas inoculadas. A introdução de *G. margarita* estimulou a esporulação das espécies nativas, com exceção de *Acaulospora appendicula*.

SEASONAL FLUCTUATIONS OF VESICULAR-ARBUSCULAR
MYCORRHIZA IN COFFEE (COFFEA ARABICA L.)

AUTHOR: ELCIO LIBORIO BALOTA

ADVISER: ELI SIDNEY LOPES

SUMMARY

A study of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi seasonal fluctuations was made on coffee trees of an experiment, located at the Central Experiment Station of Instituto Agronômico, Campinas, SP,, Brazil. Plants with five years from field transplanting, originated from non colonized and *Gigaspora margarita* colonized seedlings were sampled. This experiment used a randomized block design in split-plot blocks. Samples were collected from non-inoculated and inoculated plots in sub plot treatments with no phosphorus and with 25 or 100 g of triple superphosphate or with 152 of Alvorada rock phosphate per tree. Before initiating the seasonal sampling a preliminary study was carried out in trees bordering the experimental area in order to find out the position under canopy with highest root density, colonization and sporulation of VAM fungi. No significative differences were found among means for number of spores or percentage of root length colonized with VAM fungi. Highest fine roots density was observed in samples from 0-50 cm from the stem, at 0-10 cm depth. Based on this preliminary study, samples for the seasonal study were composed of two sub samples,

collected bimonthly as a regular soil volume of 10 x 10 x 10 cm, located at the distance of 30 cm from the stem, in different positions and systematically rotated around the stem during March 87 to February 88. Roots with 1 mm diameter, or thinner, were handled separately for dry matter and for VAM colonization study. Then the soil was homogenized, and a sample was wet sieved for determination of spores numbers and VAM fungi species identification. Six VAM species besides *G. margarita*, which had been previously introduced, were identified. In general, the spore number increased from March/April to September/October, when they reached the maximum, right after the lower temperature and drier period. Despite the general low number of spores of *G. margarita* recovered, they were higher in samples collected from the inoculated plots. Introduction of *G. margarita* seems to have stimulated the sporulation by native VAM fungi, with exception of *Acaulospora appendicula*. Spores of two species of *Acaulospora* (*A. dilatata* e *A. trappei*) were the most abundantly recovered from the experimental area.

1. INTRODUÇÃO

A comunidade biológica do solo, rica em diversidade de espécies em equilíbrio dinâmico, é afetada em suas interações por fatores bióticos e abióticos. Vários trabalhos têm indicado a importância desses fatores na grandeza populacional microbiana (WEDBERG, 1967 ; ALEXANDER, 1971). Oscilações de alguns fatores ao longo do ano, têm influência marcante no comportamento populacional dos microrganismos. Existe grande interesse tanto ecológico quanto agronômico em compreender a dinâmica populacional e os fatores físicos e biológicos que regem as relações entre os microrganismos do solo, particularmente em relação aos fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (MVA).

Os fungos MVAs formam simbiose mutualística com a maioria das plantas superiores. Esta associação ocorre a nível radicular do hospedeiro e é caracterizada pela presença de hifas, vesículas e arbusculos na região do córtex das raízes, e de hifas externas que se estendem além da rizosfera (LOPES et alii, 1983a). A importância dessa simbiose tem sido evidenciada pelos seus efeitos benéficos às plantas, que ocorrem, principalmente, devido à maior absorção de nutriente de baixa mobilidade no solo, principalmente o P, promovida pelas hifas externas do fungo que funcionam como extensões do sistema radicular, explorando um

maior volume de solo (SANDERS & TINKER, 1971; HAYMAN & MOSSE, 1972; MENGE et alii, 1978; CRESS et alii, 1979).

Trabalhos tem sido feitos com o objetivo de estudar respostas de plantas micorrizadas a fósforo adicionado na forma solúvel (TINKER, 1975; POWELL, 1982; DAVIS et alii, 1984; SALINAS et alii, 1985 e SCHUBERT & HAYMAN, 1986), assim como a fósforo de baixa solubilidade (MOSSE et alii, 1976; BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983 e CARDOSO, 1985 e 1986), em diferentes níveis.

Uma das formas de manejar os fungos MVAs adequadamente, seria a seleção prévia e inoculação de espécies mais competitivas e eficientes, como tem sido mostrado pelos resultados obtidos por vários trabalhos em condições de solo esterilizado (HAYMAN & MOSSE, 1971; MOSSE, 1973; LOPES et alii, 1980 e 1983c; COOPER, 1984 e CARDOSO et alii, 1986), e em condições de campo (KHAN, 1972; BLACK & TINKER, 1977; BAGYARAJ et alii, 1979 e LOPES et alii 1983d).

LOPES et alii (1983d) em condições de campo obtiveram aumentos na produção de café utilizando mudas pré-inoculadas com o fungo MVA *Gigaspora margarita*. É de grande interesse, entretanto, fazer avaliações microbiológicas para confirmar o efetivo estabelecimento e atuação da espécie micorrízica introduzida. Embora a introdução desses fungos e a constatação de seus benefícios sejam relativamente simples em condições

controladas, no campo há que se considerar a presença da população nativa. As pesquisas com utilização de outros processos biológicos na agricultura tem mostrado que pode haver dificuldades na introdução de microrganismos selecionados (DÖBEREINER et alii 1966; VIDOR, 1977; FRANCO, 1985 e RIBEIRO et alii, 1986). Além disso, o solo em área cultivada, economicamente, é um ambiente que necessita de contínuos estudos microbiológicos, em virtude do dinamismo dos microrganismos e da sua influência na disponibilidade de nutrientes.

Neste aspecto, alguns trabalhos, conduzidos em condições de campo, têm mostrado grande influência da estação climática na população do fungo MVA (HAYMAN, 1970; FURLAN & FORTIN, 1973; RABATIN, 1979; BONONI & TRUFFEM, 1983; GIOVANNETTI, 1985; TRUFFEM & BONONI, 1985; GEMMA & KOSKE, 1988 e BONONI et alii, 1988).

Os objetivos desse trabalho foram constatar a permanência da espécie introduzida, identificar as espécies nativas e verificar a flutuação sazonal das espécies encontradas em cafeeiros formados com mudas inoculadas e não-inoculadas com *Gigaspora margarita*, que receberam diferentes doses e fontes, em um experimento de campo instalado há cinco anos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações Gerais Sobre os Fungos MVAs

O termo "micorriza" refere-se a associações mutualísticas entre espécies de fungos e raízes de plantas, sendo reconhecidos três grupos principais, que são agrupados com relação às suas características morfo-anatômicas em: Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas e Endomicorrizas. As endomicorrizas podem ser de três tipos: Orquidóides, Ericóides e Vesículo-Arbusculares.

As endomicorrizas do tipo vesículo-arbusculares (MVA) são de grande importância pela sua ocorrência na maioria das plantas superiores, o que sugere relevante papel no desenvolvimento e manutenção das comunidades vegetais. Os fungos MVAs são atualmente classificados na subdivisão Zygomycotyna, ordem Endogonales, com uma única família, Endogonaceae (BENJAMIN, 1979). Os gêneros formadores de MVA são: Acaulospora, Gigaspora, Glomus, Entrophospora, Sclerocystis e Scutellospora, sendo este último gênero segregado de Gigaspora (WALKER & SANDERS, 1986).

A separação taxonômica dos gêneros tem sido feita baseando-se na maneira pela qual os esporos (estruturas de

reprodução assexual e/ou sobrevivência) são formados, podendo ser do tipo clamidosporo e zigosporo (GERDEMANN & TRAPPE, 1974).

As micorrizas VAs, caracterizam-se pela presença de hifas, arbúsculos e vesículas. As hifas ocorrem internamente às raízes inter e intracelular e externamente a estas, estendendo-se pela rizosfera. Os arbúsculos são originados de ramificações dicotômicas de hifas e ocorrem no interior de células, tomando grande parte do volume destas. As vesículas são glóbulos mais ou menos esféricos e ocorrem intra e extraradicular (LOPES et alii, 1983a). As vesículas internas, segundo TINKER (1980), são consideradas como estruturas que funcionam como órgãos de reserva e ao nível dos arbúsculos tem-se a região de troca entre a planta e o fungo.

Os fungos MVAs são de ocorrência generalizada, estando presentes em regiões tropicais, temperadas e árticas, incluindo densas florestas, áreas cultivadas, dunas e desertos, o que os torna de grande importância econômica e ecologicamente (LOPES et alii, 1983a).

A importância desta associação se dá através do melhor desenvolvimento da planta hospedeira. Este aumento no crescimento da planta tem sido atribuído a maior capacidade de absorção de nutrientes do solo, principalmente aqueles que movimentam-se por difusão, portanto, de baixa mobilidade, como o fósforo, cobre e zinco. O incremento na absorção de nutrientes

deve-se às hifas micorrízicas externas às raízes, que funcionam como extensões destas, consequentemente, aumentando sua capacidade em explorar maior volume de solo (SANDERS & TINKER, 1971 e HAYMAN & MOSSE, 1972). Segundo RHODES & GERDEMANN (1975), essas hifas externas podem atingir até 8 cm para além da superfície da raiz, possibilitando a absorção daqueles nutrientes de baixa mobilidade além da zona de depleção. Esta capacidade de aumento na absorção de nutrientes é de grande interesse, principalmente, em condições tropicais, onde os solos apresentam baixo teores de P disponíveis, devido a alta capacidade de fixação destes solos. Segundo BIELESKY (1973), em torno de 95-99 % do P do solo encontra-se em formas não disponíveis às plantas.

O fósforo é o elemento que mais frequentemente limita a produção nas regiões tropicais e subtropicais, apesar das plantas exigirem quantidades relativamente pequenas (MALAVOLTA, 1976); esta observação justifica o fato de BLACK (1980) considerar o potencial de exploração de fungos MVAs na agricultura ser muito maior nos trópicos que nas regiões de clima temperado.

2.2. Efeitos dos Fungos MVAs nas Plantas

Na última década tem sido intensificados os estudos com fungos MVAs na busca de maior conhecimento dos seus efeitos nas plantas, assim como da associação em si, na perspectiva da utilização prática em culturas de interesse econômico.

Os efeitos da utilização de fungos MVAs em plantas cultivadas, têm sido avaliados com bons resultados sob diferentes condições de disponibilidade de fósforo. Esses bons resultados têm sido obtidos através do aumento no crescimento da planta hospedeira, na absorção de fósforo e outros nutrientes (ROSS & HARPER, 1970; HAYMAN & MOSSE, 1971 e 1972; ROSS, 1971; MOSSE, 1972 e 1973; ROSS & GILLIAM, 1973; DAFT & EL-GIAHMI, 1975; RHODES & GERDEMANN, 1975; POWELL, 1976; HALL et alii, 1977; CARLING et alii, 1978, CRESS et alii, 1979; LOPES, 1980; LOPES et alii, 1980; AZCON-AGUILAR & BAREA, 1981; GIANINAZZI-PEARSON et alii, 1981; LOPES et alii, 1983; PARADA, 1984; SILVEIRA et alii, 1987 e FAQUIN, 1988).

ROSS (1971) e KHAN (1972), trabalhando com soja e milho, respectivamente, observaram que plantas micorrizadas em substratos com baixos teores de P, apresentavam uma maior resposta que plantas não-micorrizadas em altos teores. Mudanças de cafeeiros inoculadas com *Gigaspora margarita* apresentaram exigências de fósforo dez vezes menores que mudas não-inoculadas, para atingir 80 % do crescimento máximo (SIQUEIRA, 1986). LOPES et alii (1983c), avaliando a capacidade de algumas espécies de fungos MVAs em aumentar o crescimento de mudas de cafeeiros, observaram que mudas inoculadas foram superiores às mudas não-inoculadas na produção de matéria seca, sendo este incremento de 109% para *Scutellospora heterogama*, 278% para *Glomus fasciculatum*, 332% para *G. mosseae* e 583% para *Gigaspora margarita*.

Foi evidenciado que plantas de soja micorrizadas foram superiores às não-micorrizadas na produção vegetal e conteúdo de N (ROSS & HARPER, 1970; ROSS, 1971 e AZCON-AGUILAR & BAREA, 1981), P, Ca, Cu e Zn (AZCON-AGUILAR & BAREA, 1981). RHODES & GERDEMANN (1978) e CARLING et alii (1978) concluem que os maiores teores de N em plantas micorrizadas não se dá pela absorção, mas pelo aumento de fixação de nitrogênio pelo *Rhizobium*, pelo maior fornecimento de P à planta, via fungo MVA.

DAFT & EL-GIAHMI (1975) observaram em leguminosas que os parâmetros relacionados ao processo de fixação de nitrogênio, como tecido nodular, concentração de leghemoglobina e atividade da nitrogenase, foram maiores em plantas micorrizadas.

CRESS et alii (1979) observaram que plantas de tomateiro micorrizadas apresentaram uma diminuição do Km (constante de Michaelis-Menten), o que sugere que a micorriza exerça efeito sobre os parâmetros cinéticos de absorção de fósforo, possibilitando que plantas micorrizadas possuam maior afinidade por este elemento. Porém estes dados não foram confirmados por SILVEIRA et alii (1987) em feijoeiro e FAQUIN (1988) em soja.

Em regiões tropicais, por serem os solos deficientes em P, devido ao alto poder de fixação e pelos altos preços de fertilizantes fosfatados solúveis, tem-se trabalhado na

viabilidade da utilização de fosfatos de rocha, semi-industrializados, como fonte alternativa ao suprimento de fósforo para as plantas. MALAVOLTA (1976) argumenta que, se economicamente viável, os fosfatos de rocha podem ser utilizados; pela sua lenta solubilidade podem aos poucos saturar a capacidade fixadora do solo, assim depois quantidades bem menores de adubos solúveis podem ser aplicados, fornecendo o P necessário a planta.

RAIJ (1986) demonstrou a dificuldade da utilização de fosfatos alternativos, dentro de condições econômicas viáveis, se não tiverem eficiência próxima a do superfosfato, pois a economia na aplicação do fertilizante não compensa as perdas pela diminuição na produção; porém o autor não considerou a possibilidade da utilização do fosfato natural, fonte alternativa de P, ser suplementado por fosfato solúvel, seus possíveis efeitos residuais e os efeitos micorrízicos. Por outro lado, GOEDERT & LOBATO (1984) e OLIVEIRA et alii (1984), avaliando a eficiência agrônômica de fosfatos naturais, observaram a viabilidade da utilização destes fosfatos e que os diferentes fosfatos apresentaram comportamentos diferenciados. Segundo OLIVEIRA et alii (1984), esta variabilidade pode estar atribuída às diferenças na solubilidade, decorrentes de suas características, entre elas o grau de substituição de P_{2O_5} por CO_3 e Fe e a granulometria. GOEDERT & LOBATO (1984) constataram que os fosfatos naturais testados, apresentaram uma baixa

solubilidade inicial e, após oito anos de cultivos, apresentaram efeitos residuais, porém não superiores ao do fosfato solúvel. Estas observações não estão em concordância com as de HAMMOND et alii (1981), que obtiveram um efeito residual dos fosfatos naturais superiores aos dos fosfatos solúveis, principalmente, quando da utilização de plantas micorrizadas (ALSTON & CHIN, 1974).

A possibilidade da utilização do fosfato de baixa solubilidade como fonte alternativa de fósforo, tem estimulado o desenvolvimento de muitos trabalhos com o objetivo de avaliar a capacidade da utilização desta fonte de P por plantas micorrizadas (DAFT & NILCOSON, 1966; MURDOCH et alii, 1967; SANDERS & TINKER, 1971; HAYMAN & MOSSE, 1972; HALL, 1975; MOSSE et alii, 1976; POWELL & DANIEL, 1978b; ISLAM et alii, 1980 e BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983; CARDOSO, 1985 e 1986).

MOSSE et alii (1976) observaram que a adição de fosfato de rocha na dosagem de 100 mg/250 g de solo, aumentou significativamente a absorção de P em solos ácidos, principalmente em plantas micorrizadas. ISLAM et alii (1980) utilizando o fosfato de rocha em caupi, observaram que a nodulação, fixação de nitrogênio e utilização do fosfato foram incrementados pela inoculação de fungos MVAs.

2.3. Esporos de Fungos MVAs e Infectividade

Os esporos de fungos MVAs, segundo GERDEMANN

(1968), são estruturas estratégicas de sobrevivência desenvolvidas para suportar períodos adversos. HETRICK (1985), por sua vez, considera os esporos como estruturas de sobrevivência predominantes em condições adversas; conseqüentemente, o potencial de inóculo de um solo, ou a capacidade dos propágulos fúngicos de um solo infectar raízes de plantas, pode estar relacionado com o número de esporos presentes. Porém BOWEN (1980) e DODD et alii (1983), apesar de considerarem que o número de esporos não forneça o valor real da infectividade de um solo, pode dar uma indicação do nível populacional. Estas considerações estão em concordância com JOHNSON (1977), POWELL (1977) e TOMMERUP (1983), de que os esporos podem constituir uma porção significativa da população micorrízica, porém TOMMERUP (1983) salienta que, apesar dos esporos terem seu valor como inóculo, eles dependem da manutenção de sua capacidade de germinar e infectar as raízes de plantas.

