CONDIÇÕES EDÁFICAS QUE AFETAM O MICOTROFISMO DE
Stylosanthes guianensis (AUBL.) SW.

MARCIO RODRIGUES LAMBAIS
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Profª Drª. Elke J.B.N.Cardoso

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1987

À **Sandra**, por seu estímulo e
sua compreensão.

Ao meu filho **Guilherme**.

A minha **avó** e minha **mãe** pelas
oportunidades criadas.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Profª Drª Elke J.B.N. Cardoso, por sua orientação e sua grande amizade;

Ao Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes e seus docentes pelos ensinamentos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela cessão da bolsa;

Aos colegas do Curso de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola pela colaboração e sugestões;

Ao Dr. Paulo Bardauil, do Instituto de Zootecnia, pelas sementes;

Ao Dr. Francisco Krug, da Seção de Radioquímica do CENA, pela análise química das plantas;

Ao Dr. Antonio Roque Dechen e Dr. Quirino A. de C. Carmello do Departamento de Química da ESALQ pela análise de micronutrientes do solo;

Ao Dr. Paulo Sodero Martins pela discussão;

Ao Dr. J.M. Barea pelas sugestões e discussão;

À Drª Tsai S.M. Saito, da Seção de Microbiologia do Solo do CENA, pela cessão do microcomputador;

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

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Definição e conceito de micorrizas	3
2.2. As micorrizas vesículo-arbusculares: forma ção e desenvolvimento	4
2.3. Fatores que afetam as micorrizas vesículo- arbusculares	6
2.3.1. Fatores químicos	6
2.3.1.1. pH	6
2.3.1.2. Disponibilidade de fósforo e nitrogênio	10
2.3.1.3. Disponibilidade de outros nutrientes	13
2.3.1.4. Disponibilidade de alumí - nio	15
2.3.2. Fatores físicos	17
2.3.3. Fatores biológicos	18
2.4. O efeito das MVA na absorção de nutrientes	18
2.5. Micorrizas vesículo-arbusculares em Stylo- santhes	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Experimento 1- Efeito da calagem em um so- lo ácido na germinação de esporos de fun- gos micorrízicos vesículo-arbusculares ...	32

4.2. Experimento 2 - Efeito da calagem em um solo ácido no desenvolvimento de micorrizas vesículo-arbusculares em <i>Stylosanthes guianensis</i>	45
4.2.1. Desenvolvimento da colonização micorrízica	45
4.2.2. Desenvolvimento vegetativo de <i>S.guianensis</i>	57
4.2.2.1. Desenvolvimento da parte aérea	57
4.2.2.2. Desenvolvimento do sistema radicular	65
4.2.2.3. Relação entre parte aérea e sistema radicular	71
4.2.3. Absorção de nutrientes	72
5. CONCLUSÕES	88
LITERATURA CITADA	89

LISTA DE TABELAS

Página

1 - Análise química do solo utilizado nos experimentos, após correção da fertilidade	25
2 - Efeito da calagem em um solo ácido na germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares	33
3 - Valores de F obtidos na análise de variância da percentagem de germinação de esporos	34
4 - Efeito de diferentes níveis de fósforo e de cálcio na germinação de esporos de fungos micorrízicos-VA	40
5 - Coeficientes de correlação linear entre percentagem de germinação de esporos de fungos micorrízicos-VA e propriedades químicas do solo	43
6 - Efeito da calagem e do nível de fósforo no solo na colonização micorrízica de <i>Stylosanthes guianensis</i>	46
7 - Valores F obtidos na análise de variância de algumas variáveis	47
8 - Efeitos de diferentes associações micorrízicas vesículo-arbusculares sobre algumas variáveis analisadas	49

9 - Efeitos da calagem em um solo ácido sobre algumas variáveis analisados	49
10 - Efeito da calagem em um solo ácido na colonização de raízes de <i>S. guianensis</i> por diferentes fungos micorrízicos- VA	51
11 - Efeitos do nível de fósforo no solo sobre algumas variáveis analisadas	51
12 - Efeito do nível de fósforo de um solo ácido sobre a colonização micorrízica em <i>S. guianensis</i> .	52
13 - Variação percentual da colonização das raízes e da germinação dos esporos no solo com diferentes níveis de calcário, em relação ao solo sem calcário	52
14 - Coeficientes de correlação entre a percentagem de germinação dos esporos e a percentagem de colonização das raízes	54
15 - Coeficientes de correlação linear entre percentagem de colonização das raízes aos 40 e 80 dias e as propriedades químicas do solo	56
16 - Variação da produção de matéria seca da parte aérea de <i>S. guianensis</i> em um solo ácido com diferentes níveis de calcário e de P, diferentes associações MVA, e em diferentes épocas de colheita	58

17 - Variação percentual média ($\Delta\%$) da produção de matéria seca da parte aérea por <i>S. guianensis</i> , em relação ao controle não inoculado de cada tratamento	60
18 - Variação da matéria fresca do sistema radicular de <i>S. guianensis</i> em um solo ácido com diferentes níveis de calcário e de P, diferentes associações MVA, e em diferentes épocas de <u>co</u> lheita	66
19 - Efeito da calagem em um solo ácido no desenvolvimento do sistema radicular de <i>S. guianen</i> <i>sis</i> associado a diferentes fungos micorrízi - cos	70
20 - Efeitos da calagem, doses de fósforo e inocu lação com fungos MVA na absorção de nutrien tes por <i>S. guianensis</i>	73
21 - Valores de F obtidos na análise de variância da concentração e quantidade total de nu trientes na parte aérea de <i>S. guianensis</i> , nos solos com adição de P	80
22 - Médias da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea de <i>S. guianensis</i> para o fator FUNGO, nos solos sem adição de P	81

23 - Médias da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea de S. guianensis para o fator FUNGO, nos solos com adição de P ..	82
24 - Variação percentual da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea de S. guianensis com diferentes associações MVA, em relação ao controle não inoculado, nos solos com adição de fósforo	84
25 - Relação entre a concentração de nutrientes na parte aérea de S. guianensis	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 - Variação da percentagem de germinação de esporos para diferentes espécies de fungos micorrízicos-VA	35
2 - Variação da percentagem de germinação de esporos de fungos micorrízicos VA em um solo ácido com diferentes níveis de calcário	36
3 - Efeito de diferentes níveis de fósforo na germinação de esporos de <i>Glomus macrocarpum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	38
4 - Efeito de diferentes níveis de calcário na germinação de esporos de <i>Glomus macrocarpum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i> e <i>Gigaspora margarita</i>	41
5 - Desenvolvimento da colonização micorrízica em <i>S. guianensis</i> crescendo em solo ácido	54
6 - Correlação entre percentagem de colonização das raízes por fungos MVA e produção de matéria seca da parte aérea por <i>S. guianensis</i> em solos ácidos com e sem adição de fósforo.....	62
7 - Efeito de diferentes níveis de calcário na produção de matéria seca da parte aérea de <i>S. guianensis</i> associado a diferentes fungos MVA..	63

- 8 - Efeitos de diferentes níveis de fósforo e diferentes associações micorrízicas na produção de matéria seca da parte aérea de *S. guianensis* .. 67
- 9 - Efeito de associações micorrízicas na produção de matéria seca da parte aérea de *S. guianensis* em diferentes épocas de colheita 68

CONDIÇÕES EDÁFICAS QUE AFETAM O MICOTROFISMO DE
Stylosanthes guianensis (AUBL.)SW.