Apesar do número de esporos não fornecer o verdadeiro potencial de inóculo de um solo, como nenhuma técnica atualmente disponível, a grande maioria dos estudos de avaliação populacional de fungos MVA em um solo, tem-se baseado na quantificação de esporos e na percentagem do comprimento de raízes colonizadas (HAYMAN, 1970; GRIFFIN, 1972; THOMAZINI, 1974; KHAN, 1975; ROSS & RUTTENCUTTER, 1977; SAIF, 1977; POWELL, 1979; ALLEN & ALLEN, 1980; KOSKE & HALVORSON, 1981; ROLDAN-FAJARDO et alii, 1982; ANDERSON et alii, 1983; LOPES et alii, 1983; BONONI &

TRUFEM, 1983; GIOVANNETTI, 1985; TRUFEM & BONONI, 1985; SYLVIA, 1986; GUID et alii, 1988 e TRUFEM, 1988).

Na maioria das observações não tem sido encontrado correlação entre o número de esporos e percentagem de raízes colonizadas (MOSSE & BOWEN, 1968; DAFT & NICOLSON, 1969; HAYMAN & STOVOLD, 1979; NICOLSON & JOHNSTON, 1979; ALLEN & ALLEN, 1980; KOSKE & HALVORSON, 1981 e GIOVANNETTI & NICOLSON, 1983), enquanto em outras esta correlação existiu (HAYMAN, 1970 e GIOVANNETTI, 1985).

2.4. Fatores que Influenciam a População de Fungo MVA

A população microbiana de um solo pode ser influenciada por fatores bióticos e abióticos. A associação micorrízica sendo a resultante de uma condição de equilíbrio entre o fungo, a planta e o ambiente (solo), é afetada pelos fatores do solo, bem como pelos fatores intrínsecos da própria associação. Mudanças nestes fatores, mesmo que de baixa intensidade, podem ocorrer devido às condições de clima e de manejo da área.

Podem ser considerados como fatores mais importantes na determinação da população micorrízica VA a disponibilidade de nutrientes, principalmente o fósforo, o PH, a umidade, a luz e temperatura, planta hospedeira e interação com microrganismos, inclusive outros fungos MVAs.

2.4.1. Fósforo

A fertilidade do solo e/ou a disponibilidade de nutrientes, principalmente o P, pode influenciar a germinação de esporos, a colonização das raízes e a esporulação. Contudo, a disponibilidade de nutrientes pode variar com a estação do ano segundo GUPTA & RORISON (1975), que observaram um pico na disponibilidade de P na primavera e um decréscimo no final do verão. Estes autores concluíram que esse aumento no verão pode ter ocorrido devido ao aumento na decomposição microbiológica do P orgânico e o decréscimo seja devido à absorção pelas plantas e decréscimo da atividade microbiana, pela baixa umidade do solo.

Segundo SIQUEIRA (1986), o fósforo constitui o fator edáfico mais importante que afeta os fungos MVA, pois, ao mesmo tempo que a maior absorção deste elemento é o principal mecanismo de resposta à inoculação, ele exerce um efeito controlador sobre o grau de colonização das raízes pelo fungo, podendo este efeito controlador ser indireto, via planta (MENGE et alii, 1978).

O fósforo parece controlar a colonização micorrízica pela formação de substâncias anti-fúngicas nas raízes (WOOLHOUSE, 1975), pela modificação da permeabilidade nas células corticais (RATNAYKE et alii, 1978) e pelo acúmulo de açúcares nas raízes, criando condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fungo (SIQUEIRA, 1983).

Alguns trabalhos têm evidenciado o efeito do P e de outros nutrientes na associação e no seu efeito no crescimento das plantas (HAYMAN, 1975; KHAN, 1975; KRUCKELMANN, 1975; COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986 e SAIF, 1986).

HAYMAN (1975) observando campos de trigo que receberam a mesma adubação anual desde 1843, constatou menor colonização micorrízica e número de esporos que em áreas que não receberam fertilizantes. Estas observações não estão em concordância com as de KRUCKELMANN (1975), que não observou diminuição no número de esporos em áreas que receberam crescentes doses de P por sete anos, quando comparados com áreas que não receberam o fósforo.

KHAN (1975) trabalhando com trigo e milho observou que nas duas culturas a colonização micorrízica foi maior nos tratamentos sem aplicação de P, declinando com a aplicação; o número de esporos na cultura do trigo também diminuiu com a aplicação de P. Em forrageiras foi evidenciado o efeito negativo de níveis muito baixos e altos de P na colonização e na esporulação (SAIF, 1986).

Mudas de cafeeiros inoculadas com *Gigaspora margarita* apresentaram máximo desenvolvimento vegetal e de colonização no nível de 24 ppm de P disponível no substrato, sendo este efeito benéfico ligeiramente diminuído em maiores teores, atingindo efeito negativo a partir de 80 ppm de P disponível (COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 1986). Os autores concluem

que, nas condições deste experimento, o teor de P para se obter efeitos benéficos seria entre 10 e 100 ppm de P disponível, sendo em torno de 50-60 ppm, o teor onde seria obtido o máximo de efeito benéfico.

2.4.2. pH

É difícil avaliar os efeitos do pH, isoladamente, na grandeza populacional de microrganismos do solo, uma vez que as propriedades químicas podem variar com o pH. Tem sido mencionado o efeito do pH na disponibilidade de P no solo, bem como na solubilidade e disponibilidade de outros nutrientes como o Fe, Mn, Zn, Cu e toxicidade de Al. MOSSE & HEPPEL (1975) e DAVIS et alii (1983) consideraram o pH do meio o fator mais crítico na determinação da colonização e disseminação micorrízica, quando em experimentos utilizando *Glomus mosseae*.

Têm sido encontradas evidências da influência do pH na população de fungos MVA através de modificações qualitativa e quantitativa (MOSSE, 1972; KRUCKELMAN, 1975; ABBOTT & ROBSON, 1977 e 1985; HAYMAN & TAVARES, 1985; WANG et alii, 1985; SIQUEIRA et alii, 1986 e LAMBAIS & CARDOSO, 1988); o fato desse grupo de fungos serem observados em solos com pH que variam desde 2,7 (DAFT et alii, 1975) a 9,2 (BOWEN, 1980) é uma evidência de sua alta capacidade de adaptação fisiológica.

Segundo SIQUEIRA et alii (1986) e LAMBAIS & CARDOSO (1988), populações de *Gigaspora* e *Acaulospora* apresentam maiores taxas de germinação de esporos, colonização radicular e ocorrência natural em pH mais baixos, enquanto populações de *Glomus* possuem seus níveis ótimos em pH mais elevados, próximos ou superiores da neutralidade. LAMBAIS & CARDOSO (1988) constataram que a colonização de raízes mostrou-se mais sensível a variação do pH que a germinação dos esporos.

ABBOTT & ROBSON (1985) verificaram que, inoculando trevo subterrâneo com *Glomus fasciculatum*, houve boa colonização quando foram utilizados substratos cujo pH variava de 5,3 a 7,5, enquanto outra espécie de *Glomus*, não identificada, colonizou e aumentou o crescimento da planta apenas naqueles substratos com pH próximo da neutralidade. Segundo esses autores, a disseminação da colonização pode estar associada à habilidade da hifa do fungo crescer em condições de diferentes pH.

Observando a capacidade de fungos MVAs influenciar o crescimento de morangueiro em diferentes pH, HAYMAN & TAVARES (1985) constataram um efeito excepcional de *Glomus clarum* em pH 4,0, enquanto em outro extremo estava *Glomus epigaeum* sendo bastante eficiente em pH 7,0. Em relação a colonização, foi observado que diferentes espécies apresentam ótimos próprios de desenvolvimento.

MOSSE (1972) conseguiu o estabelecimento de *Glomus fasciculatum* e *G. macrocarpum* em pH 5,6, mas não abaixo de 4,6, porém BERGEN & KOSKE (1984), trabalhando em dunas, não encontraram correlação entre densidade de esporos de *Gigaspora gigantea*, *Scutellospora calospora*, *S. erythropoda*, *S. pellucida* e *S. persica* e o pH do solo.

Segundo KRUCKELMAN (1975), o pH influencia a esporulação mais que outros fatores, como matéria orgânica, potássio e fósforo.

O mecanismo de ação do pH sobre os fungos MVA e sua simbiose é pouco conhecida, mas acredita-se que esses efeitos possam resultar da ação direta de íons H^+ , ou de mudanças nas propriedades químicas do solo, atuando sobre o fungo, a planta ou a simbiose (SIQUEIRA et alii, 1986).

Segundo WANG et alii (1985), em pH abaixo de 5,5, o Al foi o principal responsável pela inibição da colonização de aveia por *Glomus caledonicum*. SIQUEIRA et alii (1986) obtiveram inibição de *Glomus mosseae* na concentração de 1,5 ppm de Al, enquanto que *Gigaspora margarita* foi inibido à partir de 30 ppm de Al. Por isso os autores sugerem que a capacidade de diferentes espécies de MVA formar a associação em condições de elevada acidez, possa estar associada com a tolerância do fungo ao alumínio.

2.4.3. Umidade

A água disponível ou potencial é muito importante porque influe na disponibilidade de nutrientes, aeração do solo, desenvolvimento radicular e atividade dos microrganismos, além de modificar seus efeitos em função do tipo de solo.

O efeito da umidade na colonização e na esporulação tem sido observado por vários autores (DANIELS & TRAPPE, 1980; ROSS, 1980; NELSEN & SAFIR, 1982; ANDERSON et alii, 1983; BOLGIANO et alii, 1983 e PAULA & SIQUEIRA, 1987).

DANIELS & TRAPPE (1980) verificaram que esporos de *Glomus epigaeum* tiveram germinação doze vezes maior em solos com 50% de umidade do que a 10%. Segundo ANDERSON et alii (1983), o número de esporos correlacionou-se negativamente com a umidade do solo e positivamente com o crescimento da planta. NELSEN & SAFIR (1982) observaram uma maior colonização em plantas estressadas hidricamente do que nas que receberam adequado suprimento de água. Estas observações concordam com as de BOLGIANO et alii (1983) que constatarem um aumento na colonização com a redução na umidade, nos mesmos níveis de fósforo. PAULA & SIQUEIRA (1987) estudando o efeito da umidade em soja inoculada com *Glomus macrocarpum*, constatarem que a umidade não tem seu efeito por si só, pois a taxa de colonização foi máxima com 60% de umidade do substrato a 136 ppm de P; a elevação da umidade aumentou a esporulação na dosagem de 136 ppm de P e diminuiu à partir de 45% de umidade a 691 ppm de P disponível.

Outras condições do solo, como características físicas, também determinam a distribuição espacial do número de esporos. ALLEN & ALLEN (1980) encontraram menores números de esporos em solos argilosos, observações estas que estão de acordo com a sugestão de GRIFFIN (1972) de que em solos de textura fina, com pequenos poros, existe a possibilidade da produção de menor número de esporos. Esta variação espacial pode ocorrer devido às características físico-químicas do solo e às características de algumas espécies de fungos MVAs terem sua esporulação em grupos ou agregados ou mesmo dentro de raízes (WALKER et alii, 1982 e ANDERSON et alii, 1983), o que possibilita a ocorrência de maior número de esporos em microstítios com menor textura e/ou próximo às raízes. Por isso também, em avaliação da população micorrízica associada a plantas perenes, é de extrema importância estudos da determinação da área com melhor representatividade a ser amostrada, uma vez que o nível populacional pode ser influenciado pelo estágio e distribuição do sistema radicular da planta hospedeira.

2.4.4. Luz e temperatura

Conhecimentos básicos dos efeitos da temperatura na colonização da raiz, na resposta da planta em crescimento e na esporulação dos fungos MVAs, são de grande importância na perspectiva da aplicação prática destes fungos na agricultura.

A luz e a temperatura podem afetar a colonização e a esporulação, mesmo em condição de casa-de-vegetação (HETRICK, 1984). Além disso, as espécies de fungos, em diferentes associações fungo/hospedeiro, respondem diferentemente às mudanças de luz e temperatura (FURLAN & FORTIN, 1973 e HAYMAN, 1974). Para KOSKE (1987) o efeito da temperatura na comunidade fúngica MVA pode ocorrer através do efeito direto no fungo e indireto na planta.

Segundo JOHNSON et alii (1982), a intensidade da luz, bem como dias mais longos, aumentam o nível de colonização. HAYMAN (1974) conclui que o menor desenvolvimento da colonização em condições de baixa luminosidade ocorre por esta ser um fator limitante à síntese de carbono; esta hipótese é reforçada por BETHLENFALVAY & PACOVSKY (1983), que observaram em soja sob condições controladas, uma relação positiva entre o aumento da luminosidade e da colonização micorrízica.

FURLAN & FORTIN (1973) e HAYMAN (1974) encontraram evidências da influência da temperatura no estabelecimento e disseminação da colonização, e na produção de esporos, pois em condições de altas temperaturas os índices de colonização e de esporulação foram maiores.

SCHENCK & SMITH (1982) constataram que algumas espécies possuem seu máximo de colonização e de esporulação em temperaturas diferentes, enquanto outras as possuem numa mesma

temperatura. *Glomus claroidium* e *Acaulospora laevis* tiveram seus máximos de colonização e esporulação à 30° C, enquanto que *Glomus clarum* e *Scutellospora pellucida* tiveram seus máximos de colonização à 30° C e de esporulação à 24° e 36° C, respectivamente. Esses autores constataram também que esporos da mesma espécie tiveram seus diâmetros afetados pela temperatura, estando eles inversamente relacionados com a temperatura; a esporulação foi mais afetada que o desenvolvimento da planta. Evidências de que outras estruturas fúngicas como arbúsculos, vesículas e micélio possuem seus ótimos próprios de desenvolvimento, foram também apresentados por SCHENCK & SCHRODER (1974).

Fig. 1. Efeito da temperatura sobre a esporulação de Glomus clarum e Scutellospora pellucida.

2.4.5. Planta hospedeira

As espécies de plantas diferem em suas susceptibilidade e capacidade de colonização micorrízica, sendo que há aquelas que o fazem muito debilitadamente ou não se micorrizam, enquanto outras, como a mandioca, o cafeeiro e citros, além de poderem apresentar altos índices de colonização, apresentam elevado grau de dependência (HOWELER, 1981; MENGE et alii, 1978 e 1982 e LOPES et alii, 1983c).

A influência de plantas não hospedeiras na micorrização de plantas hospedeiras e na esporulação tem sido avaliada com resultados diversos. KRUCKELMANN (1975) observou que em áreas com espécies das famílias Chenopodiaceae e Cruciferae,

tidas como não hospedeiras, o número de esporos tornou-se extremamente baixo. Segundo HAYMAN et alii (1975), esta influência negativa pode ocorrer devido a substâncias tóxicas ou inibidoras nos exsudatos de raízes, o que inibiria a colonização destas e com possibilidade de produção de menor número de esporos. Contudo, OCAMPO et alii (1980) e OCAMPO & HAYMAN (1981) não detectaram redução na colonização em plantas hospedeiras cultivadas juntas e posteriormente ao cultivo de plantas não-hospedeiras; WARNER & MOSSE (1982) obtiveram dados que sugerem a grande influência da espécie hospedeira na colonização e disseminação micorrízica.

Muitos trabalhos têm evidenciado a influência da planta hospedeira no nível da colonização micorrízica (IQBAL et alii, 1981) e no padrão de esporulação (SUTTON & BARRON, 1972; KRUCKELMANN, 1975; KOSKE & HALVORSON, 1981; IQBAL et alii, 1981; BONONI & TRUFEM, 1983; GIOVANNETTI, 1985; TRUFEM & BONONI, 1985 e SAIF, 1986) sendo que a mudança no padrão de esporulação e a distribuição de esporos ocorre a nível qualitativo e quantitativo em função do hospedeiro (BONONI & TRUFEM, 1983 e TRUFEM & BONONI, 1985).

2.5. Introdução de Fungos MVAs

A literatura tem mostrado que diferentes espécies de fungos MVAs diferem em sua capacidade de colonização, de esporulação e de efeito nas plantas. A maioria dos trabalhos de

seleção de espécies de fungos MVAs tem sido feitos em condições controladas, utilizando substrato esterilizado, obtendo-se as mais variadas respostas. Tem sido obtido aumento no desenvolvimento de inúmeras culturas de interesse econômico; sendo de 2.000% em cebola (HAYMAN & MOSSE, 1971), 820% em *Paspalum notatum* (MOSSE, 1972), 1.090% e 1.680% em citros (MENGE et alii, 1978 e CARDOSO et alii, 1986), 1.000% em mandioca (KHAN et alii, 1980), 583% no cafeeiro (LOPES et alii, 1983c) e 245% em soja (CARDOSO, 1985). LOPES et alii (1980) avaliando o efeito da inoculação de diferentes espécies de fungos MVAs em siratro (*Macroptilium atropurpureum*) obtiveram aumentos na produção da parte aérea na ordem de 36% a 1.354%.

Os resultados espetaculares obtidos pela inoculação de fungos MVA em condições estéreis, não são repetidos na mesma magnitude quando em condições de campo (TOMMERUP, 1974).

Nos últimos anos tem sido dado enfoque para trabalhos em condições de campo; pois segundo HAYMAN (1975), observações nestas condições são extremamente importantes para conclusões mais realísticas da importância dos fungos MVAs na agricultura. Estudos da população de fungo MVA nativo, suas relações ecológicas, sua potencial eficiência em condições de campo, são necessários, como argumentado por PAULA et alii (1988), pois muitas vezes fungos introduzidos em condições de solo esterilizado apresentam características simbióticas promissoras, porém em condições de solo não-esterilizado, com

elevada população nativa, podem revelar baixa adaptabilidade e/ou competitividade.

Segundo MOSSE (1973), uma vez selecionada uma espécie eficiente de fungo, esta pode ser introduzida com o objetivo de substituir a população nativa, pois nem sempre as espécies com ocorrência natural são mais favoráveis às plantas hospedeiras (MOSSE, 1975 e 1977), podendo esta eficiência ser dependente das espécies nativas (HEPPER et alii, 1988). A primeira observação concorda com a de KLEINSCHMIDT & GERDEMANN (1972) em citros, POWELL (1976) e POWELL & DANIEL (1978) em trevo, OWUSU-BENNOAH & MOSSE (1979) em cebola, alfafa e cevada, LOPES et alii (1983c) em café e PLENCHETTE et alii (1981) em maçã.

Em condições de campo LOPES et alii (1983c) e LOPES et alii (1989) plantando mudas de cafeeiros pré-inoculadas com *Gigaspora margarita*, em solo deficiente em P, obtiveram aumentos de 450% na produção de grãos nas duas primeiras colheitas, sendo que, após a 60. colheita, as plantas inoculadas ainda foram significativamente superiores às não-inoculadas; enquanto plântulas de maçã micorrizadas tiveram maior desenvolvimento que plantas não micorrizadas e adubadas com o equivalente a 100 Kg de P/ha (PLENCHETTE et alii, 1981).

Outros trabalhos tem evidenciado uma maior eficiência de espécies introduzidas sobre espécies nativas, em

condições de solo não-esterilizado (KHAN, 1972 e 1975; BLACK & TINKER, 1977; POWELL, 1977; ABBOTT & ROBSON, 1978 e MOSSE & HAYMAN, 1980).

As questões mais importantes da introdução de espécies de fungos MVAs selecionados em condições de campo, são o estabelecimento, a disseminação e a persistência no solo (WARNER & MOSSE, 1982). Pouco é conhecido sobre a disseminação e persistência de um endófito introduzido, quando em competição com nativos (MOSSE, 1975). Segundo WILSON (1984), algumas espécies podem ser mais agressivas que outras, em estabelecerem-se, sendo esta agressividade apenas um dos fatores que lhes afetam a habilidade competitiva.

POWELL & DANIEL (1978a) trabalhando com *Glomus tenuis*, constataram que uma vez estabelecida a colonização por uma espécie eficiente, mesmo em poucas raízes, esta dissemina-se rapidamente superando outras espécies menos eficientes existentes no solo. *Glomus tenuis*, sugere CRUSH (1973), é um bom competidor, tornando-se dominante pela sua maior capacidade de absorver P, sendo esta hipótese sustentada por RABATIN (1979).

Em relação ao estabelecimento e persistência de uma espécie introduzida no solo, SCHRODER et alii (1981) detectaram a presença de *Scutellospora heterogama* três anos após sua introdução, através do transplante no campo de plântulas de capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) micorrizadas.

POWELL (1979) observou que diferentes espécies diferem na sua capacidade de desenvolvimento e disseminação através das raízes; assim como, a população indígena de um solo pode reduzir grandemente a disseminação de um fungo introduzido. Após 67 dias da introdução, *Gigaspora margarita* foi encontrado a 8 cm e *Glomus tenuis* a 28 cm do ponto de inoculação, na ausência de competidores. O mesmo autor constatou que *G. margarita* apresentou baixa disseminação mesmo na ausência de competidores, enquanto *G. tenuis* teve sua disseminação aumentada na presença de competidores presentes nas raízes, mas não quando da existência desses no solo.

A avaliação da capacidade competitiva, do estabelecimento e da eficiência de espécies introduzidas são de grande importância, porém WARNER & MOSSE (1982) salientam que é muito difícil quantificar a influência de espécies nativas na disseminação de espécies introduzidas em condições de campo.

GOULD & LIBERTA (1981) salientam a importância e a necessidade de estudos da influência da sazonalidade na viabilidade de propágulos e na produção de esporos. Têm sido feitas inúmeras observações de flutuações sazonais de fungos MVA's em vegetação nativa (BONONI E TRUFEM, 1983), em culturas anuais de interesse econômico (HAYMAN, 1970; SUTTON & BARRON, 1972; BLACK & TINKER, 1979; HETRICK & BLOOM, 1983; TRUFEM & BONONI, 1985 e BONONI et alii, 1988), em culturas perenes (ROLDAN-FAJARDO et alii, 1982 e NAPPI & JODICE, 1984), em plantas de dunas

(NICOLSON & JOHNSTON, 1979; GIOVANNETTI, 1985; SYLVIA, 1986 e GEMMA & KOSKE, 1988), em pastagens com gramíneas (SPARLING & TINKER, 1975 e RABATIN, 1979) e em samambaias (IQBAL et alii, 1981).

HAYMAN (1970), trabalhando com trigo e HETRICK & BLOOM (1983), em áreas de pradarias e de trigo em condições de campo em clima temperado, observaram grande influência da estação climática na abundância de esporos de fungos MVAs, observando maior número de esporos durante o verão. O mesmo foi observado por SUTTON & BARRON (1972) em culturas anuais (trigo, tomate, milho e morango) e por SYLVIA (1986) em plantas de dunas, onde o aumento no número de esporos ocorreu de abril/maio a agosto, no verão; SUTTON & BARRON (1972) observaram no morangueiro que o alto número de esporos permaneceu constante até o próximo verão.

BONONI & TRUFEM (1983) e TRUFEM & BONONI (1985) em levantamentos em condição de clima tropical em plantas nativas de cerrado e em oito culturas de interesse econômico em área sob cerrado, observaram maior número de esporos na época mais quente e úmida (primavera/verão), ficando evidente a influência da sazonalidade qualitativa e quantitativamente.

2.6. Flutuação Sazonal de Fungos MVAs

A influência da sazonalidade no padrão de esporulação está condicionada ao hospedeiro, pois foram

observados comportamentos diferenciados de esporulação para diferentes hospedeiros, mostrando que as diferentes espécies de fungos possuem capacidades próprias de esporulação e são influenciados diferentemente pelos fatores dos hospedeiros e ambientes (SUTTON & BARRON, 1972; BONONI & TRUFEM, 1983 e SYLVIA, 1986).

A produção de esporos pode estar correlacionada com o estágio de desenvolvimento do hospedeiro, pois em inúmeras condições foi encontrado maior número de esporos após o crescimento radicular, maturação ou senescência do hospedeiro (HAYMAN, 1970; SUTTON & BARRON, 1972; NICOLSON & JOHNSTON, 1979; IQBAL et alii, 1981; GIOVANNETTI, 1985; SYLVIA, 1986; BONONI et alii, 1988 e KOSKE, 1988).

Segundo MOSSE (1973) e IQBAL et alii (1981), existe grande dificuldade em distinguir o efeito da sazonalidade de outros efeitos, como estágio do desenvolvimento da planta na formação da associação micorrízica e, principalmente, na produção de esporos. ROLDAN-FAJARDO et alii (1982) sugerem que a proporção de raízes micorrizadas e não-micorrizadas nas culturas se mantém constante durante o florescimento e a formação do fruto, quando fotossintetatos são desviados para processos consumidores de energia.

Para condições de plantas perenes, tem sido sugerido que os fungos MVAs possuem comportamentos distintos dos observados em plantas anuais (GEMMA & KOSKE, 1988). BAYLIS

(1969), trabalhando com plantas perenes em condições de clima temperado, onde o crescimento radicular é mais ou menos contínuo, observou que poucos esporos eram produzidos, apesar do alto nível de colonização radicular. O mesmo autor sugeriu que talvez nestas condições não exista um estímulo para a produção de esporos, uma vez que o crescimento radicular não foi intermitente, observações estas que concordam com as de SPARLING & TINKER (1975).

SPARLING & TINKER (1975), trabalhando com gramíneas em pastagens, observaram baixa esporulação durante o ano todo, apesar do nível de colonização radicular ter sido alto; sendo o maior índice de colonização constatado no verão e permanecendo em torno de 40 % menor, no outono, inverno e primavera. RABATIN (1979), observando a colonização de *Glomus tenuis* em gramíneas, em solo deficiente em P, constatou maior colonização na primavera, em áreas de baixa umidade, e no fim do verão ou estação de crescimento, nas áreas de alta umidade. A influência da umidade na colonização micorrízica foi confirmada por BOLGIANO et alii (1983), que observaram aumento da colonização com a redução da umidade, nas mesmas condições de teores de fósforo.

NAPPI & JODICE (1984) verificaram em macieiras que o número de esporos decresceu e o índice de infecção aumentou do verão para o outono. Dados mais ou menos semelhantes foram obtidos por ROLDAN-FAJARDO et alii (1982) em árvores de amendôas,

onde a colonização aumentou durante o inverno e primavera até o verão, quando começou a decrescer; o número de esporos teve um aumento crescente na primavera com um pico no outono e um decréscimo acentuado no inverno. Essas observações não concordam com a de GIOVANNETTI (1985), que observou em plantas de dunas percentagem de colonização micorrízica constante durante o outono, com ligeiro aumento de Janeiro a Junho decrescendo porém durante o verão.

Em condições de clima tropical, SAIF (1986) observando população de fungo MVA associado a espécies forrageiras, constatou que o número de esporos aumentou de abril/junho (outono) e manteve constante até novembro (meados da primavera), e a colonização foi maior no início da estação chuvosa e menor na estação seca.

Existe muita dificuldade em se fazer comparações dos diferentes trabalhos, pela diversidade de ambiente, como clima, solo, hospedeiro, espécies de fungos MVAs encontradas e na maneira pela qual os trabalhos são conduzidos.

Assim, visto a importância ecológica e agronômica dos fungos MVAs e a influência de fatores bióticos e abióticos no seu estabelecimento e na sua grandeza populacional, fica claro a necessidade de estudos que procurem aumentar o conhecimento do comportamento destes fungos em condições naturais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em um experimento que vinha sendo conduzido no Centro Experimental de Campinas, Fazenda Santa Elisa, do Instituto Agrônomo, e cujos resultados parciais de produção foram divulgados por LOPES et alii, (1988).

O Centro Experimental de Campinas está localizado a 22° 53' S, 47° 4' W e 663 metros de altitude. O clima, segundo a classificação internacional de KÖPPEN, está numa transição entre os tipos Cwa e Cfa, significando sub-tropical de altitude, com inverno frio e seco e verão quente e úmido.

3.1. Caracterização do Experimento

O experimento foi instalado em 02/12/81 utilizando o cultivar Mundo Novo - CP 379-19, num Latossolo Vermelho Amarelo argiloso, sob cerrado, cuja análise físico-química encontra-se na tabela 1. Esse experimento teve como objetivo original avaliar o comportamento de plantas provenientes de mudas inoculadas e não-inoculadas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo, em condições de campo.

Tabela 1. Composição química e granulométrica do solo da área do experimento, na profundidade de 0-10 cm sob cafeeiros adultos adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova (média de 6 repetições).

Dose de Fósforo	COMPOSIÇÃO			QUÍMICA			
	pH-CaCl2	MO	P	K	Ca	Mg	Al+H
		%	ppm	-----meq/100 ml de terra-----			
P0	3,85	2,84	3,7	0,32	0,34	0,19	5,49
P1	3,86	2,98	4,5	0,35	0,38	0,26	5,50
P2	3,88	2,85	5,2	0,36	0,35	0,24	5,68
P3	3,84	2,86	6,3	0,29	0,30	0,19	5,85
COMPOSIÇÃO		GRANULOMÉTRICA		CLASSE		TEXTURAL	
areia		silte		argila			
----- % -----							
53	11		36		argiloso		

As mudas foram inoculadas com *Gigaspora margarita* Becker & Hall, procedente da Estação Experimental de Rothamsted, Inglaterra. Esta espécie foi previamente selecionada como eficiente em cafeeiro, empregando-se solo esterilizado, em casa-de-vegetação (LOPES et alii, 1983c). Previamente à instalação do experimento, foi constatado que as plantas não-inoculadas estavam isentas de colonização micorrízica, enquanto que as inoculadas apresentavam em torno de 46,5% de colonização.

O experimento foi montado num esquema de parcela sub-dividida, em blocos casualizados, sendo amostrados os seguintes tratamentos de sub-parcelas, em parcelas inoculadas e não-inoculadas:

- P0 - Sem fósforo;
- P1 - 50 g superfosfato triplo/cova;
- P2 - 100 g superfosfato triplo/cova;
- P3 - 152 g fosfato alvorado/cova.

Sendo cada sub-parcela composta por duas covas e cada cova por duas plantas, com seis repetições.

3.2. Estudo Preliminar Sobre Amostragem

Para definir o local a ser amostrado, procurou-se, preliminarmente, determinar a região sob a copa dos cafeeiros com ocorrência de maior quantidade de raízes finas, percentagem

de colonização micorrízica e do número de esporos, em relação a distância do tronco, direção e profundidade de coleta. Em fevereiro de 1987, portanto cinco anos após o plantio, foram amostradas seis plantas, ao acaso, na bordadura do ensaio, tomando-se três amostras em linhas e três em ruas dos cafeeiros, para que fosse possível visualizar influências do sombreamento nos parâmetros densidade de raízes, percentagem de colonização e número de esporos (Figura 1).

Para a retirada das amostras, demarcou-se uma fatia da área de projeção de uma copa média das árvores (1,10 m de raio) correspondente a 1/16 dessa área. O valor do raio (1,10 m) foi definido pela média das determinações dos raios de 20 plantas, observadas na área do ensaio. A unidade amostral por planta (fatia da projeção da copa) foi coletada nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, e sendo sub-dividida em três regiões com distâncias do tronco de 0,5m (D1); 0,75m (D2) e 1,10m (D3), que correspondem a volumes de 4,9; 6,1 e 12,7 dm³, respectivamente (Figura 2).

Do volume de solo coletado em cada amostra foram separadas as raízes finas (iguais ou menores de 1 mm de diâmetro). Uma porção de 0,5 g foi utilizada para avaliação da percentagem do comprimento de raízes colonizadas, e o restante foi seco em estufa com circulação de ar a 65° C, até peso constante, para determinação da umidade.

Figura 1. Esquema da posição de coleta da amostragem preliminar na linha e na rua, correspondente a 1/16 da área da projeção da copa média (raio de 110 cm).
1 = Amostragem na linha; 2 = Amostragem na rua.

Figura 2. Esquema da demarcação efetuada para as unidades das amostras de solo e de raízes nas diferentes posições sob cafeeiros adultos, em área correspondente a 1/16 da projeção da copa média (raio de 110 cm).
 P = Profundidade; D = Distância do tronco.

3.3. Amostragem Bimestral

As amostragens tiveram início em março de 1987, e foram feitas seis coletas bimestrais. Essas amostragens correspondem aos bimestres março/abril (02/04/87), maio/junho (03/06/87), julho/agosto (24/08/87), setembro/outubro (26/10/87), novembro/dezembro (28/12/87) e janeiro/fevereiro (12/02/88).

Dada a necessidade de coletar seis amostras durante o ano na mesma planta, o local das amostragens foram distribuídas de maneira sistemática sob a copa das plantas. A amostra de cada sub-parcela foi composta de duas sub-amostras, sendo uma retirada numa das covas, na linha e outra na rua, em posições opostas de influência, ou na linha/rua em posição intermediária (Figura 3). Elas foram retiradas a 0,30m do tronco, numa área superficial de 0,10 x 0,10m na profundidade de 0,10m, levando em consideração os resultados da amostragem preliminar. Todo volume de solo e raízes, correspondente a esse volume, uma sub-amostra, foi retirado e levado ao laboratório.

3.4. Variáveis Avaliadas

3.4.1. Peso de matéria seca de raízes finas

Do volume de solo coletado em cada amostragem, foram separadas as raízes finas (iguais ou menores de 1 mm de diâmetro), como procedida no estudo preliminar. Uma amostra de

Figura 3. Esquema das coletas bimestrais. Os círculos representam as projeções das copas dos cafeeiros de uma sub-parcela. Os números de 1 a 6 referem-se às posições de coleta das sub-amostras que compuseram as amostras de cada bimestre.

0,5 g foi utilizada para avaliação da percentagem do comprimento de raízes colonizadas, e o restante foi seco em estufa com circulação de ar a 65° C, até peso constante, para determinação da unidade.

3.4.2. Colonização Micorrízica

As amostras de raízes reservadas para avaliação da colonização, foram colocadas em frascos contendo FAA (formol, ácido acético e etanol 50% na relação de 2,6 : 1 : 40), para conserva-las até um momento oportuno para a avaliação. O clareamento e coloração foram feitos baseando-se no método de PHILLIPS & HAYMAN (1970), colocando-se as amostras, individualmente, em frascos com solução de KOH 10 % em banho-maria a 95° C por duas horas. Lavou-se então abundantemente em água corrente e colocou-se em H₂O₂ 10 volumes (preparado na hora do uso) por seis minutos, após o que novamente, lavou-se abundantemente e acidificou-se em HCl 5% por seis minutos. Procedeu-se então a coloração, sem lavagem em água, com trypan-blue em lactoglicerol 0,05 %, deixando-se as amostras em banho-maria a 95° C por cinco minutos. As raízes já coradas foram lavadas abundantemente em água e colocadas em solução de lactoglicerol, para retirar o excesso de corante.