Candidato: MARCIO RODRIGUES LAMBAIS

Orientadora: Elke J.B.N. Cardoso

RESUMO

Com o objetivo de se estudar o micotrofismo de *Stylosanthes guianensis* e o comportamento de três associações micorrízicas vesículo-arbusculares em diferentes condições edáficas, foram feitos estudos de laboratório e casa-de-vegetação.

Em laboratório foram avaliados os efeitos da calagem em um solo ácido e da adubação fosfatada na germinação de esporos de *Gigaspora margarita*, *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora scrobiculata*.

Os efeitos da calagem e da adubação fosfatada no desenvolvimento das micorrizas e das plantas, aos 40, 60 e 80 dias após o plantio das sementes, foram avaliados em casa-de-vegetação.

De uma maneira geral, o *S. guianensis*, que ocorre naturalmente em solos muito pobres em P, mostrou uma grande dependência da adubação fosfatada e/ou da micorriza. O micotrofismo do *S. guianensis* aumenta em solos ácidos com baixos níveis de P.

Os processos de germinação dos esporos dos fungos MVA e de colonização das raízes são afetados pelas diferen

tes condições edáficas, dependendo da adaptabilidade dos fungos e/ou das micorrizas a tais condições.

Possíveis mecanismos que aumentam a tolerância do *S. guianensis* a níveis tóxicos de Al e Mn são discutidos.

**Stylosanthes guianensis (AUBL.)SW. AS AFFECTED BY
EDAPHIC CONDITIONS.**

Candidate: **MARCIO RODRIGUES LAMBAIS**

Adviser: **Elke J.B.N. Cardoso**

SUMMARY

Greenhouse and laboratory experiments were carried out in order to study the **Stylosanthes guianensis** mycotrophy and the behavior of three MVA associations under different edaphic conditions.

The effects of liming and phosphate fertilization on spore germination of **Gigaspora margarita**, **Glomus macrocarpum** and **Acaulospora scrobiculata** were evaluated under laboratory conditions. The same effects on plant growth and mycorrhizal development were also evaluated at 40, 60 and 80 days after planting under greenhouse conditions.

It was found that **S. guianensis**, which grows generally under low P level conditions, presented a great dependency on phosphate fertilization and/or on MVA association. At low P levels and low soil pH, the **S. guianensis** mycotrophy was even greater.

Spore germination and root colonization were affected by different edaphic conditions according to the fungal or to the mycorrhizal adaptability to such conditions.

Some mechanisms which may contribute to increase *S. guianensis* tolerance to Al and Mn toxic levels are also discussed.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (MVA) nos mais diferentes ecossistemas e sua importância ecológica tem sido amplamente estudadas (St. JOHN e COLEMAN, 1981).

Em condições edáficas que dificultam o desenvolvimento do sistema radicular, as micorrizas tornam-se particularmente importantes, aumentando o volume de solo explorado e o acesso a nutrientes que podem limitar o desenvolvimento vegetal.

Plantas com um sistema radicular com poucos pêlos absorventes tendem a ser micotróficas, isto é, dependem de fungos micorrízicos para a absorção de nutrientes e crescimento (BAYLIS, 1975).

O *Stylosanthes guianensis* tem se mostrado muito dependente da associação com fungos micorrízicos-VA, não só para o crescimento como também para a nodulação (MOSSE, 1981; JEHNE, 1984; CORDEIRO et alii, 1986; MOSQUIM et alii, 1986).

Mesmo sendo relativamente exigente em fósforo *S. guianensis* é encontrada naturalmente em solos muito pobres nesse nutriente, e com níveis altos de alumínio.

As variações das condições edáficas podem alterar tanto o desenvolvimento quanto a eficiência da micorriza, dependendo da interação fungo-planta-solo (ABBOTT e ROBSON, 1984).

A acidez do solo e a concentração de Al^{+3} têm um grande efeito sobre os fungos MVA, bem como sobre as micorrizas formadas, em maior ou menor grau, dependendo da adaptabilidade dos fungos e/ou das micorrizas envolvidas (MOSSE, 1981; SIQUEIRA et alii, 1982; WANG et alii, 1986; COLOZZI FILHO et alii, 1986).

Existem trabalhos que sugerem a possível participação das micorrizas no aumento da tolerância das plantas a níveis tóxicos de Al e Mn no solo (CARDOSO, 1984; MALUF et alii, 1987), sendo um fato muito importante a ser considerado em estudos de ecologia de plantas.

A utilização de *S. guianensis* como forrageira no Brasil tem como objetivo principal o aproveitamento dos solos de baixa fertilidade e com altos níveis de Al (THOMAS, 1984), daí a importância do estudo das MVA nesse gênero.

O estudo do desenvolvimento das diferentes micorrizas em solos ácidos também é de grande interesse, principalmente para a otimização dessas associações, visando uma futura aplicação prática.

Este trabalho pretende justamente estudar o micotrofismo de *S. guianensis* em diferentes condições edáficas e o desenvolvimento de suas micorrizas, para melhor compreensão dos fatores que determinam a maior ou menor eficiência de absorção de nutrientes em condições limitantes para a planta.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Definição e conceito de micorrizas

De acordo com WILCOX (1983), as associações simbióticas entre fungos e raízes são bastante diversificadas, havendo uma transição gradual entre o parasitismo e o mutualismo.

Durante o processo evolutivo, os fungos saprofíticos adquiriram mecanismos de infecção e patogênese, além de uma especialização nutricional, que atingem o máximo no biotrofismo obrigatório. Nesse estágio da evolução, existe uma perda da patogenicidade e o fungo torna-se mutualístico e verdadeiramente micorrízico.

SIQUEIRA (1986) propõe definir micorriza como uma "simbiose endofítica, biotrófica mutualística prevalente na maioria das plantas vasculares nativas e cultivadas espalhadas por toda a terra, sendo caracterizada pelo contato íntimo e perfeita integração morfológica entre o fungo e a planta, pela regulação funcional e troca de metabólitos ajustada a trazer benefícios mútuos".

No entanto, havendo algum desbalanceamento do sistema solo-planta-fungo, a simbiose mutualística pode tornar-se parasítica, de forma reversível ou irreversível, dependendo do tipo de desbalanceamento.

A presença de plantas micorrizadas em condições edafo-climáticas bastante adversas sugere que os endófitos, bem como os hospedeiros, passaram por um processo de coevolução, atingindo altos graus de interdependência.

2.2. As micorrizas vesículo-arbusculares: formação e desenvolvimento

As micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) são formadas basicamente por três componentes: as raízes do hospedeiro, as hifas do fungo no interior das raízes e as hifas externas que se estendem além da rizosfera.

Formadas por fungos da família **Endogonaceae**, as MVA ocorrem em aproximadamente 90% das plantas vasculares, com exceção das Cruciferae e Chenopodiaceae.

Podem ser diferenciadas pela ausência de alterações morfológicas nas raízes, pela penetração inter e intracelular com formação de estruturas típicas (vesículas, arbúsculos e esporos) nas raízes e/ou rizosfera.

A infecção tem início no contato de uma hifa, emitida por um propágulo (esporo, vesícula ou pedaço de raiz infectada), com a raiz de um hospedeiro adequado.

Em se tratando de colonização via esporo, os processos de germinação e crescimento do tubo germinado, bem como os fatores que interferem nesses processos são de grande importância.

A emissão do tubo germinativo pode se dar de formas diferentes dependendo da espécie do fungo, podendo o tubo germinativo emergir diretamente da parede do esporo (SWARD, 1981; DANIELS e TRAPPE, 1980), através da hifa de sustentação (DANIELS e TRAPPE, 1980; HEPPEL e SMITH, 1976) ou através de compartimentos periféricos formados no esporo (SWARD *et alii*, 1978; HALL, 1977; GERDEMANN e TRAPPE, 1974 ; OLD *et alii*, 1973; MOSSE, 1970).

SIQUEIRA (1987) discute os mecanismos bioquímicos que acompanham a germinação dos esporos e o crescimento do tubo germinativo.

Quando uma hifa infectante entra em contato com a raiz, há formação de um apressório, e a penetração tem lugar. As hifas intra-radiculares colonizam o córtex tanto inter quanto intracelularmente.

A hifa crescendo no interior de uma célula cortical individual pode ramificar-se dicotomicamente inúmeras vezes, formando ramos de aproximadamente 1 μ m. Essas estruturas altamente ramificadas, semelhantes a haustórios, são chamadas arbúsculos, e constituem os pontos de troca de metabólitos entre o fungo e a planta.

As hifas intra-radiculares podem frequentemente se dilatar em sua porção terminal ou intercalar e acumular gotículas de óleo, formando as vesículas, que podem funcionar como estruturas de reserva (HOLLEY e PETERSON, 1979) e/ou de propagação (GERDEMANN, 1968).

Uma vez estabelecida a associação, o fungo absorve nutrientes da solução do solo, translocando-os até os arbúsculos onde ocorrem as trocas por metabólitos originários

da fotossíntese (CABALA-ROSAND e DIAS, 1986). O balanço desses dois processos é que controla a natureza da simbiose, que pode variar de mutualística a antagônica (HARLEY e SMITH, 1983).

A diferenciação das hifas pode dar origem aos esporos, que têm processos de formação diferentes, dependendo da espécie, podendo ser tanto inter quanto intra-radiculares (OLIVEIRA, 1986).

Os fatores que determinam o início da esporulação são desconhecidos, mas sabe-se que muitos fatores podem interferir nesse processo (MENGE, 1978; KRUCKELMANN, 1975; SAIF *et alii*, 1975; SCHENCK e SCHRODER, 1974).

Os esporos formados, pedaços de raízes infectadas e hifas externas podem persistir no solo e emitir novas hifas, que podem reiniciar o processo de colonização.

2.3. Fatores que afetam as micorrizas vesículo-arbusculares

A formação, o funcionamento e a multiplicação das MVA são afetados por vários fatores químicos, físicos e biológicos, que podem atuar separada ou interrelacionadamente, direta ou indiretamente.

2.3.1. Fatores químicos

2.3.1.1. pH

O efeito do pH do solo sobre as MVA é difícil de ser avaliado isoladamente, uma vez que as propriedades químicas do solo variam em função do mesmo. Normalmente, nos ensaios que visam estudar o comportamento das MVA em diferentes valores de pH utiliza-se a calagem do solo como forma de se atingir os valores desejados.

As MVA têm sido encontradas em solos com pH variando de 2,7 a 9,2 (BOWEN, 1980; DAFT e EL-GIAHMI, 1975).

Segundo MOSSE (1981), algumas espécies de fungos MVA são dependentes do pH. Geralmente, **Glomus mosseae** não coloniza solos com pH abaixo de 5,6, enquanto **Acaulospora laevis** não é encontrada em solos neutros ou alcalinos. Espécies do gênero **Gigaspora** normalmente são mais abundantes em solos com pH baixo, sendo muito comuns em solos tropicais.

Glomus tenuis foi encontrado como predominante em solos extremamente ácidos de áreas de mineração (LAMBERT e COLE Jr., 1980; DAFT e NICOLSON, 1974).

Em levantamentos feitos por COLOZZI FILHO **et alii** (1986) em ecossistemas naturais e agroecossistemas do estado de Minas Gerais foi verificado que o pH do solo afetou a composição da população de fungos MVA nativa. Em solos com pH menor que 5,0 foram encontradas 7 espécies; pH 5,0 a 6,0, 13 espécies; pH maior que 6,0, 4 espécies. As espécies **Acaulospora scrobiculata** e **Acaulospora morrowae** predominaram em solos com pH 6,0, enquanto **Acaulospora spinosa**, **Scutellospora pellucida** e **Gigaspora** sp-1 predominaram em pH 5,0.

Em cafezais do sul de Minas Gerais foi verificado que a ocorrência do gênero **Acaulospora** se dava em faixas mais amplas de pH, enquanto **Gigaspora** e **Scutellospora** ocorriam em faixas mais estreitas (FERNANDES **et alii**, 1987).

WANG **et alii** (1986) observaram que aveia (**Avena sativa**) e batata (**Solanum tuberosum**), crescendo em solos naturais com pH baixo, eram colonizadas exclusivamente por **Glomus tenuis**, e em solos com pH alto por **Glomus caledonium**. Os mes-

mos autores verificaram também que fungos extraídos de solo ácido colonizavam eficientemente plantas em vários níveis de pH do solo, enquanto os fungos micorrízicos adaptados a solos alcalinos infectavam muito pobremente as raízes quando em solo ácido.

A colonização micorrízica aumenta com o aumento do pH do solo, sendo que **Gigaspora gigantea** é capaz de colonizar raízes de trevo tanto em pH 4,5 quanto em pH 6,5, ao passo que **Glomus mosseae** só responde em pH 6,5, mesmo assim num nível inferior, em relação a **G. gigantea** e aos fungos isolados de solos ácidos (LAMBERT e COLE Jr., 1980).

Glomus leptotichum, em solo com pH 5,0, mostrou maior efeito no desenvolvimento de **Leucaena leucocephala** do que **Glomus macrocarpum** e inóculo de fungos nativos (MALUF et alii, 1987).