! A avaliação da percentagem do comprimento de raízes colonizadas pelo fungo micorrízico foi feita pelo método

da placa riscada segundo GIOVANNETTI & MOSSE (1980). As raízes coradas foram cortadas em segmentos com cerca de 1 cm e espalhadas em placa de Petri, a qual tinha o fundo marcado com linhas formando um quadriculado, cujos quadrados mediam 0,5 polegada. A avaliação foi feita em microscópio estereoscópico marca Nikon modelo SMZ-10 TD, com aumentos de 13 a 80 vezes em iluminação diascópica, observando a presença ou ausência de estruturas fúngicas características, nos pontos de intersecções das raízes com as linhas do quadriculado.

No cálculo da percentagem do comprimento de raízes colonizadas, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\begin{array}{l} \text{\% do comprimento de} \\ \text{\quad raiz colonizada} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{No. de intersecções} \\ \text{com presença de MVA} \end{array}}{\text{No. total de intersecções}} \times 100$$

3.4.3. Quantificação dos Esporos

Dos volumes de solo coletados, tanto na amostragem preliminar como nas bimestrais, foram separadas alíquotas de 100 ml, após homogeneização de cada amostra, e feita a separação dos esporos através do peneiramento úmido segundo GERDEMANN & NICOLSON (1963). Essas alíquotas foram suspendidas em dois litros de água através de uma agitação vigorosa, para que um maior número de partículas entrassem em suspensão, e deixada em

repouso por 30 segundos, para que as partículas mais densas que os esporos sedimentassem e o sobrenadante fosse passado através de peneiras de 710 e 44 μ m de abertura de malha. Esse processo foi repetido por duas vezes. Em seguida, foi feita a centrifugação (2500 g) do material retido na peneira de 44 μ m de abertura de malha, após sua suspensão em solução de sacarose 40% (OHMS, 1957), para que fossem eliminadas as partículas mais densas que os esporos. A quantificação dos esporos foi feita utilizando-se placa nematológica com anéis concêntricos, em microscópio estereoscópico marca Bausch & Lomb e Nikon, modelo SMZ-10 TD, com aumentos de 13 a 80 vezes, em iluminação espiscópica.

3.5. Multiplicação das Espécies de Fungos MVAs

As diferentes espécies encontradas foram multiplicadas em vasos de 400 ml com plantas, utilizando-se como substrato solo + areia (1:9) autoclavado por duas horas a 121 °C e tendo como planta hospedeira o sorgo-vassoura (*Sorghum vulgare* Pers.) ou a braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf. Prain). Sendo procedida a inoculação destas com esporos das respectivas espécies de fungos MVAs.

3.6. Identificação das Espécies de Fungos MVAs

As espécies de fungos MVAs encontradas nas amostras, foram identificadas preliminarmente através das

características morfológicas dos esporos. Fez-se então a multiplicação dos distintos tipos de esporos em plantas hospedeiras e confirmada sua identificação, utilizando-se o manual de SCHENCK & PEREZ (1987).

Para a identificação dos esporos das diferentes espécies, procedeu-se ao preparo de lâminas permanentes, colocando-se os esporos em uma gota de PVL (álcool polivinílico + lactoglicerol) e recobrando-os com lamínula.

As observações das características morfológicas, como: forma, tamanho, posição da hifa terminal, presença de apêndices, e principalmente características da parede, foram feitas em microscópio óptico marca Nikon modelo AFM, com aumentos de 32 a 800 vezes.

3.7. Dados Climatológicos

Os dados climatológicos diários de precipitação e temperatura do solo a 5 cm de profundidade, referentes ao período de 01 de março de 1987 a 29 de fevereiro de 1988 foram fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas. A temperatura média bimestral foi obtida através da média mensal e esta a partir da média diária, que é a resultante das leituras efetuadas as 7:00, 14:00 e 21:00 horas.

3.8. Análises Estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância de acordo com o delineamento experimental original do ensaio de parcelas sub-divididas, acrescentando-se o fator época num esquema de sub-sub-parcela. Para as comparações das médias utilizou-se o Teste de Tukey, sendo que a variável "número de esporos" foi previamente transformada para $\log(x+1)$, por ser esta a melhor transformação para este parâmetro que, segundo St. JOHN (1989), tem uma distribuição binomial negativa.

A variável percentagem do comprimento de raiz colonizada foi transformada para

$$\text{arco seno } \sqrt{x/100}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estudo preliminar sobre a amostragem

Os resultados das contagens de esporos efetuadas em amostras de solo da rizosfera de cafeeiros adultos, levando-se em conta a direção, distância do tronco e profundidade da coleta, estão apresentadas na tabela 2. Constatou-se que não houve diferenças estatísticas no número de esporos nas diferentes posições de amostragens. Contudo pelos dados obtidos é possível calcular que a linha apresentou número de esporos de valor absoluto 19% maior que a rua.

Com relação a percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica, também não foram observadas diferenças estatísticas para as diferentes posições de amostragens (Tabela 3). Porém pode-se observar que as amostras das linhas tenderam a ser ligeiramente superiores às da rua.

Os dados médios da quantidade de raízes finas em cada posição de coleta da amostra encontram-se na figura 4, podendo-se observar que houve uma predominância de raízes finas na profundidade de 0-10 cm para as três distâncias do tronco; 91% do total de raízes finas observadas na linha e 80% na rua estavam naquela profundidade.

Tabela 2. Número de esporos recuperados em amostras de solo coletadas sob a copa de cafeeiros adultos a duas profundidades em três posições de distância do tronco, na direção da linha e da rua (média de 3 repetições).

Direção da	Profundidade (cm)	Distância do tronco (cm)		
		0-50	50-75	75-110
----- no. esporos / 100 ml -----				
Linha	0 - 10	144	116	136
	10 - 20	176	256	216
Rua				
Rua	0 - 10	219	168	198
	10 - 20	88	84	120

Tabela 3. Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiro com colonização micorrízica observadas em amostras coletadas sob a copa de planta adulta a duas profundidades em três posições de distância do tronco, na direção da linha e da rua (média de 3 repetições).

Direção da	Profundidade (cm)	Comprimento de raiz colonizada		
		Distância do tronco (cm)		
Amostragem		0 - 50	50 - 75	75 - 110
		----- % -----		
Linha	0 - 10	54,1	67,4	60,0
	10 - 20	57,3	61,3	55,7
Rua	0 - 10	50,3	45,3	48,7
	10 - 20	49,0	53,0	49,7

Figura 4. Comprimento de raízes finas nas diferentes posições amostradas sob a projeção da copa de cafeeiros adultos. A = na direção da rua; B = na direção da linha (média de 3 repetições).

Na posição de 0-50 cm de distância do tronco na profundidade de 0-10 cm observou-se maior quantidade de raízes finas, sendo 61% na linha e 48% na rua.

Esses dados estão em concordância com INFORZATO (1963) que observou, em cafeeiro adulto, maior densidade de raízes menores de 5 mm de diâmetro numa distância de até 25 cm do tronco, diminuindo à medida que esta distância foi aumentada. Porém não concordam plenamente com RENA & MAESTRI (1987) que observaram também em cafeeiros, maior concentração de raízes absorventes entre 30 e 60 cm de profundidade e 50 e 80 cm do tronco. Entretanto, esses autores salientam que, em outras observações, a maior concentração de raízes absorventes estiveram mais próximas do tronco, em contraste com o consenso geral de que a maioria das raízes absorventes ativas estão localizadas próximo à projeção vertical das extremidades das ramificações laterais da copa.

Com base nesses resultados, definiu-se que as amostragens bimestrais deveriam ser efetuadas a profundidade de 0-10 cm e numa distância de até 50 cm do tronco.

4.2. Amostragem Bimestral

4.2.1. Peso de matéria seca de raízes finas

A tabela 4 mostra os valores de peso de matéria seca de raízes finas nas parcelas não-inoculadas e inoculadas com *G. margarita*, onde pode-se visualizar que a inoculação deste fungo não aumentou a produção de raízes finas.

Os dados de peso de matéria seca de raízes finas nas diferentes doses e fontes de fósforo aplicado no plantio encontram-se na tabela 5, onde observa-se que houve resposta à aplicação de fósforo, pois todos os tratamentos adubados foram superiores estatisticamente ao controle sem fósforo (P0).

A produção de raízes finas também apresentou variação sazonal (Tabela 6), sendo que julho/agosto e setembro/outubro foram as épocas com menor quantidade de raízes finas e janeiro/fevereiro com maior quantidade.

Os dados da tabela 6 e da figura 6 sugerem que, de março/abril a setembro/outubro, a produção de raízes finas teve ligeiro declínio, provavelmente, devido à baixa temperatura e precipitação pluvial (Figura 5), aumentando com o início do período chuvoso até janeiro/fevereiro. As parcelas inoculadas com *G. margarita* foram ligeiramente superiores à não-inoculadas, em todas as épocas de amostragens. No desdobramento época dentro de inoculação, nas parcelas NI a amostragem de janeiro/fevereiro

Tabela 4. Peso de matéria seca de raízes finas, percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica e número total de esporos em cafeeiros adultos provenientes de mudas não-inoculadas (NI) e inoculadas (I) com *G. margarita* (média de 6 repetições).

Tratamento de	Peso seco de	Comprimento de	* Número total
Inoculação	raízes finas	de raízes com	d e
		colonização	esporos
	----- g -----	----- % -----	-- no./100 ml --
N I	0.89 a	34,25 b	372 b
I	0,92 a	38,11 a	440 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% (Teste de Tukey).

A comparação das médias foi efetuada entre inoculação

* Na análise estatística os dados foram transformados para $\log(x+1)$

Tabela 5. Peso de matéria seca de raízes finas, percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica e número total de esporos em cafeeiros adultos adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova (média de 6 repetições).

Dose de Fósforo	Peso seco de raízes finas	Comprimento de raízes com colonização	* Número total de esporos
	----- g -----	----- % -----	--- no./100 ml ---
P0	0,67 b	37,7 a	308 c
P1	0,93 a	36,2 ab	412 b
P2	0,96 a	35,6 ab	429 b
P3	1,05 a	35,2 b	475 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5 % (Teste de Tukey)

A comparação das médias foi efetuada entre doses e fontes de fósforo

* Na análise estatística os dados foram transformados para $\log(x+1)$

Tabela 6. Peso de matéria seca de raízes finas, percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica e número total de esporos em cafeeiros adultos, em diferentes épocas de amostragens (médias de 6 repetições).

Época de Amostragem	Peso seco de raízes finas	Comprimento de raízes com colonização	* Número total de esporos
	----- g -----	----- % -----	-- no./100 ml--
março/abril	0,86 bc	36,9 a	198 e
maio/junho	0,89 bc	38,1 a	351 d
julho/agosto	0,69 c	37,4 a	449 c
setembro/outubro	0,69 c	32,1 b	572 a
novembro/dezembro	0,98 b	39,4 a	477 a
janeiro/fevereiro	1,34 a	33,3 b	389 cd

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível 5 % (Teste de Tukey)

A comparação das médias foi efetuada entre épocas de amostragens

* Na análise estatística os dados foram transformados para $\log(x+1)$

Figura 5. Dados climatológicos de precipitação pluvial e de temperatura do solo a 5 cm de profundidade, no Centro Experimental de Campinas, no período de 01/03/87 a 29/02/88.

Figura 6. Peso seco de raízes finas de cafeeiros observados em seis épocas de amostragens em plantas adultas provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

foi superior estatisticamente às demais, enquanto nas I a quantidade de raízes finas em janeiro/fevereiro foi superior estatisticamente às amostragens de março/abril, julho/agosto e setembro/outubro.

Na interação inoculação-fósforo (Figura 7), o desdobramento inoculação dentro de fósforo mostra que não existiu nenhuma diferença para as diferentes doses e fontes de fósforo aplicado no plantio. Foi observado tendência dos tratamentos que receberam P serem superiores ao P₀, nas parcelas inoculadas e não-inoculadas com *G. margarita*.

No estudo da interação fósforo-época, pode-se dizer que os tratamentos de adubação fosfatada apresentaram o mesmo comportamento, tendo o controle (P₀) situado num nível inferior (Figura 8).

4.2.2. Colonização micorrízica

A percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica apresentou valores médios em todas as épocas de amostragens, ficando abaixo de 45 %. Esses valores são superiores aos obtidos por LOPES et alii (1983b) em cafeeiros adultos na região central do Estado de São Paulo, onde os valores médios observados ficaram em torno de 19,15 %.

Os resultados de percentagem de raízes colonizadas nas parcelas não-inoculadas e inoculadas com *G. margarita*

Figura 7. Peso seco de raízes finas de cafeeiros observados em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Figura 8. Peso seco de raízes finas de cafeeiros observados em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.

encontram-se na tabela 4, onde pode-se visualizar que as parcelas inoculadas apresentaram valores estatisticamente superiores aos das não-inoculadas.

Gigaspora margarita tem como característica de sua colonização, a ausência de vesículas internas (BECKER & HALL, 1976), sendo as avaliações dos índices de colonização baseadas na presença de arbúsculos, hifas e vesículas externas. Neste trabalho, convém ressaltar que, apesar de não terem sido quantificadas as diferentes estruturas micorrízicas durante o período de amostragem, foram visualizadas poucas vesículas, notando-se, entretanto, a presença de hifas e arbúsculos. Porém isso ocorreu tanto para as parcelas inoculadas como para as não-inoculadas.

Na tabela 5 encontram-se os dados de percentagem do comprimento de raízes com colonização micorrízica nos tratamentos que receberam diferentes doses e fontes de fósforo aplicados no plantio. Pode-se visualizar que houve a tendência da percentagem de colonização ser inversamente proporcional à aplicação de fósforo, sendo que o controle sem fósforo (P0) foi estatisticamente superior ao fosfato alvorada (P3).

Como mostra a tabela 6, houve variação sazonal na percentagem de colonização, onde os valores observados em setembro/outubro e janeiro/fevereiro foram estatisticamente inferiores aos observados nas demais épocas de amostragem. Pode ser aventada a hipótese de que este declínio na percentagem de

colonização em janeiro/fevereiro tenha sido devido ao rápido desenvolvimento de raízes finas no período chuvoso e temperaturas mais altas, o que diluiu a colonização radicular, que não conseguiu disseminar-se na mesma proporção. Já em setembro/outubro, a queda na colonização talvez tenha sido consequência da menor presença de raízes finas, em decorrência de temperaturas mais baixas e menor umidade. Os dados deste trabalho não concordam plenamente com os obtidos por RABATIN (1979), que observou maior percentagem de colonização em gramíneas na primavera, em condições de baixa umidade.

No estudo da interação inoculação-época (Figura 9) quando é analisada a inoculação dentro de época de amostragem, pode-se constatar que as parcelas inoculadas com *G. margarita* foram superiores estatisticamente às não-inoculadas em maio/junho, setembro/outubro e novembro/dezembro. Para época dentro de inoculação as parcelas NI e I apresentaram comportamento mais ou menos similar, sendo que nas NI apenas em novembro/dezembro a percentagem de colonização foi superior estatisticamente às observadas em setembro/outubro e janeiro/fevereiro.

Analisando-se o efeito da inoculação dentro de fósforo (Figura 10), pode-se visualizar que as parcelas inoculadas com *G. margarita* foram superiores estatisticamente as não-inoculadas em todas as doses e fontes de fósforo aplicado no plantio, com exceção do controle sem fósforo (P0).

Figura 9. Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiros com colonização micorrízica, observadas em seis épocas de amostragens em plantas adultas provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

Figura 10. Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiros com colonização micorrízica, observadas em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculadas ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

No estudo da interação fósforo-época (Figura 11), pode-se constatar que, de modo geral, a menor percentagem do comprimento de raízes colonizadas foi observada em setembro/outubro e janeiro/fevereiro, para todas as doses de P aplicado. O tratamento controle (P0) apresentou comportamento distinto no período inicial de observação, com acentuado acréscimo no período de março/abril e maio/junho

Não foi observada correlação entre percentagem de raízes colonizadas e número de esporos, observações esta em concordância com as de MOSSE & BOWEN (1968), DAFT & NICOLSON (1969), HAYMAN & STOVOLD (1979), NICOLSON & JOHNSTON (1979), ALLEN & ALLEN (1980), KOSKE & HALVORSON (1981) e GIOVANNETTI & NICOLSON (1983), e em discordância com as de GIOVANNETTI (1985).