MOSSE (1972), trabalhando com solos brasileiros, verificou que com o aumento do pH, de 4,8 para 5,8, através de calagem, as plantas inoculadas com **Glomus fasciculatum** cresceram 2 vezes mais, enquanto aquelas colonizadas por fungos indígenas cresciam 5,6 vezes mais.

Assim, a calagem de solos ácidos, além de aumentar a capacidade de troca de cátions e diminuir a fixação de fosfatos adicionados, por uma diminuição de cargas positivas dos colóides, pode alterar a composição de endófitos indígenas, podendo favorecer populações mais eficientes.

O pH do solo pode alterar a solubilidade e consequente disponibilidade de uma série de elementos, principalmente o P, incluindo também Fe, Zn, Cu, Co, Mn, Al e Mo.

SIQUEIRA et alii (1982) sugerem que o mecanismo de ação do pH sobre os fungos MVA talvez seja através de alterações na permeabilidade da membrana citoplasmática, aumentando ou diminuindo a absorção de determinados nutrientes.

A influência do pH na germinação e crescimento do tubo germinativo é muito variável, dependendo principalmente da espécie do fungo MVA. Existem interações do nível de pH com a temperatura e a concentração de nutrientes minerais e orgânicos disponíveis no meio, o que torna muito difícil seu estudo isoladamente (SIQUEIRA et alii, 1982).

Geralmente, o nível de pH ótimo para germinação em meios artificiais é bem próximo ao pH do solo onde a espécie ocorre naturalmente.

Gigaspora spp. parece ter uma faixa mais ampla de pH onde ocorre germinação, enquanto que para *Glomus* spp. essa faixa é mais estreita (GREEN et alii, 1976).

Os esporos de *Scutellospora coralloidea* apresentam uma germinação máxima em pH 5,0, caindo rapidamente em pH acima de 6,0 (GREEN et alii, 1976).

Gigaspora margarita apresenta pH ótimo para germinação em torno de 6,0 a 28°C, variando com a composição do meio (SIQUEIRA et alii, 1982). O mesmo valor foi encontrado para *Scutellospora heterogama*, incubada a 34°C (GREEN et alii, 1976).

NAVARRO et alii (1987) obtiveram germinação de *G. margarita* e *S. heterogama* em níveis de pH variando de 4,5 a 6,5, sendo que não houve resposta significativa a essa variação.

Esporos de *G.mosseae* germinam melhor em pH 7,0, quando incubados a 25°C, ou pH 8,0, quando incubados a 15°C (GREEN et alii, 1976). Para esporos de *Glomus epigaeum* o pH ótimo está entre 7,0 e 7,4, a 25°C (DANIELS e TRAPPE, 1980). *G. macrocarpum* responde prontamente à calagem de solos ácidos, germinando melhor em níveis de pH mais altos [NAVARRO et alii, 1987; LAMBAIS e CARDOSO, 1985 (dados não publicados)].

Segundo SIQUEIRA et alii (1982), o pH do meio afeta mais a germinação dos esporos do que o crescimento do tubo germinativo.

2.3.1.2. Disponibilidade de fósforo e nitrogênio

Certos nutrientes, especialmente o P e o N, têm grande influência sobre as associações micorrízicas, principalmente no grau de colonização das raízes (MOSSE, 1973), podendo afetar também a germinação dos esporos e o crescimento do tubo germinativo (SIQUEIRA et alii, 1985; SIQUEIRA et alii, 1982; DANIELS e TRAPPE, 1980).

O efeito da concentração de P na solução do solo sobre as MVA ainda é um aspecto bastante controverso.

Quando aplicado em doses elevadas, o P, além de reduzir a colonização das raízes, pode reduzir também a produção de esporos e micélio externo (SIQUEIRA et alii, 1984; MENGE, 1978).

Já, outros autores verificaram que a adição de fosfato pode não interferir no nível de colonização das raízes ou até mesmo aumentá-lo (SILVEIRA e CARDOSO, 1987; COOPER, 1975), dependendo da demanda de P pela simbiose. Além do que

a produção de esporos pode aumentar (SILVEIRA e CARDOSO, 1987; ROSS e HARPER, 1970).

Diferentes formas de P adicionadas ao solo, tais como fosfato-de-rocha, superfosfato ou fosfato orgânico afetam diferentemente as MVA, provavelmente devido as diferenças na solubilidade de cada fonte (HAYMAN, 1982).

Não se conhece o mecanismo exato pelo qual o P interfere na colonização das raízes, mas há indicações de que esse efeito seja indireto, ou seja, a concentração de P na planta é que controlaria a colonização das raízes (GRAHAM *et alii*, 1981; HOWELER, 1981; MENGE *et alii*, 1978; SANDERS, 1975; MOSSE, 1973).

Existem três hipóteses para explicar esse efeito:

- lectinas nas raízes, que impedem a penetração do fungo, reagiriam com fosfatases produzidas em grandes quantidades em plantas com deficiência de P, formando dímeros que não mais bloqueariam a penetração do fungo (WOOLHOUSE, 1975),

- o P controla o grau de colonização das raízes interferindo na permeabilidade das membranas, através de seu efeito na produção de fosfolipídeos. Em condições de baixa concentração de P, a síntese de fosfolipídeos é menor, aumentando a permeabilidade das membranas e consequente exsudação de substâncias orgânicas que estimulariam a atividade dos propágulos na rizosfera (RATNAYAKE *et alii*, 1978),

- a maior concentração de P no solo aumenta a concentração de açúcares nas células corticais, criando condições desfavoráveis para a penetração e crescimento do fungo (AZCON e OCAMPO, 1981).

Os efeitos do P na germinação dos esporos foram estudados por vários autores, e os resultados são variáveis, dependendo das condições do ensaio (SIQUEIRA *et alii*, 1982; KOSKE, 1981; DANIELS e TRAPPE, 1980).

KOSKE (1981) não observou diferença significativa na germinação de esporos de *G. margarita* com a adição de até 500 ppm P na forma de K_2HPO_4 e KH_2PO_4 . No geral, a germinação de esporos de fungos MVA é máxima numa determinada concentração de P, diminuindo em concentrações supraótimas (SIQUEIRA *et alii*, 1982; DANIELS e TRAPPE, 1980).

SIQUEIRA *et alii* (1982) observaram também que a concentração ótima de P para a germinação dos esporos depende das concentrações de N e K.

O N, assim como o P, em altos níveis também pode reduzir a colonização das raízes (CHAMBERS *et alii*, 1980; HAYMAN, 1970; MOSSE, 1962).

A maior ou menor inibição de colonização é dependente da forma de N aplicada ao solo, sendo o NH_4^+ mais inibitório do que o NO_3^- (CHAMBERS *et alii*, 1980).

A associação de fungos MVA e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico tem se mostrado muito benéfica no aumento de produção em leguminosas, não sendo observados efeitos negativos do N_2 fixado sobre as MVA (SILVEIRA e CARDOSO, 1987; MOSQUIM *et alii*, 1986; OLIVEIRA e CARDOSO, 1986; AZCON *et alii*, 1986; CARDOSO, 1985; AZCON-AGUILAR *et alii*, 1982).

Efeitos específicos de fatores edáficos devem ser demonstrados claramente por várias vezes em condições experimentais perfeitamente definidas, por ser muito difícil es

tabelecer correlações entre MVA e fatores edáficos em diferentes locais, uma vez que as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos são bastante variáveis de local para local, dependendo da temperatura, umidade, formação geológica, agentes intemperizadores predominantes, etc.

No entanto, de uma maneira geral pode-se dizer que alta fertilidade do solo determina baixo grau de colonização das raízes, podendo ser encontrados também solos muito férteis com alto grau de colonização, porém com menor frequência (HAYMAN, 1982).

DANIELS e TRAPPE (1980) não obtiveram efeitos significativos na germinação de esporos de *G. epigaeum* com a adição de até 900 ppm de N total, na forma de NH_4NO_3 , ou de até 152 ppm de K trocável, na forma de K_2SO_4 .

SIQUEIRA et alii (1982) observaram um efeito negativo do N, na forma de NH_4NO_3 (24 ppm), no crescimento do tubo germinativo, desaparecendo com a adição de P e K ao meio, o que mostra que há necessidade de um balanceamento das concentrações de N, P e K, interrelacionadamente, e em função do pH.

2.3.1.3. Disponibilidade de outros nutrientes

Estudos mais acurados do efeito de micronutrientes sobre os fungos MVA, e o desenvolvimento dessas micorrizas, são difíceis de serem realizados, principalmente pela dificuldade em se cultivar o fungo ou as micorrizas *in vitro*, onde o controle da composição do meio seria maior, e pelo grande número de interrelações entre nutrientes.

No entanto, SIQUEIRA *et alii* (1984) mostraram que existe uma correlação negativa entre a percentagem de colonização de raízes de milho por *G. mosseae* e a concentração de Zn no solo, além de existir uma correlação negativa entre a concentração de Al e Cu no solo e a germinação dos esporos, bem como com o crescimento do tubo germinativo. Nos tratamentos com *G. margarita* não houve nenhum tipo de correlação significativa.

Experimentos realizados em areia como substrato mostraram que o Al^{+3} e o Mn^{+2} , em concentrações semelhantes às da solução do solo, geralmente inibem a infecção micorrízica, sendo o Al^{+3} 5 vezes mais inibidor do que o Mn^{+2} (WANG *et alii*, 1986).

Ojala *et alii* (1978), citados por LAMBERT *et alii* (1980), observaram que a formação de MVA é maior em solos com baixas concentrações de Zn, Cu, Fe e Mn.

A germinação de esporos de *G. caledonium* diminui em concentrações de Cu maiores que 0,3 ppm, e é inibida totalmente a concentrações acima de 1,0 ppm (HEPPER, 1979).

Em ágar-água, o Mn em concentrações de 0,136 ppm inibe a germinação de esporos de *G. mosseae* e *G. caledonium*, da mesma forma que 0,70 ppm de Zn (HEPPER, 1979; HEPPER e SMITH, 1976).

Os efeitos do Mn, Cu e Zn na germinação dos esporos não são permanentes, uma vez que a germinação é normal quando os esporos são transferidos para ágar-água, sugerindo um efeito fungistático, o que poderia reduzir a colonização das raízes (HEPPER, 1979).

O efeito dos micronutrientes, de uma maneira geral, na germinação dos esporos e no grau de colonização das raízes vai depender principalmente da origem do fungo. A diferença na sensibilidade a certos metais entre diversos isolados de esporos pode refletir uma adaptação a diferentes condições do solo, num determinado período de tempo (HEPPER e SMITH, 1976).

2.3.1.4. Disponibilidade de alumínio

O alumínio é um dos principais elementos que pode limitar o crescimento das plantas em muitos solos ácidos, principalmente quando atinge níveis tóxicos.

No Brasil, aproximadamente 1,42 milhões de km², no mínimo, apresentam solos com níveis tóxicos de Al para a maioria das plantas cultivadas (LOPES, 1983).

O problema é particularmente sério em subsolos fortemente ácidos, difíceis de serem neutralizados pela calagem.

Subsolos ácidos, com Al trocável em níveis tóxicos, podem reduzir a penetração das raízes, aumentando a probabilidade de injúrias causadas pela seca, principalmente durante os veranicos.

A disponibilidade do Al e o grau de toxidez para as plantas são afetados por muitos fatores do solo, incluindo pH, tipo predominante de minerais de argila, concentração de outros cátions, concentração total de sais e teor de matéria orgânica.

Geralmente, a toxidez de Al para as plantas não ocorre em solos com pH acima de 5,5, sendo bastante comum em valores mais baixos, principalmente abaixo de pH 5,0, quando então a solubilidade do Al aumenta rapidamente.

Além de causar alterações morfo-fisiológicas nas raízes, altos níveis de Al no solo podem afetar também o desenvolvimento de associações micorrízicas, que se tornam particularmente importantes para a nutrição mineral das plantas em situações onde as condições edáficas dificultam o desenvolvimento do sistema radicular.

Boutros-Mikhail (1976), citado por MOSSE (1981), observou em 3 solos de clima temperado que o benefício das MVA decrescia com o aumento da concentração de Al no solo.

Stylosanthes guianensis, *Centrosema pubescens* e mandioca desenvolvem-se muito bem em solos com altos níveis de Al trocável, e são extremamente dependentes de associações micorrízicas (MOSSE, 1981), sugerindo que de alguma forma as micorrizas aumentam a tolerância das plantas ao Al.

MALUF et alii (1987) demonstraram que um cultivar de *Leucaena leucocephala* Al-intolerante é mais dependente da micorriza do que um cultivar Al-tolerante.

Para *Stylosanthes guianensis* e *Stylosanthes macrocephala* associadas a fungos MVA, CORDEIRO et alii (1986) observaram que o aumento da concentração de Al no solo era prejudicial, e que o *S. guianensis*, menos tolerante ao Al, era mais dependente de MVA do que *S. macrocephala*.

A nodulação de *S. guianensis* em solos ricos em Al também é extremamente dependente da presença de micorriza

(MOSQUIM *et alii*, 1986), uma vez que o alumínio em solução causa uma grande redução da nodulação em espécies de *Stylosanthes* (CARVALHO *et alii*, 1982; CARVALHO *et alii*, 1981).

2.3.2. Fatores físicos

Muitos são os fatores físicos que afetam as MVA, desde a germinação dos esporos, até a penetração e colonização das raízes do hospedeiro.