4.2.3. Número total de esporos

As médias do número total de esporos observadas nas amostras coletadas sob a copa de cafeeiros estão apresentadas nas tabelas 4, 5 e 6. A média geral do ensaio de 412 esporos por 100 ml de solo seco é elevada se comparada com as médias observadas por outros autores, em diversas espécies de plantas hospedeiras; HAYMAN (1970) observou, em amostras coletadas sob a cultura de trigo adubado com diferentes fertilizantes, uma média de 222 esporos por 100 ml de solo; LOPES et alii (1983b) observaram 67.6 esporos por 100 ml de solo também em cafeeiros na

Figura 11. Percentagem do comprimento de raízes de cafeeiros com colonização micorrízica observadas em seis épocas de amostragens em plantas adultas adubadas com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de inoculação.

região central de São Paulo; TRUFEM & BONONI (1985), em diversas culturas em solo de solo sob cerrado, observaram um número médio de 20,5 esporos por 100 ml e em vegetação nativa 25,4. Porém, é muito difícil discutir essas diferenças, devido ao pequeno número de observações e à diversidade de condições em função ao clima, solo e hospedeiro, bem como pelas diferentes condições metodológicas de trabalho e, principalmente, pelas espécies fúngicas encontradas, as quais possuem, intrinsicamente, diferente capacidade de esporulação.

Na tabela 4 observa-se que o número de esporos encontrados foi significativamente maior nas parcelas inoculadas, sendo 18% superior ao das não-inoculadas.

Os valores totais de esporos observados nos diferentes níveis e fontes de P encontram-se na tabela 5; o valor observado no P3 (fosfato alvorada) foi estatisticamente superior ao P1 e P2 (fosfato solúvel), sendo que todos os tratamentos que receberam P foram superiores ao controle (P0). Esta observação sugere que o fosfato de baixa solubilidade tenha tido um efeito residual superior ao do fosfato solúvel, contribuindo para melhor aproveitamento do P pelo fungo para produção de esporos ou este maior efeito residual pode ter ocorrido pelo baixo pH, o que pode ter proporcionado uma maior solubilidade. Estas observações e os dados de teores de fósforo disponível no solo (Tabela 1) não concordam com GOEDERT & LOBATO (1984), que não detectaram diferenças no efeito residual

de fosfato de baixa solubilidade e de fosfato solúvel após oito anos, porém concordam com as observações de HAMMOND et alii (1981), que constatarem maior efeito residual do fosfato de baixa solubilidade comparado ao fosfato solúvel, e com as de ALSTON & CHIN (1974), que obtiveram efeito superior do fosfato natural, principalmente quando da utilização de plantas micorrizadas com *Glomus tenuis*.

Com relação à época de amostragem (Tabela 6), observou-se maior esporulação na amostragem de setembro/outubro e menor em março/abril. De modo geral, pode-se dizer que o mesmo comportamento foi observado para as diferentes espécies de fungos MVAs. Estas observações concordam parcialmente com as obtidas por TRUFEM & BONONI (1983), que constatarem maior número de esporos em outubro e dezembro, e menor número em agosto. HAYMAN (1970), em trigo, observou maior número de esporos de dezembro a junho, aumentando consideravelmente em julho (verão) e decrescendo novamente em setembro; SUTTON & BARRON (1972), em culturas anuais, constatarem que o número de esporos aumentou no final do verão e outono, diminuindo novamente no verão; IQBAL et alii (1981), em samambaias, observaram que o número de esporos foi baixo no verão, aumentando durante o inverno e GIOVANNETTI (1985), em plantas de dunas, observou maior número de esporos em junho (final do inverno), decrescendo no verão, outono e inverno. Porém existe grande dificuldade em se fazer comparações entre trabalhos que envolvem estudos de flutuação sazonal, pois estes são conduzidos em diferentes condições quanto ao tipo e

características físico-química do solo, ano de condução do experimento, variabilidade existente com relação às espécies de plantas hospedeiras e, principalmente, pelas espécies de fungos MVAs observadas.

Muitos trabalhos relacionam o número de esporos com o estágio fisiológico da planta hospedeira. GIOVANNETTI (1985) constatou, em plantas de dunas, que o número de esporos decresceu drasticamente com a senescência da planta hospedeira e com o início da estação seca, quando existia baixa ou ausência de crescimento radicular. Entretanto, outros trabalhos constataram aumento no número de esporos no final do ciclo da planta hospedeira, tais como: HAYMAN (1970) em trigo, SUTTON & BARRON (1972) em milho, tomate, morango e trigo, IQBAL et alii (1981) em samambaia, BONONI et alii (1988) em amendoim e GEMMA & KOSKE (1988) em plantas de dunas. Este aumento no número de esporos pode ser devido, entre outros fatores, à diminuição no metabolismo da planta hospedeira e/ou pela morte das raízes colonizadas.

As plantas perenes, apesar de não possuírem final de ciclo como as plantas anuais, possuem um ciclo fisiológico, no qual não existe morte de todo sistema radicular, mas sim, um processo dinâmico de substituição das raízes, através da morte e crescimento concomitante e mais ou menos contínuo destas. Isso torna mais difícil relacionar o número de esporos com o estágio fisiológico da planta hospedeira.

Pelos resultados obtidos pode-se aventar a hipótese de que o crescente aumento no número de esporos, a partir de março/abril, pode ser devido à diminuição pluvial e temperatura (Figura 5), à maior disponibilidade ou menor competitividade interna de carboidrato na planta, entre outros fatores não observados.

Segundo RENA & MAESTRI (1987), os frutos de cafeeiros em crescimento, ou fase de granação, são os mais fortes drenos de carboidratos. Esta fase ocorre de meados de janeiro a final de março, onde as raízes são as primeiras a sofrerem com esta competição por carboidratos (CARELLI, 1987). Durante os períodos secos, com a planta em menor atividade fisiológica, as raízes, aparentemente, constituem-se nos drenos preferenciais de metabólitos (CANNELL, 1981), o que, provavelmente, pode ter favorecido a esporulação dos fungos MVAs.

Para inoculação dentro de época (Figura 12) pode-se observar um maior número de esporos em setembro/outubro e menor em março/abril. De modo geral, as parcelas NI e I com G. margarita tiveram o mesmo comportamento em função da época de amostragem, com exceção de janeiro/fevereiro. Nas parcelas I o número de esporos em setembro/outubro foi superior aos observados em março/abril e maio/junho, enquanto nas parcelas NI ocorreu uma maior variação sazonal, sendo que pode-se constatar que o número de esporos nas amostragens de julho/agosto, setembro/outubro e

novembro/dezembro foram estatisticamente superiores aos do primeiro semestre (março/abril, maio/junho e janeiro/fevereiro).

Os resultados da interação inoculação-fósforo (figura 13) nos mostra que o número de esporos nas parcelas I foi superior às NI em todas as doses e fontes de P, sendo esta superioridade significativa apenas na dose P2. Para fósforo dentro de inoculação, nas parcelas I parece ter havido uma tendência de resposta às crescentes doses de P. Como pode ser observado na tabela 5, houve um acentuado efeito residual do fosfato alvorada (P3) na produção total de esporos, quando comparado ao P0 (sem fósforo), dados estes que estão em concordância com ALSTON & CHIN (1974) que constatarem maior efeito residual de fosfato natural, principalmente quando da utilização em plantas micorrizadas.

A figura 14 mostra os valores médios de esporulação de fungos MVAs nas diferentes doses e fontes de P aplicados no plantio, em função da época de amostragem. Todas as doses e fontes de aplicação de P apresentaram número crescente de esporos a partir de março/abril, sendo que os níveis P0 e P2 atingiram o máximo em setembro/outubro e os P1 e P3 atingiram este máximo em novembro/dezembro.

Figura 12. Números totais de esporos observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

TOTAL DE ESPOROS

Figura 13. Números totais de esporos observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

TOTAL DE ESPOROS

Figura 14. Números totais de esporos observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.

4.2.4. - Espécies de fungos MVAs verificadas

Tendo como base as características morfológicas dos esporos encontrados, foram identificadas as sete seguintes espécies de fungos MVAs, pertencentes a três gêneros:

Acaulospora appendicula SPAIN, SIEVERDING & SCHENCK

Acaulospora dilatata MORTON

Acaulospora trappel AMES & LINDERMAN

Gigaspora gigantea (NICOL. & GERD.) GERD. & TRAPPE

Gigaspora margarita BECKER & HALL

Scutellospora gilmorei (TRAPPE & GERD.) WALKER & SANDERS

Scutellospora pellucida (NICOL. & SCHENCK) WALKER & SANDERS

As diferentes espécies de fungos MVAs apresentaram grande variabilidade na esporulação, sendo que o número médio de esporos no período de amostragem variou de 1,9 a 237 esporos por 100 ml de solo seco. A variabilidade da esporulação das diferentes espécies, porém em menor magnitude, já havia sido constatada por de LOPES et alii (1983b) em levantamento feito em fevereiro, ao constatarem também em cafeeiros uma variação de 2 a 24,6 esporos por 100 ml de solo, para as diferentes espécies encontradas.

A grande maioria dos esporos encontrados foram de espécies pertencentes ao gênero *Acaulospora*, o que reforça observações anteriores de que espécies deste gênero possuam características próprias de produção de grande número de esporos

e/ou sua alta adaptabilidade em solo com baixo pH, como sugerido por SIQUEIRA et alii (1986) e LAMBAIS & CARDOSO (1988). A alta adaptabilidade deste gênero já havia sido constatada por LOPES et alii (1983b), em levantamento em cafeeiros de 27 locais da região central do Estado de São Paulo, onde o pH variava de 4,7 a 6,8, sendo que esporos do gênero *Acaulospora* estavam presentes em todas as amostras.

Gigaspora margarita, a espécie introduzida há cinco anos através do plantio de mudas inoculadas, foi portanto detectada entre as espécies identificadas.

As espécies nativas, particularmente as predominantes, apresentaram comportamentos distintos de esporulação nas diferentes épocas do ano, nas diferentes doses e fontes de fósforo e, principalmente, pelo tratamento de inoculação com *G. margarita*.

A. trappei foi a espécie que apresentou maior esporulação, seguida de *A. dilatata*. Essas duas espécies ocuparam posição de destaque em relação às restantes e, *S. gilmorei* ocupou posição intermediária; as outras espécies apresentaram esporulação inexpressiva em relação às predominantes.

O comportamento de cada espécie em termos de esporulação, em função dos tratamentos de inoculação, aplicação de adubos fosfatados no plantio e da época de amostragens serão apresentados e discutidos em seguida.

4.2.4.1. *Gigaspora margarita*

Apesar do número de esporos de *Gigaspora margarita* ter sido baixo, com uma média de 2,5 esporos por 100 ml de solo seco, foi observada significância para a inoculação. Como se pode observar na tabela 7, 96 % dos esporos desta espécie foram encontrados nas parcelas que haviam sido plantadas com mudas previamente inoculadas com ela. Esta constatação da permanência da espécie de fungo MVA cinco anos após sua introdução, está em concordância com observações de SCHRODER et alii (1981), que detectaram a presença de alto número de esporos de *Scutellospora heterogama* (1638/100 ml de solo) três anos após sua introdução, através do transplante no campo de plântulas de capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) micorrizadas e de MOSSE et alii (1982) que, em alfafa, constataram a presença de 222 esporos de *Glomus caledonium* e 42 esporocarpos de *G. mosseae*, 21 meses após sua introdução.

Estas observações evidenciam a viabilidade da introdução de espécie exótica em condições de campo, em relação a sua permanência na presença de espécies nativas potencialmente mais adaptadas e mais agressivas.

O fato de a grande maioria dos esporos de *G. margarita* ter sido encontrada nas parcelas que haviam sido inoculadas sugere que esta espécie tem capacidade de persistência, mas baixa capacidade de disseminação no solo; esta

Última observação pode ser sustentada pelas observações de POWELL (1979), que constatou que esta espécie possui baixa capacidade de disseminação, mesmo na ausência de competidores; o mesmo autor também observou que a população micorrízica nativa de um solo pode reduzir a disseminação da espécie introduzida. A mesma conclusão é sugerida por WARNER & MOSSE (1982), porém os autores salientam que, em condições de campo, esta influência é muito difícil de ser quantificada.

O baixo número de esporos encontrado nas parcelas não-inoculadas (NI) (Tabela 7) reforça a hipótese de que *G. margarita* possui baixa capacidade de disseminação, pois, apesar do experimento ter sido submetido às condições normais de uma cultura de campo, não houve disseminação significativa das parcelas I para as NI. Porém convém salientar que esta suposição está baseada apenas na presença e no número de esporos desta espécie.

Para as crescentes doses de fosfato solúvel e o fosfato de baixa solubilidade (Tabela 8) não foram observadas diferenças estatísticas, na produção de esporos.

Os valores médios do número de esporos nas diferentes épocas do ano encontram-se na tabela 9, onde não se notam diferenças estatísticas como observado para outras espécies com maior número de esporos.

Tabela 7. Número de esporos das diferentes espécies observadas em solo sob a copa de caféiro adulto proveniente de mudas inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita* (média de 6 repetições).

Espécies de FMVA	M u d a s	
	I	NI
	----- n. esporos/100 ml -----	
<i>Acaulospora appendicula</i>	1.2 b	7.9 a
<i>Acaulospora dilatata</i>	165,0 a	120,0 b
<i>Acaulospora trappei</i>	247,0 a	227,0 b
<i>Gigaspora gigantea</i>	3,2 a	0,9 b
<i>Gigaspora margarita</i>	4,5 a	0,5 b
<i>Scutellospora gilmorei</i>	16,7 a	14,7 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	2,6 a	1,3 b

Na análise estatística os dados foram transformados para $\log(x+1)$

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5 % (Teste de Tukey)

A comparação das médias foi efetuada entre os tratamentos de inoculação das mudas, dentro da espécie de fungo

Tabela 8. Número de esporos das diferentes espécies observadas em solo sob a copa de cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo aplicado no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g de super fosfato triplo/cova; P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova (média de 6 repetições).

Espécies de FMVA	D o s e d e F ó s f o r o			
	P0	P1	P2	P3
----- no. esporos / 100 ml -----				
A. appendicula	2,5b	5,0a	4,6ab	6,0a
A. dilatata	98,0c	138,0b	157,0b	177,0a
A. trappei	191,0c	246,0ab	242,0bc	270,0a
G. gigantea	1,4a	2,1a	2,3a	2,3a
G. margarita	2,5a	2,3a	2,6a	2,5a
S. gilmorei	11,2b	15,7ab	19,6a	16,4ab
S. pellucida	1,6a	1,9a	1,9a	2,1a

Na análise estatística os dados foram transformados para $\log(x+1)$

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% (Teste de Tukey)

A comparação das médias foi efetuada entre doses e/ou fonte de fósforo, dentro de espécie de fungo

Tabela 9. Número de esporos das diferentes espécies observadas em solo sob a copa de cafeeiros adultos em seis épocas de amostragens (média de 6 repetições). Ap = *Acaulospora appendicula*; Ad = *A. dilatata*; At = *A. trappei*; Gg = *Gigaspora gigantea*; Gm = *G. margarita*; Sg = *Scutellospora gilmorei*; Sp = *Scutellospora pellucida*.

Espécies de	É p o c a d e A m o s t r a g e m						
	FMVA	M/A	M/J	J/A	S/O	N/D	J/F
----- no. esporos / 100 ml -----							
Ap	2,9bc	4,5ab	5,3ab	4,9abc	6,9a	2,8c	
Ad	58,0d	129,0c	158,0b	216,0a	153,0b	141,0bc	
At	123,0d	198,0c	268,0ab	320,0a	288,0a	225,0b	
Gg	1,9ab	1,9ab	2,9a	2,0ab	1,1b	2,3a	
Gm	1,4b	2,9a	1,9ab	2,8a	2,5ab	3,5a	
Sg	10,0d	12,7cd	11,3bc	23,2ab	24,6a	12,5bc	
Sp	0,7b	1,7ab	1,9ab	2,9a	1,4ab	2,8a	

Na análise estatística os dados foram transformados para $\log(x+1)$

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5 % (Teste de Tukey)

A comparação das médias foi efetuada entre épocas de amostragens, dentro de espécie de fungo

Para inoculação/época (Figura 15), no desdobramento inoculação dentro de época pode-se observar que as parcelas inoculadas (I) foram superiores às não-inoculadas (NI) em todas as épocas de amostragens. No desdobramento, as parcelas NI apresentaram em maio/junho um aumento na esporulação, que foi superior estatisticamente às outras épocas de amostragens. Nas parcelas I foi observado um comportamento distinto das NI, ocorrendo uma tendência de aumento continuado de março/abril a janeiro/fevereiro.

A figura 16 mostra os dados da interação inoculação/fósforo, onde no desdobramento inoculação dentro de fósforo, pode-se constatar a predominância desta espécie nas parcelas I, em todas as doses e fontes de P. Para fósforo dentro de inoculação não foram observadas diferenças estatísticas.

O crescente nível de fosfato solúvel e fosfato de baixa solubilidade apresentaram comportamento distinto de esporulação, em função das diferentes épocas do ano (Figura 17). De modo geral o nível P1 e o P3 apresentaram pouca variação durante o período de amostragem, o mesmo não ocorrendo com o P0 e o P2.

4.2.4.2. *Acaulospora appendicula*

Esta espécie também apresentou um baixo número de esporos em todas as doses e fontes de P, e em todas as épocas de

Gigaspora margarita

Figura 15. Números de esporos de *Gigaspora margarita* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

Gigaspora margarita

Figura 16. Números de esporos de *Gigaspora margarita* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Gigaspora margarita

Figura 17. Números de esporos de *Gigaspora margarita* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 e P2 = 100g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.

amostragens, com um número médio de 4,5 esporos por 100 ml de solo seco, durante o período observado.