A colonização das raízes é aparentemente mais rápida quando a umidade do solo é menor do que sua capacidade máxima de retenção de água (SAIF, 1981; REID e BOWEN, 1979), havendo uma maior produção de esporos (SAIF *et alii*, 1975). Máxima germinação de esporos foi observada em solos com níveis de umidade acima da capacidade de campo (DANIELS e TRAPE, 1980).

SAIF (1981) verificou que a infecção micorrízica é influenciada quantitativa e qualitativamente por diferentes concentrações de O_2 na atmosfera do solo.

O efeito da temperatura é muito variável, dependendo principalmente da espécie do fungo e da combinação fungo-hospedeiro (DANIELS e TRAPPE, 1980; GREEN *et alii*, 1976; SCHENCK *et alii*, 1975; HAYMAN, 1974; SCHENCK e SCHRODER, 1974; FURLAN e FORTIN, 1973).

A luminosidade pode afetar as MVA indiretamente, através de seus efeitos na fotossíntese, crescimento e metabolismo do hospedeiro (WANG *et alii*, 1986), e diretamente, afetando a germinação de esporos (SCHENCK *et alii*, 1975).

Tanto a textura quanto a resistência que o solo oferece a penetração das raízes podem afetar o desenvolvimento

das MVA (SAFIR e DUNIWAY, 1982; KRUCKELMAN, 1975; SAIF **et alii**, 1975).

2.3.3. Fatores biológicos

Tanto a microbiota do solo quanto a macro e microfauna podem interagir com os fungos MVA, resultando em efeitos benéficos ou não. No entanto, a interação mais importante talvez seja com a microbiota do solo, sendo este assunto abordado mais detalhadamente por CARDOSO (1986) e BAREA e AZCON-AGUILAR (1982).

2.4. O efeito das MVA na absorção de nutrientes

Já está bem estabelecido que as MVA podem aumentar a eficiência de absorção de uma série de nutrientes , principalmente os menos móveis no solo, aumentando em conse-quência o desenvolvimento das plantas em solos onde a disponibilidade de nutrientes é restrita.

O efeito primário das micorrizas é o aumento da absorção de nutrientes pela diminuição da distância de di-fusão até as raízes.

RHODES e GERDEMANN (1975) observaram que a zona de depleção para o P ao redor das raízes de cebola micor-rizadas era duas vezes maior do que ao redor das raízes não micorrizadas.

Existem evidências de que as hifas externas se estendem além da zona de depleção em torno das raízes, aumentando o volume de solo explorado.

Em estudos de cinética de absorção de P, verificou-se que as MVA afetam tanto os valores de Km quanto de Vmax (FAQUIN *et alii*. 1987; SILVEIRA *et alii*, 1987; HARLEY e SMITH, 1983).

Diferenças na concentração de N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, B e Al entre plantas micorrizadas e não micorrizadas já foram relatadas por vários autores (CARDOSO, 1984; MOSSE, 1973).

Associações micorrízicas em leguminosa aumentam significativamente a absorção de N, P e K (SILVEIRA e CARDOSO, 1987; CARDOSO, 1985).

Em plantas cítricas, CARDOSO *et alii* (1986) observaram incrementos de até 5070% no P absorvido e acumulado na parte aérea e de até 2680% no K.

MOSSE (1957) observou que plântulas de macieira micorrizadas continham maiores concentrações de K, Fe e Cu e menores concentrações de Mn, em relação às plântulas não micorrizadas. Existem também relatos do aumento da absorção de Zn (GILMORE, 1971) e de Cu (TIMMER e LEYDEN, 1978), em pessegueiro e plantas cítricas micorrizadas, respectivamente.

GERDEMANN (1964) verificou que plantas de milho micorrizadas apresentavam maiores concentrações de P, e menores concentrações de K, Mg, B e Mn, em relação às não micorrizadas.

Videiras micorrizadas apresentaram duas vezes mais P e K do que as não micorrizadas, mas os níveis de Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, B e Al eram menores (DEAL *et alii*, 1972).

PACKOVSKY (1986) estudou a assimilação e alocação de Fe, Mn, Zn e Cu em soja micorrizada ou com adubação fos-

fatada, constatando aumentos de absorção de Cu e Zn pelas plantas micorrizadas, enquanto o Fe e Mn diminuam, em relação às plantas adubadas.

Como se pode observar, os dados da literatura são muito variáveis, principalmente com relação a absorção de micronutrientes.

Tais variações podem ser atribuídas a uma série de fatores, tais como: variabilidade genética das plantas e fungos usados nos experimentos, tipos de solo, balanço de nutrientes no solo, umidade do solo e condições climáticas, dentre outros.

No entanto, o que se tem com maior frequência, especialmente em relação ao Al e Mn, é que plantas micorrizadas apresentam menores concentrações desses elementos, sugerindo um possível mecanismo de defesa para a planta em solos com altas concentrações de Al e Mn.

As MVA poderiam também ajudar a manter uma relação Mn/Fe pequena na parte aérea da planta, tornando-as mais tolerantes a altos níveis de Mn no solo, através de uma maior absorção de Fe.

Como a toxidez de Al tem sido relacionada com a redução da absorção de alguns nutrientes essenciais para as plantas, principalmente o P e Ca, as MVA poderiam aumentar a tolerância ao Al aumentando a absorção desses nutrientes, mantendo um equilíbrio nutricional nas plantas.

2.5. Micorrizas vesículo-arbusculares em *Stylosanthes*

A utilização de *Stylosanthes* como forrageira no Brasil tem sido estudada, visando principalmente a utilização dos solos de baixa fertilidade, com baixos níveis de P e altos níveis de Al, sem a aplicação de corretivos ou fertilizantes (THOMAS, 1984).

O *Stylosanthes* é geralmente considerado tolerante a solos ácidos e distróficos, e apresenta boa tolerância ao Al. Nos solos brasileiros sob vegetação de cerrado, *S. guianensis* var. *guianensis*, *S. capitata*, *S. macrocephala*, *S. scabra* e *S. viscosa* têm mostrado excelente adaptação a solos com pH 4,6 e saturação de alumínio maior do que 80% (CIAT, 1980).

A variabilidade dentro do gênero *Stylosanthes* é bastante pronunciada, bem como a variabilidade interespecífica, havendo a possibilidade de se obter genótipos adaptados às mais variadas condições edafo-climáticas.

BURNQUIST (1984) estudou 25 populações de *S. guianensis* e pode discriminar as populações mais tolerantes ao Al das menos tolerantes.

O *Stylosanthes* por ser uma planta com sistema radicular pivotante e com poucos pêlos absorventes é extremamente dependente da formação de micorrizas, principalmente para a nodulação e fixação do nitrogênio pelo *Rhizobium* (MOSSE, 1981).

Poucos trabalhos têm sido feitos para se estudar mais detalhadamente o efeito das MVA no desenvolvimento do *Stylosanthes* principalmente no que se refere à tolerância a

baixos níveis de P e altos níveis de Al (CORDEIRO *et alii*, 1986; MOSQUIM *et alii*, 1986).

MOSSE (1977) verificou um incremento máximo na produção vegetativa de *S. guianensis* em tratamentos que combivam fungo micorrízico e fosfato-de-rocha, respostas semelhantes foram obtidas por WAIDYANATHA *et alii* (1979).

Stylosanthes hamata cv Verano inoculado com fungos micorrízicos mostrou respostas no crescimento e absorção de nutrientes em solos distróficos muitas vezes semelhantes aquelas obtidas em níveis moderados de adubação fosfatada (JEHNE, 1984).

Segundo Jone e Jehne, citados por JEHNE (1984), a maioria dos solos do norte da Austrália possuem fungos micorrízicos capazes de colonizar raízes de *S. humulis* e *S. hamata* cv Verano, e que aproximadamente 20 % desses solos contém fungos micorrízicos eficientes para *S. hamata* cv Verano.

Muitas vezes a introdução de leguminosas em novos habitats requer a inoculação de fungos micorrízicos eficientes, dependendo do tipo de solo, e da população de fungos nativos (AZCON-AGUILAR *et alii*, 1982).

BAREA *et alii* (1987), em trabalho enviado a New Phytologist, mostraram que gramíneas crescendo em pastagens consorciadas com leguminosas altamente micotróficas possuem um grau de colonização das raízes praticamente duas vezes maior do que quando crescendo sozinhas. Além disso, as gramíneas consorciadas produzem mais matéria seca e acumulam mais N na parte aérea.

De acordo com BAREA, 1987 (comunicação pessoal), em solos sem fungos micorrízicos, as leguminosas em pastagens consorciadas com gramíneas tendem a desaparecer com o tempo, devido à grande competição, principalmente por nutrientes. REEVES et alii (1979) estudaram a sucessão de espécies em solos que sofreram distúrbios, e verificaram que a composição da população é afetada pela presença de fungos micorrízicos. TRAPPE (1981) reviu vários aspectos da influência das MVA na produtividade de pastagens em regiões áridas e semi-áridas.

Em pastagens consorciadas, uma mesma hifa de fungo micorrízico poderia colonizar tanto as raízes da leguminosa quanto da gramínea, ao mesmo tempo, transferindo nutrientes de uma planta para outra, via hifa. Essa transferência de nutrientes ainda não foi demonstrada, mas há evidências de que isso possa ocorrer, principalmente com o N fixado pelas leguminosas (BAREA et alii, 1987).

O crescimento e a sobrevivência de *Stylosanthes* no campo são frequentemente limitados por fatores ambientais, e sua adaptação a tais condições envolve a presença de micorrizas (JEHNE, 1984). *S. guianensis* é extremamente dependente de fósforo, em relação a outras espécies de *Stylosanthes*, e é comum em solos com concentrações de P de até 1 ppm (PROBERT, 1984), sugerindo uma grande dependência da formação de MVA, tanto para a absorção de P quanto para a nodulação (MOSSE et alii, 1976).

O estudo das MVA em *Stylosanthes* pode esclarecer muitos aspectos sobre a ecologia desse gênero. A seleção de genótipos de planta e fungos micorrízicos mais eficientes no aproveitamento de nutrientes e água, e mais tolerantes a níveis tóxicos de Al e Mn, principalmente, poderia ser feita, visando o aproveitamento de solos distróficos em regiões de baixa precipitação pluviométrica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1 - Efeito da calagem em um solo ácido na germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares.

O solo utilizado foi uma areia quartzosa (Quartzipsamment) esterilizado a 120°C por 2 h, e tratado com 4 níveis de calcário: 0, 0,27, 0,63 e 1,10 emg $\text{Ca}(\text{OH})_2/100\text{g}$ TFSA, e 2 níveis de fósforo: 0 e 20 ppm de P na forma de KH_2PO_4 . Foram adicionados ao solo 0,50 ppm de Zn, 0,75 ppm de Cu, 0,04 ppm de Mo e 0,60 ppm de B, nas formas de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Na_2MoO_4 e H_3BO_3 , respectivamente. As quantidades de calcário foram determinadas para a elevação do pH do solo a valores pré-determinados, com base em uma curva de pH x quantidade de calcário adicionado, realizada em laboratório sob condições controladas.

A análise química do solo nos diferentes níveis de fertilidade utilizados pode ser vista na Tabela 1.

Após a esterilização, o solo foi incubado por 2 semanas para recolonização microbiana. Foram utilizados esporos de três fungos micorrízicos-VA **Gigaspora margarita** Becker & Hall, **Glomus macrocarpum** Tulasne & Tulasne e **Acaulospora scrobiculata** Trappe.

Tabela 1 - Análise química do solo utilizado nos experimentos, após correção da fertilidade.

Tratamento	pH CaCl ₂	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺	S	T	V	m	Cu	Fe	Mn	Zn
<hr/>															
$\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ————— $\text{emg}(100\text{ cm}^3)^{-1}$ ————— % ————— $\mu\text{g g}^{-1}$ —————															
COP0	4,4	3,4	0,07	0,08	0,11	0,53	1,97	0,26	2,76	9,0	67,0	0,37	63,20	11,90	1,24
C1P0	4,8	3,8	0,11	0,45	0,14	0,24	1,78	0,70	2,72	26,0	26,0	0,30	31,80	10,30	0,76
C2P0	5,2	3,4	0,08	0,59	0,06	0,16	1,48	0,73	2,37	31,0	18,0	0,50	20,80	5,68	0,66
C3P0	5,6	4,2	0,10	1,38	0,09	0,14	1,20	1,57	2,91	54,0	8,0	0,31	11,60	2,32	0,88
COP1	4,4	14,3	0,14	0,08	0,06	0,44	2,06	0,20	2,70	7,0	69,0	0,28	39,00	11,70	1,62
C1P1	4,8	13,9	0,18	0,30	0,08	0,27	1,75	0,56	2,58	22,0	33,0	0,27	46,40	9,34	0,72
C2P1	5,2	15,9	0,14	0,81	0,09	0,16	1,48	1,04	2,68	39,0	13,0	0,15	19,60	3,52	0,54
C3P1	5,7	13,4	0,14	1,08	0,08	0,13	1,21	1,30	2,64	49,0	9,0	0,19	17,00	2,16	1,08

O solo utilizado possui 91,2 % de areia; 2,7 % de limo e 6,1 % de argila. O teor de matéria orgânica do solo é 1,00 %.

Co = solo sem calcário.

C1 = solo com 0,27 emg Ca(OH)₂/100 g TFSA

C2 = solo com 0,63 emg Ca(OH)₂/100 g TFSA

C3 = solo com 1,10 emg Ca(OH)₂/100 g TFSA

P0 = solo sem adição de P

P1 = solo com 20 ppm P

P, K, Ca e Mg foram extraídos da solução do solo pelo método da resina; Al e H foram extraídos em KCl 1N; Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos em ácido dietilenotriamino pentaacético (DTPA).