A tabela 7 apresenta os valores médios de esporos das parcelas I e NI, onde pode-se observar que houve diferenças estatística, sendo que o número de esporos de *A. appendicula* nas parcelas NI foi 6,6 vezes maior ao das parcelas com a introdução de *G. margarita*. Esse fato sugere que a introdução desta espécie tenha influenciado negativamente a esporulação de *A. appendicula*. Influências negativas ou às vezes positivas de uma espécie sobre outra pode ser variável em função das espécies em questão ou das estruturas fúngicas envolvidas. Como observado por POWELL (1979), a colonização em plantas de trevo micorrizadas com *Glomus tenuis*, teve sua disseminação através das raízes numa taxa de 3,2 m por ano na ausência de competidores no solo e 0,43 m por ano na presença destes.

Com relação à aplicação de P (Tabela 8), pode-se constatar que houve resposta, a nível estatístico, à aplicação do fosfato solúvel nos dois níveis e do fosfato de baixa solubilidade.

Na tabela 9, onde são mostrados os dados do número de esporos nas diferentes épocas de amostragens, pode-se constatar que, apesar das médias de *A. appendicula* terem sido baixas, houve diferenças estatisticamente significativas.

Os dados das parcelas I e NI em função da época de amostragem encontram-se na figura 18, onde observa-se que em todas as amostragens a média do número de esporos de *A. appendicula* nas parcelas que não havia sido introduzido *G. margarita* foi significativamente superior ao das parcelas onde esta introdução ocorreu. Isto permite aventar a hipótese de que *G. margarita* tenha inibido a colonização e/ou a esporulação de *A. appendicula*.

No desdobramento época dentro de inoculação (Figura 18), as parcelas NI apresentaram, em novembro/dezembro, número de esporos estatisticamente superior ao observado em março/abril, maio/junho e janeiro/fevereiro. Nas parcelas I o número de esporos observado em maio/junho foi superior ao encontrado em setembro/outubro e janeiro/fevereiro. Pode-se visualizar que nas parcelas não-inoculadas houve uma tendência de aumento no número de esporos de março/abril a novembro/dezembro, enquanto que nas inoculadas houve uma tendência de decréscimo de maio/junho a janeiro/fevereiro. Essa tendência é inversa à observada com *G. margarita*. De modo geral, as parcelas inoculadas e não-inoculadas com *G. margarita* apresentaram comportamentos distintos de esporulação de *A. appendicula*.

O efeito da adubação fosfatada no número médio de esporos de *A. appendicula* foi semelhante ao observado com *G. margarita* (Figura 19), não havendo resposta na produção de esporos pelo efeito residual da aplicação das diferentes doses e

Acaulospora appendicula

Figura 18. Números de esporos de *Acaulospora appendicula* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

fontes de P. A figura 10 também permite visualizar que a influência negativa de *G. margarita* na esporulação de *A. appendicula* ocorreu em todos os níveis e nas duas fontes de fósforo.

No desdobramento do fator fósforo dentro de época foi possível constatar que a esporulação apresentou comportamento distinto nas diferentes doses e fontes de P, no decorrer do período de amostragem (Figura 20).

4.2.4.3. *Acaulospora dilatata*

Acaulospora dilatata foi a espécie que apresentou o segundo maior número de esporos em todas as épocas de amostragens. Do total de esporos encontrados 35% pertenciam a essa espécie, com um número médio de 142 esporos por 100 ml de solo seco. A alta esporulação verificada nessa espécie, como também em *A. trappetii*, pode ser uma evidência da boa adaptabilidade destas espécies às condições ambientais locais e/ou característica intrínseca dessas espécies em produzir grande número de esporos.

A tabela 7 mostra que o número de esporos de *A. dilatata* nas parcelas inoculadas com *G. margarita* foi 38% maior ao das parcelas não-inoculadas, sendo esta diferença significativamente superior. Isso sugere que esta espécie teve sua esporulação estimulada pela espécie introduzida, efeito este

Acaulospora appendicula

Figura 19. Números de esporos de *Acaulospora appendicula* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Acaulospora appendicula

Figura 20. Números de esporos de *Acaulospora appendicula* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.

diverso ao observado para *A. appendicula*. Influências negativas ou às vezes positivas de uma espécie sobre outra pode ser variável em função das espécies em questão ou das estruturas fúngicas envolvidas. O efeito benéfico da interação de fungos MVAs foi constatado por POWELL (1979) onde trevo micorrizado por *Glomus tenuis* teve a disseminação de sua colonização radicular sensivelmente estimulada pela presença de plantas micorrizadas por outras espécies de fungos, como *Glomus mosseae* e *Gigaspora margarita*.

Houve resposta positiva e significativa na produção de esporos ao P aplicado, sendo este efeito praticamente ascendente (Tabela 8). Houve também uma diferença significativa entre a média de esporos do tratamento com fósforo solúvel (P2) e fosfato alvorada (P3). Como um mesmo teor de fósforo foi adicionado nas duas fontes, a maior esporulação observada no tratamento com fosfato alvorada, pode ter sido pelo seu maior efeito residual à única aplicação efetuada na instalação do ensaio. Isso se constitui numa evidência de maior efeito residual para o fosfato natural, o que permite aventar a hipótese de que o fosfato de baixa solubilidade tenha apresentado maior efeito residual que o fosfato solúvel. Essa hipótese corrobora os dados de ALSTON & CHIN (1974) que observaram um maior efeito residual para o fosfato natural que o do fosfato solúvel, principalmente na presença de plantas micorrizadas.

Com relação ao efeito da época de amostragem, ocorreu um menor número de esporos em março/abril, sendo que a partir desta época houve um aumento contínuo, atingindo o máximo em setembro/outubro, e decrescendo nas duas últimas amostragens (Tabela 9).

Para interação inoculação-época, os resultados mostram que, em julho/agosto, setembro/outubro e novembro/dezembro, o número de esporos de *A. dilatata* foram semelhantes nos tratamentos inoculados e não-inoculados com *G. margarita* (Figura 21). Entretanto a média do número de esporos nos tratamentos inoculados foram superiores estatisticamente (5% e 1%) nas amostragens de maio/junho e janeiro/fevereiro. Para época dentro de inoculação, o número de esporos aumentou a partir de março/abril atingindo o máximo em setembro/outubro, tanto nas parcelas NI como nas I, com tendência de decréscimo nas amostragens seguintes. Apenas na última amostragem (janeiro/fevereiro), houve uma divergência na esporulação: o número de esporos aumentou nas parcelas inoculadas. De modo geral as parcelas não-inoculadas apresentaram maior variabilidade na esporulação, em função da época de amostragem.

No desdobramento inoculação dentro de fósforo (Figura 22) pode-se observar que o aumento na esporulação com a aplicação de P ocorreu tanto nas parcelas NI como nas I. Foi maior o número de esporos de *A. dilatata* nas parcelas inoculadas com *G. margarita* que nas não-inoculadas, em todos os níveis e nas

Acaulospora dilatata

Figura 21. Números de esporos de *Acaulospora dilatata* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

duas fontes de P. Para fósforo dentro de inoculação, o número médio de esporos nas parcelas inoculadas foi semelhante nos tratamentos com o fosfato alvorada (P3) e com o super triplo. Isso não ocorreu nas parcelas com mudas não-inoculadas, onde a esporulação foi maior no tratamento com fosfato natural.

No desdobramento de fósforo-época (Figura 23), pode-se observar que, de modo geral, houve uma tendência do número de esporos aumentar a partir de março/abril e decrescer após a amostragem de setembro/outubro, com exceção do P1, que a partir de julho/agosto manteve contínuo aumento no número de esporos, apesar desse aumento não ter sido acentuado como nos meses anteriores.

4.2.4.4. *Acaulospora trappel*

Acaulospora trappel foi a espécie que apresentou maior número de esporos em todas as épocas do ano, com um número médio de 237 esporos por 100 ml de solo seco, sendo que do total de esporos observados 58% pertenciam a essa espécie. Isto pode ser evidência de sua alta adaptabilidade às condições ambientais e/ou a sua capacidade de produzir grande número de esporos, como descrito por AMES & LINDERMAN (1976).

Como mostra a tabela 7, o número de esporos de *A. trappel* nas parcelas I foi estatisticamente superior ao das NI. Isso parece evidenciar que a introdução de G.

Acaulospora dilatata

Figura 22. Números de esporos de *Acaulospora dilatata* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Acaulospora dilatata

Figura 23. Números de esporos de *Acaulospora dilatata* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50g e P2 = 100g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.

margarita tenha influenciado positivamente a esporulação de *A. trappei*, como foi também observado para *A. dilatata*.

Para as diferentes doses e fontes de fósforo aplicado no plantio, pode ser observado também para esta espécie, que o fosfato alvorada apresentou um melhor efeito residual que o superfosfato triplo, na produção de esporos (Tabela 8). O maior efeito residual do fosfato de baixa solubilidade está coerente com os dados de maiores teores desse nutriente nos tratamentos com o fosfato natural aplicado no plantio, observados nos resultados das análises químicas, que foram efetuadas pelo método da resina (Tabela 1).

Os dados da tabela 9 mostram que houve uma influência sazonal na produção de esporos de *A. trappei*, tendo sido observado um maior número de esporos em setembro/outubro, e um menor em março/abril. As médias de esporulação, verificadas em setembro/outubro e novembro/dezembro, foram significativamente diferentes das demais.

No desdobramento da interação inoculação x época, pode-se constatar que o número de esporos das parcelas I foi superior estatisticamente ao das NI em maio/junho e janeiro/fevereiro, mas não em outras épocas de amostragens (Figura 24). Para época dentro de inoculação, pode-se visualizar que nas parcelas NI as amostragens do segundo semestre (julho/agosto, setembro/outubro e novembro/dezembro) apresentaram

número de esporos estatisticamente superior ao do primeiro semestre (março/abril, maio/junho e janeiro/fevereiro), enquanto nas parcelas inoculadas apenas na amostragem de março/abril, a média de esporos foi inferior às médias de outras épocas de amostragens.

A Figura 25 mostra os resultados do número de esporos de *A. trappel* referente à interação inoculação-fósforo. A forte tendência de maior esporulação em resposta à adição de fósforo não foi claramente observada nessa espécie. Da mesma forma, parece não ter havido sinergismo ou inibição da esporulação devido à pré-inoculação com *G. margarita*; apenas no tratamento com fosfato natural notou-se maior esporulação (não significativa) no tratamento inoculado.

Como mostra a Figura 26, *A. trappel* apresentou comportamento distinto de esporulação nas diferentes doses e fontes de P, em função da época de amostragem. No estudo das interações doses de fósforo x época de amostragem, verificou-se um comportamento bem semelhante para as doses P0 e P1, com aumento no número de esporos à partir de março/abril até novembro/dezembro, decrescendo na amostragem seguinte. Nas doses P2 e P3 os aumentos começaram também em março/abril, sendo que o decréscimo na dose P2 ocorreu à partir de novembro/dezembro e na P3 em janeiro/fevereiro. De modo geral, pode-se constatar, entretanto, que a esporulação no tratamento sem P foi inferior à das outras doses no decorrer do ano.

Acaulospora trappei

Figura 24. Números de esporos de *Acaulospora trappei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

Figura 25. Números de esporos de *Acaulospora trappei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Acaulospora trappei

Figura 26. Números de esporos de *Acaulospora trappei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de inoculação.

4.2.4.5. *Gigaspora gigantea*

Esta espécie, tal como *G. margarita*, apresentou um número de esporos bastante baixo em todas as épocas do ano, com uma média de 2,0 esporos por 100 ml de solo seco. A ocorrência de baixo número de esporos de *Gigaspora gigantea* associado à cafeeiros na região central do Estado de São Paulo já havia sido observado por LOPES et alii (1983b), que constatarem valores médios de 3,6 esporos por 100 ml de solo seco. KOSKE & HALVORSON (1981) e GEMMA & KOSKE (1988) encontraram em torno de 55 e 30 esporos por 100 ml de solo dessa mesma espécie, respectivamente, em solos de dunas em Rhode Island. Porém convém ressaltar que não só os solos mas, principalmente, as plantas hospedeiras eram bem diferentes.

Os valores médios do número de esporos de *Gigaspora gigantea* observados nas parcelas I e NI encontram-se na tabela 7, onde pode-se constatar que a esporulação foi sempre maior no tratamento inoculado, sendo esta diferença estatisticamente significativa. A superioridade das parcelas I foi constatada em todas as épocas de amostragens (Figura 27). Na análise conjunta, a esporulação nos tratamentos inoculados foi 3,6 vezes maior que a nos não-inoculados (Tabela 7).

Como mostra a tabela 8 não houve resposta significativa à aplicação de P na produção de esporos de *G. gigantea*. Com relação ao número médio de esporos nas diferentes

épocas do ano, também foi observada pouca variação (Tabela 9). Contudo, em solos de dunas, GEMMA & KOSKE (1988) observaram grande influência de fatores sazonais no número de esporos de *G. gigantea*, sendo que este número aumentou a partir da primavera atingindo o máximo no final do verão e no outono, correspondendo a fase de diminuição das atividades metabólicas da planta.

Para a interação inoculação x época de amostragem (Figura 27), as parcelas I foram estatisticamente superiores à NI em todas as épocas. Para época dentro de inoculação, pode-se observar que as parcelas NI não apresentaram diferenças para as épocas de amostragens, o que não ocorreu nas parcelas I, onde a amostragem de novembro/dezembro apresentou número de esporos estatisticamente inferior às outras épocas.

No estudo da interação inoculação x fósforo (Figura 28), pode-se observar que nas parcelas inoculadas com *G. margarita* o número médio de esporos de *G. gigantea* foi superior ao das parcelas não-inoculadas, em todas as doses e fontes de P. A figura mostra que as parcelas I tenderam a responder estatisticamente a crescentes aplicações de P, o mesmo não ocorrendo nas NI, o que permite que seja ensaiada a hipótese de que as parcelas I tenham apresentado uma tendência de maior aproveitamento do efeito residual do fósforo aplicado no plantio, com maior destaque para o P3 (fosfato alvorada).

Na figura 29 estão os dados do número de esporos

Gigaspora gigantea

Figura 27. Números de esporos de *Gigaspora gigantea* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

Gigaspora gigantea

Figura 28. Números de esporos de *Gigaspora gigantea* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Gigaspora gigantea

Figura 29. Números de esporos de *Gigaspora gigantea* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de inoculação.

do desdobramento fósforo dentro de época, onde pode-se observar um comportamento distinto de esporulação nas diferentes doses e fontes de P, em função da época de amostragem.

4.2.4.6. *Scutellospora gilmorei*

Embora *Scutellospora gilmorei* tenha apresentado um baixo número de esporos em todas as épocas do ano, o número médio de 15,73 esporos por 100 ml de solo seco foi considerado bem superior ao de *G. margarita* e *G. gigantea*. Esse número pode ser considerado alto quando comparado com os obtidos por LOPES et alii (1983b) em cafeeiros na região central do Estado de São Paulo, onde foi observado 2,2 esporos por 100 ml de solo; pode ser considerado médio se comparado aos de TRUFEM & BONONI (1985) em culturas de interesse econômico em solo sob cerrado, onde o número médio de esporos variou de 0,5 a 28 esporos por 100 ml de solo, dependendo do hospedeiro.

Não foram observadas diferenças significativas na esporulação de *S. gilmorei* entre os tratamentos sem inoculação e com inoculação de *G. margarita* (Tabela 7).

Com relação ao efeito do fósforo aplicado no plantio, os resultados apresentados na tabela 8 mostram uma tendência de resposta positiva para o número médio de esporos, sendo que apenas o tratamento P2 foi superior estatisticamente ao P0. Não houve diferença entre o número de esporos do tratamento com superfosfato triplo (P2) e do com fosfato natural (P3).

Com relação ao efeito da época de amostragem no número de esporos (tabela 9), pode-se visualizar uma tendência de acréscimo a partir de março/abril, atingindo-se o máximo em novembro/dezembro, com declínio em janeiro/fevereiro. Os números médios de esporos observados em setembro/outubro e novembro/dezembro foram significativamente maiores que os de março/abril e maio/junho. A influência da sazonalidade na produção de esporos de *S. gilmorei* também foi observada em culturas de interesse econômico sob cerrado, sendo o padrão de esporulação distinto para os diferentes hospedeiros (TRUFEM & BONONI, 1985).

Os resultados da interação inoculação-época encontram-se na figura 30, onde pode-se observar para época dentro de inoculação números crescentes de esporos mais ou menos semelhantes para as parcelas NI e I, no decorrer do período de amostragem; o pico de esporulação ocorreu em novembro/dezembro, sendo que as parcelas inoculadas atingiram seu pico em setembro/outubro enquanto nas não inoculadas notou-se acentuado declínio nessa mesma época, ocorrendo aumento em novembro/dezembro.

A figura 31 mostra os resultados da interação inoculação-fósforo. No desdobramento inoculação dentro de fósforo, apesar de não ter ocorrido diferenças estatísticas, as parcelas inoculadas com *G. margarita* tenderam a ter maior número de esporos de *S. gilmorei* em todas as doses e fontes de P, com

Scutellospora gilmorei

Figura 30. Números de esporos de *Scutellospora gilmorei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

exceção da dose P₁. Para fósforo dentro de inoculação, as parcelas I não apresentaram resposta a aplicação de P, o mesmo não ocorrendo nas parcelas NI, onde esta resposta existiu.

No desdobramento fósforo dentro de época (Figura 32) os resultados mostram que, no geral, todas as médias de esporulação nos tratamentos com ou sem P apresentaram uma tendência de aumento no número de esporos até setembro/outubro ou novembro/dezembro, estando o controle num nível inferior aos tratamentos que receberam fósforo. Entretanto, os tratamentos que receberam o fosfato alvorada apresentaram menor número médio de esporos que o P₂ na amostragem de março/abril e maior número que o P₀ em setembro/outubro.

4.2.4.7. *Scutellospora pellucida*

Scutellospora pellucida também apresentou uma esporulação bastante baixa em todas as épocas de amostragens, com um número médio de 1,9 esporos por 100 ml de solo seco. Essa média é pouco menor que a observada por LOPES et alii (1983b) que constatarem 5,6 esporos dessa espécie por 100 ml de solo em cafeeiros, e da observada por TRUFEM & BONONI (1985) em outras culturas de interesse econômico sob solo de cerrado, onde a média variou entre 2,3 a 6,5 esporos por 100 ml de solo, em função do hospedeiro.

Scutellospora gilmorei

Figura 31. Números de esporos de *Scutellospora gilmorei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Scutellospora gilmorei

Figura 32. Números de esporos de *Scutellospora gilmorei* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.

Apesar do baixo número de esporos, a tabela 7 mostra que os números observados nas parcelas inoculadas com *G. margarita* foram significativamente superiores às não-inoculadas.

Os valores médios do número de esporos observados nos tratamentos com as diferentes doses e fontes de fósforo, estão apresentados na tabela 8, onde pode ser observado que não houve diferenças significativas entre as médias.

Com relação à época de amostragem (Tabela 9), foi observada pequena variação, sendo que o menor número de esporos de *S. pellucida* ocorreu em março/abril, e o maior em setembro/outubro e janeiro/fevereiro. A influência de fatores sazonais na produção de esporos de *S. pellucida* também foi observada por TRUFEM & BONONI (1985) em culturas de interesse econômico sob cerrado, sendo constatado padrão de esporulação distinto em diferentes hospedeiros.

No desdobramento inoculação dentro de época, o número de esporos observados nas parcelas inoculadas foi ligeiramente superior, não estatisticamente, às parcelas não-inoculadas, em todas as épocas de amostragens, sendo observados dois picos, um em setembro/outubro e outro em janeiro/fevereiro (Figura 33).

A figura 34 apresenta os dados referentes à inoculação nas duas doses de superfosfato triplo e na de fosfato alvorada aplicados no plantio, não sendo observadas diferenças

Scutellospora pellucida

Figura 33. Números de esporos de *Scutellospora pellucida* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, provenientes de mudas pré-inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com *G. margarita*. A = inoculação dentro de época; B = época dentro de inoculação.

estatísticas. Os dados sugerem uma maior esporulação nos tratamentos inoculados com *G. margarita*. No desdobramento fósforo dentro de inoculação, o número de esporos nas parcelas inoculadas parece ter sido menos influenciado pela aplicação de P que nas parcelas não-inoculadas, onde, praticamente, o número de esporos não se alterou com a dose de fósforo aplicada. Já no desdobramento inoculação dentro de fósforo, observou-se que nas doses P0 e P2 (fosfato solúvel), a pré-inoculação com *G. margarita* aumentou significativamente a esporulação.

Os resultados do número de esporos desta espécie, nas diferentes doses e fontes de fósforo em função da época de amostragem, encontram-se na figura 35. No desdobramento fósforo dentro de época, foi observado diferença estatística somente em setembro/outubro, onde o nível P0 apresentou menor número de esporos. No desdobramento época dentro de fósforo pode-se visualizar que os diferentes níveis e fontes de P apresentaram comportamentos distintos em função da época de amostragem. De modo geral, a partir de setembro/outubro, houve uma maior variação na esporulação que nas épocas anteriores.

Scutellospora pellucida

Figura 34. Números de esporos de *Scutellospora pellucida* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses e fontes de fósforo no plantio, e inoculado ou não com *G. margarita*. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = inoculação dentro de fósforo; B = fósforo dentro de inoculação.

Scutellospora pellucida

Figura 35. Números de esporos de *Scutellospora pellucida* observados em seis épocas de amostragens em solo sob cafeeiros adultos, adubados com diferentes doses de fósforo no plantio. P0 = sem fósforo; P1 = 50 g e P2 = 100 g de super fosfato triplo/cova; P3 = 152 g de fosfato alvorada/cova. A = fósforo dentro de época; B = época dentro de fósforo.

5. C O N C L U S Õ E S

A partir dos resultados obtidos são permitidos as seguintes conclusões:

- * A maior densidade de raízes finas foi observada numa distância de até 50 cm do tronco, na profundidade de 0-10 cm.

- * Foi verificada influência de fatores sazonais na esporulação dos fungos MVAs, com maior número total de esporos ocorrendo em setembro/outubro, logo após o período de menor temperatura e precipitação pluvial.

- * A percentagem do comprimento de raízes colonizadas com fungos MVAs apresentou pouca variação sazonal, com menores índices ocorrendo em setembro/outubro e janeiro/fevereiro.

- * Foi verificada a permanência de *Gigaspora margarita*, a espécie introduzida há seis anos, e sua baixa capacidade de esporulação.

* Foi constatada a influência estimuladora ou inibitória da espécie introduzida sobre as espécies nativas, sendo esta influência diferenciada em função da espécie nativa envolvida.

* Foi verificado maior efeito residual do fosfato de baixa solubilidade do que a do super fosfato triplo na produção de esporos de fungos MVAs.

* Foi verificada a adaptabilidade de algumas espécies de *Acaulospora* na produção de grande número de esporos sob condições de baixo pH.

6. - LITERATURA CITADA

ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Growth stimulation of subterranean clover with vesicular-arbuscular mycorrhizas. Australian Journal Agricultural Research, Melbourne 28: 639-49. 1977.

ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. The effect of soil pH on the formation of VA mycorrhizas by two species of *Glomus*. Australian Journal Agricultural Research, Melbourne, 23: 253-61, 1985.

ALEXANDER, M. Microbial ecology. John wiley & Sons, In, New York, 511p., 1971.

ALLEN, E.B & ALLEN M.F. Natural re-establishment of vesicular-arbuscular mycorrhizae following stripmine reclamation in Wyoming. Journal of Applied Ecology, London, 17: 139-47, 1980.

ALLEN, M.F.; MOORE, T.S.Jr.; CHRISTENSEN, M. Growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal and no-mycorrhizal *Bouteloua gracilis* in a defined medium. Mycologia, New York, 71: 666-9, 1979.

ALSTON, A.M. & CHIN, K.M. Rock phosphate and superphosphate as sources of phosphorus for subterranean clover on an acid sandy soil. Australian Journal of Experimental Agricultural Animal Hus., 14: 358, 1974.

AMES, R.N. & LINDERMAN, R.G. *Acaulospora trappaei* sp. nov. Mycotaxon, New York, III: 565-9, 1976.

ANDERSON, R.C.; LIBERTA, A.E.; DICKMAN, L.A.; KATZ, A.J. Spatial variation vesicular-arbuscular mycorrhiza spore density. Bulletin of the Torrey Botanical Club, New York, 110: 519-25, 1983.

AZCON-AGUILAR, C. & BAREA, J.M. Field inoculation of *Medicago* with V.A. mycorrhiza and *Rhizobium* in phosphate-fixing agricultural soil. Soil Biology & Biochemistry, Oxford, 13: 19-22, 1981.

BAGYARAJ, D.J. Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In: POWELL, C.L. & BAGYARAJ, D.J., eds. VA Mycorrhiza, Boca Raton, CRC Press, Inc., 1984. Chapter 7. p.131-153.

BAREA, J.M. & AZCON-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Advances in Agronomy, New York, 36: 1-54, 1983.

BAYLIS, G.T.S. Host treatment and spore production by *Endogone*.
New Zealand Journal of Botany, Wellington, 7: 173-4, 1969.

BECKER, W.N. & HALL, I.R. *Gigaspora margarita*. A new species in
the *Endogonaceae*. *Mycotaxon*, New York, IV: 155-60, 1976.

BLACK, R.L.B. & TINKER, P.B. Interaction between the effects of
vesicular-arbuscular mycorrhiza and fertilizer phosphorus on
yields of potatoes in the field. *Nature*, London, 267: 510-
511, 1977.

BENJAMIN, R.K. Zygomycetes and their spores. In: KENDRICK, B.,
ed. *The whole fungus*. Ottawa, National Museum of Natural
Science, Vol. 2, 1979. p.573-620.

BERGEN, M. & KOSKE, R.E. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi
from sand dunes of Cape Cod, Massachusetts. *Transactions of
the British Mycological Society*, London, 83: 157-8, 1984.

BETHLENFALVAY, G.J. & PACOSVSKY, R.S. Light effects in
mycorrhizal soybeans. *Plant Physiology*, Lancaster, 73: 969-
72, 1982.

BIELESKY, B.L. Phosphate pool, phosphate transport, and
phosphate availability. *Annual Review of Plant Physiology*,
Palo Alto, 24: 225-52, 1973.

- BLACK, R. The role mycorrhizal symbiosis by the nutrition of tropical plants. In. MIKOLA, P. ed. Tropical Mycorrhiza Research, Oxford, Oxford University Press, 1980. cap.22. p.191-202.
- BLACK, R. & TINKER, P.B. The development of endomycorrhizal root systems. II - Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spore density. New Phytologist, Oxford, 83: 401-13, 1979.
- BOLGIANO, N.C.; SAFIR, G.R.; WARNCKE, D.D. Mycorrhizal infection and growth of onion in the field in relation to phosphorus and water availability. Journal of the American Society Horticulture Science, New York, 108: 819-25. 1983.
- BONONI, V.L.R. & TRUFEM, S.F.B. Endomicorrizas vesículo-arbusculares do cerrado da reserva biológica de Moji-Guaçu, SP, Brasil. Rickia, São Paulo, 10: 55-84, 1983.
- BONONI, V.L.R.; BARBOSA, L.M.; VIRIATO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em amendoim e em plantas invasoras da cultura. Hoehnea, São Paulo, 15: 1-9, 1988.
- BOWEN, G.D. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In. MIKOLA, P. ed. Tropical Mycorrhiza Research, Oxford, Oxford University Press, 1980. cap. 21. p.165-90.

CANNELL, M.G.R. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. *Annals of Applied Biology*, London, 67: 99-120, 1971.

CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de micorriza vesículo-arbuscular e fosfato de rocha na simbiose soja-*Rhizobium*. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 9: 125-130, 1985.

CARDOSO, E.J.B.N. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em soja, com *Rhizobium japonicum* e fosfato de rocha, em função do tipo de solo. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10: 17-23, 1986.

CARELLI, M.L.C. Estudo do processo de redução de nitrato durante o desenvolvimento inicial e no estágio reprodutivo de café (*Coffea arabica* L.). Campinas, 1987. 111p (Doutoramento - Universidade Estadual de Campinas).

CARLING, D.E.; RIEHLE, W.G.; BROEN, M.F.; JOHNSON, D.R. Effects of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on nitrate reductase and nitrogenase activities in nodulating and non-nodulating soybeans. *Phytopathology*, St. Paul, 68: 1590-96, 1978.

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. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10: 199-205, 1986.

COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: POWELL, C.L. & BAGYARAJ, D.J. eds. *VA Mycorrhiza*. Boca Raton, CRC Press, 1984. p.155-86.

CRESS, W.A.; THRONEBERRY, G.O.; LINDSEY, D.L. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and nonmycorrhizal tomato roots. *Plant Physiology*, Lancaster, 64: 484-7, 1979.

CRUSH, J.R. The effect de *Rhizopagus tenuis* mycorrhizas on rygrass cocksfoot, and sweet vernal. *New Phytologist*, Oxford, 72: 965, 1973.

DAFT, M.J. & EL-GIAHMI, A.A. Effects of *Glomus* infection on three legumes. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. eds., *Endomycorrhizas*, London, Academic Press, 1975. p.581-92.

DAFT, M.J. & NICOLSON, T.H. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. *New Phytologist*, Oxford, 65: 343-50, 1966.

DAFT, M.J.; HACSKAYLO, E.; NICOLSON, T.H. Arbuscular mycorrhizas in plants colonising coal spoils in Scotland and Pennsylvania. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. eds., *Endomycorrhizas*, London, Academic Press, 1975. p.561-80.

DANIELS, B.A. & TRAPPE, J.M. Factors affecting spore germination of the VAM fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycologia*, New York, 72: 456-71, 1980.

DAVIS, E.A.; YOUNG, J.L.; ROSE, S.L. Detection of high-phosphorus tolerant VAM-fungi colonizing hops and peppermint. *Plant and Soil*, The Hague, 81: 29-36, 1984.

DODD, J.; KRIKUN, J.; HAAS, J. Relative effectiveness of indigenous populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from four sites in the Negev. *Israel Journal of Botany*, Jerusalem, 32: 10-21, 1983.

DÖBEREINER, J.; ARRUDA, N.B.; PENTEADO, A.F. Problemas da inoculação de soja em solos ácidos. *Boletim do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Centro Sul*, Rio de Janeiro, 6: 1153-7, 1966.

FAQUIN, V. Cinética da absorção de fosfato, nutrição mineral, crescimento e produção da soja sob influência de micorriza vesículo-arbuscular (MVA). Piracicaba, 1988. 133p (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

FRANCO, A.A. & DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. Turrialba, San Jose, 330: 99-105, 1980.

FURLAN, V. & FORTIN, A.J. Formation of endomycorrhizas by *Endogone calospora* e *Allium cepa* under three temperature regimes. Naturaliste Canadian, Quebec, 100: 467-477, 1973.

GEMMA, J.K. & KOSKE, R.E. Seasonal variation in spore abundance and dormancy of *Gigaspora gigantea* and in mycorrhizal inoculum potencial of a dune soil. Mycologia, New York, 80: 211-6, 1988.

GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, 6: 397-418, 1968.

GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, London, 46: 235-246, 1963.

GERDEMANN, J.W. & TRAPPE, J.M. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. Mycologia Memoir, New York, New York Botanical Garden, 5: 1-76, 1974.

- GIANINAZZI-PEARSON, V.; FARDEAU, J.C.; ASIMI, S.; GIANINAZZI, S.
Source of additional phosphorus absorbed from soil by
vesicular-arbuscular mycorrhizal soybeans. *Physiologie
Végétale*, Paris, 19: 33-43, 1981.
- GIOVANNETTI, M. Seasonal variations of vesicular-arbuscular
mycorrhizas and Endogonaceous spores in a maritime sand dune.
Transactions of the British Mycological Society, London, 84:
679-84, 1985.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for
measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in
roots. *New Phytologist*, Oxford, 84: 489-500, 1980.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em
solos de cerrado. *Revista brasileira de Ciência do Solo*,
Campinas, 8: 97-102, 1984.
- GOULD, A.B. & LIBERTA, A.E. Effects of topsoil storage during
surface mining on the viability of vesicular-arbuscular
mycorrhiza. *Mycologia*, London, 73: 914-22, 1981.
- GRIFFIN, D.M. *Ecology of Soil Fungi*. New York, Syracuse
University Press, 1972.
- GUIDI, G.; PERA, A.; GIOVANNETTI, M.; POGGIO, G.; BERTOLDI, M.
Variations of soil compost amended soil microbial population
in a compost amended soil. *Plant and Soil*, The Hague, 106:
113-9, 1988.

GUPTA, P.L. & RORISON, I.H. Seasonal differences in the availability of nutrients down a podzolic profile. *Journal of Ecology*, London, 63: 521, 1975.

HAMMOND, L.L.; LEON, L.A.; ASHBY, J.A. Annual report of IFDC/CIAT. Phosphorus Project, Cali, Colombia, CIAT, 1981. 29p.

HALL, I.R. Endomycorrhizas of *Metrosideros umbellata* and *Weinmannia racemosa*. *New Zealand Journal of Botany*, Wellington, 13: 463-70, 1975.

HALL, I.R.; SCOTT, B.S.; HONSTONE, P.D. Effect of vesicular-arbuscular on response of "glassland Huia" and "Tamar" white clover to phosphorus. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, 20: 349-55, 1977.

HAYMAN, D.S. Endogone spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 54: 53-63, 1970.

HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VI. Effect of light and temperature. *New Phytologist*, Oxford, 73: 71-80, 1974.

HAYMAN, D.S. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B; TINKER, P.B. eds., *Endomycorrhizas*, London, Academic Press, 1975. p.495-509.

HAYMAN, D.S. & MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular. I. Growth of *Endogone* inoculated plants in phosphate-deficient soils. *New Phytologist*, Oxford, 70: 19-27, 1971.

HAYMAN, D.S. & MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. III. Increased uptake of labile phosphorus from soil. *New Phytologist*, Oxford, 71: 41-7, 1972.

HAYMAN, D.S. & TAVARES, M. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XV. Influence of soil pH on the symbiotic efficiency of different endophytes. *New Phytologist*, Oxford, 100: 367-77, 1985.

HAYMAN, D.S.; JOHNSON, A.M.; RUDDLESDIN, I. The influence of phosphate on *Endogone* spores and vesicular-arbuscular under field conditions. *Plant and Soil*, The Hague, 43: 489-95, 1975.

HEPPER, C.M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROSENDAHL, S.; SEN, R. Competition between three species of *Glomus* used as spatially separated introduced and indigenous mycorrhizal inocula for leek (*Allium porrum* L.). *New Phytologist*, Oxford, 110: 207-15, 1988.

HETRICK, B.A.D. Ecology of VA Mycorrhizal Fungi. In. POWELL, C.L. & BAGYRAJ, D.J. eds., VA Mycorrhiza, Boca Raton, CRC Press, 1985. p.35-55.

HETRICK, B.A.D. & BLOOM, J. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with native tall grass prairie and cultivated wheat. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 61: 2140-6, 1983.

HOWELER, R.H. The effect of mycorrhizal inoculation on the phosphorus nutrition of cassava. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R., eds., The soil/root system in relation to Brazilian Agriculture, Londrina, IAPAR, 1981. p.243-58.

INFORZATO, R. & REIS, A.J. Estudo comparativo do sistema radicular dos cafeeiros Bourbon Amarelo e Mundo Novo. Bragantia, Campinas, 22: 741-50, 1963.

IQBAL, S.H.; YOUSAF, M.; YOUNUS, M. A field survey of mycorrhizal associations in ferns of Pakistan. New Phytologist, Oxford, 87: 69-79, 1981.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report, Beltsville, 48: 692, 1964.

- JOHNSON, C.R.; MENGE, J.A.; SCHWAB, S.; TING, I.P. Interaction of photoperiod and vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth and metabolism of sweet orange. *New Phytologist*, Oxford, 90: 665, 1982.
- JOHNSON, P.N. Mycorrhizal Endogonaceae in a New Zealand forest. *New Phytologist*, Oxford, 78: 161-70, 1977.
- HANG, T.; ISLAN, R.; SANDERS, F.E.; AYANABA, A. Effect of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown on an alfisol. *Field Crops Research*, 3: 84-94, 1980.
- KHAN, A.G. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations on growth of cereals. I. Effects on maize growth. *New Phytologist*, Oxford, 71: 613-9, 1972.
- KHAN, A.G. Growth effects of VA mycorrhiza on crops in the field. In: SANDRES, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. eds., *Endomycorrhiza*, London, Academic Press, 1975. p.419-35.
- KLEINSCHMIDT, G.D. & GERDEMANN, J.W. Sterilizing of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. *Phytopathology*, St. Paul, 62: 1447-53, 1972.
- KOSKE, R.E. Distribution of VA mycorrhizal fungi along a latitudinal temperature gradient. *Mycologia*, New York, 79: 55-68, 1987.

KOSKE, R.E. & HALVORSON, W.L. Ecological studies of vesicular-arbuscular mycorrhizae in a barrier sand dune. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 59: 1413-22, 1981.

KRUCKELMANN, H.W. Effects of fertilizers soils , soil tillage, and plant species on the frequency of *Endogone chlamydosporae* and mycorrhizal infection in arable soils. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. eds., *Endomycorrhizas*, London, Academic Press, 1975. p.511-25.

LAMBAIS, M.R. & CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12: 249-55, 1988.

LOPES, E.S. Eficiência e especificidade das associações micorrízicas do tipo vesículo-arbuscular em gramíneas e leguminosas forrageiras, e no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Piracicaba, 1980. 111p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L. Efeito de espécies de micorrizas vesicular-arbusculares em siratro (*Macroptilium atropurpureum*). *Bragantia*, Campinas, 39: 241-5, 1980.

- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Revisão de Literatura. Caracterização das micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7: 01-19, 1983a.
- 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: 417-22, 1983b.
- 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-arbusculares. Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7: 137-41, 1983c.
- LOPES, E.S.; TOLEDO, S.V.; WUTKE, A.C.P.; CERVELLINI, G.S.; HIROCE, R. Efeitos do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* no desenvolvimento de mudas de cafeeiros c.v. Mundo Novo em condições de campo. In: 10o. Cong. Bras. Pesq. Cafeeiros. Poços de Caldas, MG. p.122-123, 1983d.
- LOPES, E.S.; TOLEDO, S.V.; WUTKE, A.C.P.; BALOTA, E.L.; HIROCE, R.; CERVELLINI, G.S. Efeitos do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* no desenvolvimento do cafeeiro cv. Mundo Novo em condições de campo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, III, Resumos, Piracicaba, SP, 1989. pg.70.

MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola - Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo. São Paulo, Agronômica Ceres Ltda, 1976. 528p.

MASON, D.T. A survey of numbers of *Endogone* spores in soil cropped with barley, raspberry and strawberry. Horticultural Research. Edinburgh, 4: 98-103, 1964.

MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. New Phytologist, Oxford, 81: 553-9, 1978.

MENGE, J.A.; JARRELL, W.M.; LABANAUSKAS, C.K.; OJALA, J.C.; HUSZAR, C.; JOHNSON, E.L.V. SIBERT, D. Predicting mycorrhizal dependency of troyer citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nurse mixtures. Soil Science Society of America Journal, Madison, 46: 762-8, 1982.

MOSSE, B. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. Nature, London, 239: 221-3, 1972

MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. Annual Review Phytopathology, Palo Alto, 11: 171-196, 1973.

MOSSE, B. Specificity in VA mycorrhizas. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B., eds., Endomycorrhizas, London, Academic Press, 1975. p.469-84.

- MOSSE, B. & BOWEN, G.D. The distribution of *Endogone* spores in some Australian and New Zealand soils, and in an experimental field soil at Rothamsted. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 51: 485-92. 1968.
- MOSSE, B. & HAYMAN, D.S. Mycorrhiza in agriculture plants. In: MIKOLA, P. ed., *Tropical Mycorrhiza Research*, Oxford, Oxford University Press, 1980. cap.25, p.213-30.
- MOSSE, B. & HEPPER, C. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in root organ cultures. *Physiology Plant Pathology*, New York, 5: 215-23, 1975.
- MOSSE, B.; POWELL, C.L.; HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. *New Phytologist*, Oxford, 76: 331-42, 1976.
- MOSSE, B.; WARNER, A.; CLARKE, C.A. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XIII. Spread of an introduced VA endophyte in the field and residual growth effects of inoculation in the second year. *New Phytologist*, Oxford, 90: 521-8, 1982.
- MURDOCH, C.L.; JACKOBS, J.A.; GERDEMANN, J.W. Utilisation of phosphorus sources of different availability by mycorrhizal and non-mycorrhizal maize. *Plant and Soil*, The Hague, 27: 329-34, 1967.

- NAPPI, P. & JODICE, R. VA Mycorrhizae of apples: the influence the soil treatments and season. In: Proceedings of the 6th. North American Conference on Mycorrhizae, Bend, Oregon, USA. 1984. p.318.
- NELSEN, C.E. & SAFIR, G.R. Increased drought resistance in onion plants by mycorrhizal infection. *Planta*, Berlin, 154: 407, 1982.
- NICOLSON, T.H. & JOHNSTON, C. Mycorrhiza in the gramineae. III. *Glomus fasciculatus* as the endophyte of pioneer grasses in a maritime sand dune. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 72: 261-8, 1979.
- OCAMPO, J.A. & HAYMAN, D.S. Influence of plant interactions on vesicular-arbuscular mycorrhizal infections. II. Crop rotations and residual effects of non-host plants. *New Phytologist*, Oxford, 333-43, 1982.
- OCAMPO, J.A.; MARTIN, J.; HAYMAN, D.S. Influence of plant interactions on vesicular-arbuscular mycorrhizal interactions. I. Host and non-host plant growth together. *New Phytologist*, Oxford, 84: 27-35, 1980.
- OHMS, R.E. A flotation method for collecting spores of a phycomycetous mycorrhizal parasite from soil. *Phytopathology*, St. Paul, 47: 751-2, 1957.

- OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, K.; TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agrônômica de fosfatos naturais. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8: 63-7. 1984.
- OWUSU-BENNOAH, E. & MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XI. Field inoculation responses in barley, lucerne and onion. *New Phytologist*, Oxford, 83: 671-9, 1979.
- PARADA, A. Efeito de fósforo e de micorriza vesículo-arbuscular no feijoeiro. Piracicaba, 1984. 138p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PAULA, M.A. & SIQUEIRA, J.O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. I. Colonização radicular, esporulação e acúmulo de nitrogênio. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campians, 11: 283-7, 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*. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12: 25-31, 1988.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 55: 158-161, 1970.

PLENCHETTE, C.; FURLAN, V.; FORTIN, A. Growth stimulation of apple in unsterilized soil under field conditions with VA mycorrhiza inoculation. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 59: 2003-8, 1981.

POWELL, C.L1. Mycorrhizal fungi stimulate clover growth in New Zealand hill country soils. *Nature*, London, 264: 436, 1976.

POWELL, C.L1. Mycorrhizas in hill-country soils. II. Effect of several mycorrhiza fungi on clover growth in sterilised soils. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, Wellington, 20: 59-62, 1977.

POWELL, C.L1. Spread of mycorrhizal fungi through soil. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, Wellington, 22: 335-9, 1979.

POWELL, C. L1. Phosphate response curves of mycorrhizal and nonmycorrhizal plants. III. Cultivar effects in *Lotus pedunculatum* Cav. and *Trifolium repens*. *New Zealand Journal Agriculture Reserch*, Wellington, 25: 217-22, 1982.

POWELL, C. L1. & DANIEL, J. Growth of white clover in undisturbed soils after inoculation with efficient mycorrhizal fungi. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, Wellington, 21: 675-81, 1978a

POWELL, C. L. & DANIEL, J. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from a phosphate deficient soil. *New Phytologist*, Oxford, 80: 351-8, 1978b.

RABATIN, S. Seasonal and edaphic variation in vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of grasses by *Glomus tenuis*. *New Phytologist*, Oxford, 83: 95-102, 1979.

RAIJ, B. van. Condições mínimas de eficiência para fosfatos alternativos ao superfosfato. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10: 235-9, 1986.

RATNAKE, M.; LEONARD, R.T.; MENGE, J.A. Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. *New Phytologist*, Oxford, 81: 543-52, 1978.

RENA, A.B. & MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T., eds., *Ecofisiologia da produção agrícola*. Potafos, Piracicaba, 1987. p.119-47.

RHODES, L.H. & GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. *New Phytologist*, Oxford, 75: 555-61, 1975

- RIBEIRO JR., W.Q.; FRANCO, A.A.; LOPES, E.S. Eficiência e competitividade de estirpes de *Bradyrhizobium* spp., para *Enterolobium contorsiliquum*, em latossolo ácido. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10: 219-225, 1986.
- ROLDAN-FAJARDO, B.E.; BAREA, J.M.; OCAMPO, J.A.; AZCON-AGUILAR, C. The effect of season on VA mycorrhiza of the almond tree and of phosphate fertilization and species of endophyte on its mycorrhizal dependency. *Plant and Soil*, The Hague, 68: 361-8, 1982.
- ROSS, J.P. Effect of nontreated field soil on sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with soybean. *Phytopathology*, St. Paul, 70: 1200-5, 1980.
- ROSS, J.P. & GILLIAM, J.W. Effecty of *Endogone* mycorrhiza on phosphorus uptake by soybeans from inorganic phosphates. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 37: 237-239, 1973.
- ROSS, J.P. & HARPER, J.A. Effect of *Endogone* mycorrhiza on soybean yields. *Phytopathology*, St. Paul, 60: 1552-6, 1970.
- ROSS, J.P. & RUTTENCUTTER, R. Population dynamics of two vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi and the role of hiperparasitic fungi. *Phytopathology*, St. Paul, 67: 490-6, 1977.

- SAIF, S.R. The influence of stage of host development on vesicular-arbuscular mycorrhizae and endogonaceous spore population in field-grown vegetable crops. I. Summer-grown crops. *New Phytologist*, Oxford, 79: 341-8, 1977.
- SAIF, S.R. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in tropical forage species as influenced by season, soil texture, fertilizers, host species and ecotypes. *Angewandte Botanik*, Berlin, 60: 125-39, 1986.
- SALINAS, J.G.; SANZ, J.I.; SIEVERDING, E. Importance of VA mycorrhizae for supply phosphorus to pasture plants in tropical Oxisols. *Plant and Soil*, The Hague, 84: 347-360, 1985.
- SANDERS, F.E. & TINKER, P.B. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. *Nature*, London. 233: 278-279, 1971.
- SCHENCK, N.C. & SCHRODER, V.N. Temperature response of *Endogone* mycorrhiza on soybean roots. *Mycologia*, New York, 66: 600-5, 1974.
- SCHENCK, N.C. & SMITH, G.S. Responses of six species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their effects on soybean at four soil temperatures. *New Phytologist*, Oxford, 92: 193-201, 1982.
- SCHENCK, N.C. & PEREZ, Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Gainesville. 245 p., 1987.

- SCHUBERT, A & HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XVI. Effectiveness of different endophytes at different levels of soil phosphate. *New Phytologist*, Oxford, 103: 79-90, 1986.
- SCHRODER, V.N.; GAMBLE, J.F.; SCHENCK, N.C.; DANTZMAN, C.L. Field establishment of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Science Society of Florida Proceedings*, Florida, 40: 142-3, 1981.
- SILVEIRA, A.P.D.; CARDOSO, E.J.B.N.; FAQUIN, V. Influência da micorriza VA no desenvolvimento do feijoeiro e nos parâmetros cinéticos de absorção radicular de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZA, II, Resumos, São Paulo, SP, 1987. pg.26.
- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas: forma e função. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZA, I, Lavras, 1987. Anais, p.5-32.
- SIQUEIRA, J.O. & COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento da simbiose. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10: 207-11, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; MAHMUD, A.W.; HUBBELL, D.H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares em relação à acidez do solo. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10: 11-6, 1986.

- SMITH, G.W. & SKIPPER, H.D. Comparison of methods to extract of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 43: 722-5, 1979.
- SPARLING, G.P. & TINKER, P.B. Mycorrhizas in Pennine grassland. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. eds., *Endomycorrhizas*, London, Academic Press, 1975. p.545-60.
- St. JOHN, T.V. & KOSKE, R.E. Statistical treatment of endogonaceous spore counts. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 91: 117-21, 1988.
- SUTTON, J.C. & BARRON, G.L. Population dynamics of *Endogone* spores in soil. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 50: 1909-14, 1972.
- SYLVIA, D.M. Spatial and temporal distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Uniola paniculata* in Florida foredunes. *Mycologia*, New York, 78: 728-34, 1986.
- THOMAZINI, L.I. Mycorrhiza in plants in the "Cerrado". *Plant and Soil*, The Hague, 41: 707-11, 1974.
- TINKER, P.B. Soil chemistry of phosphorus and mycorrhizal effect on plant growth. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. eds., *Endomycorrhizas*, London, Academic Press, 1975. p. 545-560.

- TINKER, P.B. Role of rhizosphere microorganisms in phosphorus uptake by plants. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J., eds., *The role of phosphorus in agriculture*, Madison, American Society of Agronomy, 1980. cap.22, p.617-54.
- TOMMERUP, I.C. Spore dormancy in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 81: 37-45, 1983.
- TOMMERUP, I.C. Persistence of infectivity by germinated spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 82: 275-82, 1984.
- TOMMERUP, I.C. & CARTER, D.J. Dry separation of microorganisms from soil. *Soil Biological Biochemistry*, 14: 69-71, 1982.
- TRUFEM, S.F.B. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. São Paulo, 1988. 358p. (Doutorado - Universidade de São Paulo).
- TRUFEM, S.F.B. & BONONI, V.L. Micorrizas vesículo-arbusculares de culturas introduzidas em área de cerrado. *Rickia*, São Paulo, 12: 165-187, 1985.

- VIDOR, C.; BROSE, E.; PEREIRA, J.S. Competição por sítio de infecção nodular entre estirpes de *Rhizobium japonicum* em cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merr.). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 15: 227-38, 1979.
- WALKER, C. & SANDERS, F.E. Taxonomic concepts in the endogonaceae: III. The separation of *Scutellospora* Gen. nov. from *Gigaspora* Gerd. & Trappe. *Mycotaxon*, Ithaca, 27: 169-82. 1986.
- WALKER, C.; MIZE, C.W.; MCNABB, Jr., H.S. Populations of endogonaceous fungi at two locations in central Iowa. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 60: 2518-29, 1982
- WANG, G.A.; STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B. Soil pH and vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: FITTER, A.H., ed., *Ecological interactions in soil*, Oxford, Blackwell Science Publications, 1985. p.219-24.
- WARNER, A. & MOSSE, B. Factors affecting the spread of vesicular mycorrhizal fungi in soil. I. Root density. *New Phytologist*, Oxford, 90: 529-36, 1982.
- WEDBERG, S.E. *Introduction to Microbiology*. Reinhold Books in the Biological Sciences. New York, 1967. 426p.
- WILSON, J.M. Competition for infection between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, Oxford, 97: 427-35, 1984.

WOOLHOUSE, H.W. Membrane struture and transport problems considered in relation to phosphorus and carbon movements and the regulation of endotrophic mycorrhizal associations. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B; TINKER, P.B., eds., *Endomycorrhizas*, London, Academic Press, 1975. p.209-40.