S = soma de bases (Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺)

T = capacidade de troca de cátions (S + H⁺ + Al⁺³)

V = saturação de bases (100.S.T⁻¹)

m = saturação em alumínio [100.Al⁺³.(S + Al⁺³)⁻¹]

Os esporos foram obtidos por lavagem e peneiramento úmido de terra, proveniente de vasos com plantas multiplificadoras (milho), segundo GERDEMANN e NICOLSON (1963), utilizando-se peneiras de 0,71 mm para reter o material grosseiro, 0,105 mm para *G. margarita* e 0,053 mm para *G. macrocarpum* e *A. scrobiculata*. Em seguida os esporos retidos nas peneiras de 0,105 mm ou 0,053 mm foram separados por centrifugação em solução de sacarose e lavados com água destilada em abundância.

Com o auxílio de um microscópio estereoscópico os esporos foram separados em grupos de 50 e colocados sobre membranas filtrantes (Sartorius) de 47 mm de diâmetro e 3,0 μ m de porosidade, as quais posteriormente foram dobradas "como um envelope", e colocadas entre duas camadas de terra de aproximadamente 50 g, em placas de Petri.

A umidade do solo foi mantida em 70 % da capacidade máxima de retenção de água ($U = 16 \%$).

As placas foram embrulhadas em folhas de alumínio e incubadas a 30°C por 10 dias.

O delineamento experimental foi um fatorial 4 NÍVEIS DE CALCÁRIO x 3 FUNGOS x 2 NÍVEIS DE P, em blocos ao acaso, com 3 repetições. Foram utilizados 50 esporos por parcela.

Após o período de incubação, as membranas filtrantes foram abertas, e sobre os esporos gotejou-se uma solução de Trypan-blue em lactofenol (0,05 %).

Os esporos foram observados em microscópio estereoscópico com aumentos de 10 a 45 vezes, e considerados germinados se houvesse emergido o tubo germinativo.

Os dados obtidos foram transformados para $\arcsen \sqrt{x/100}$, onde x é a percentagem de germinação, e analisados segundo o esquema fatorial $4 \times 3 \times 2$, utilizando-se o programa SANEST do Centro de Informática na Agricultura. Na comparação das médias utilizou-se o teste de Tuckey.

Foi feita também a análise de correlação entre as propriedades químicas do solo e a percentagem de germinação dos esporos pelo método dos quadrados mínimos; e a comparação dos coeficientes de correlação foi feita pelo teste t .

Experimento 2 - Efeito da calagem em um solo ácido no desenvolvimento de micorrizas vesículo-arbusculares em *Stylonsanthes guianensis*.

O solo nos diferentes níveis de fertilidade e os fungos foram os mesmos utilizados no experimento 1.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação durante os meses de outubro-novembro de 1986, cuja temperatura mínima registrada foi 16°C e a máxima 44°C .

O solo colocado em copos plásticos de 500 ml foi mantido numa umidade de aproximadamente 70 % de sua capacidade máxima de retenção de água ($U = 16 \%$).

A inoculação com os fungos MVA foi feita no mesmo dia do plantio, com 5,0 g por vaso de inóculo constituído de esporos, hifas e pedaços de raízes infectadas, obtido de vasos com plantas multiplicadoras (milho).

O inóculo de *G. margarita* continha em média 126 ± 9 esporos por 5 g de terra, o de *G. macrocarpum* 192 ± 3 por 5 g e o de *A. scrobiculata* 367 ± 21 por 5 g, depois de ter sido diluído.

No tratamento sem fungo foi utilizada a quantidade de 5 g por vaso de terra com raízes obtidas de vasos com plantas multiplicadoras não micorrizadas.

Foram plantadas 5 sementes de *Stylosanthes guianensis* (IZ-NO 1336) por vaso, escarificadas em H_2SO_4 concentrado por 2 minutos e embebidos em água destilada por 24 horas.

Após a emergência das plântulas foi feito um desbaste, deixando-se uma planta por vaso.

Duas semanas após o plantio das sementes foi feita uma inoculação com *Rhizobium* spp. estirpes NO15 e SEMIA 2469, utilizando-se uma suspensão de bactérias em meio de NORRIS líquido. No entanto, não houve nodulação.

Aos 38 dias após o plantio, pelo fato de haver sintomas de deficiência de nitrogênio e magnésio, foi feita uma adubação complementar com 20 ppm de N (NH_4NO_3) e 15 ppm $Mg(MgSO_4 \cdot 7H_2O)$.

O delineamento experimental consistiu de um fatorial 4 FUNGOS x 4 NÍVEIS DE CALCÁRIO x 2 NÍVEIS DE FÓSFORO x 3 ÉPOCAS DE COLHEITA, com 4 repetições, em blocos ao acaso.

As colheitas foram realizadas aos 40, 60 e 80 dias após o plantio das sementes.

Na colheita, o sistema radicular foi separado da parte aérea na altura do colo da planta.

As partes aéreas das plantas foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa com ventilação forçada, à 60°C até peso constante. Em seguida foi determinada a matéria seca da parte aérea (MSPA) em balança analítica.

Na terceira época de colheita a MSPA foi enviada para análise química no CENA. Devido a pequena biomassa produzida não foi possível a determinação do Nitrogênio. As amostras foram submetidas a digestão nitroperclórica por via úmida, e os elementos P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, B e Al foram determinados, em análise multielementar simultânea, por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio. O K e o Na foram determinados por fotometria de chama por emissão atômica e o S por turbidimetria em sistema de fluxo, na forma de sulfato.

O sistema radicular foi lavado em água corrente, seco com papel absorvente e pesado em balança analítica para determinação da matéria fresca do sistema radicular (MFSR). Uma vez pesadas, as raízes foram colocadas em frascos contendo A.F.A. (ácido acético: 5 ml; formol: 13 ml e etanol a 50 %: 200 ml) para conservação.

A percentagem de colonização das raízes foi estimada pelo método modificado de PHILLIPS e HAYMANN (1970) que consiste no seguinte:

- lavar as raízes fixadas em AFA com água corrente,
- aquecer as raízes em KOH 10 % a 90°C por 30 minutos,
- lavar com água corrente,
- lavar as raízes com HCl 1 % por 3 a 4 minutos,
- remover o ácido,
- aquecer as raízes em lactoglicerol com "trypan-blue" (0,05 %) a 90°C por 2 a 3 minutos,
- remover o lactoglicerol colorido e guardar as raízes em lactoglicerol incolor,

- distribuir aproximadamente 0,5 g de raízes coradas em uma placa de Petri com o fundo quadrículado,
- efetuar a contagem dos pontos sobre as linhas horizontais onde há infecção e o total de pontos observados,
- calcular a percentagem de colonização.

Com os dados da matéria seca da parte aérea e da matéria fresca do sistema radicular calculou-se a relação MSPA/MFSR.

As variáveis MSPA, MFSR, % colonização e MSPA/MFSR foram analisadas segundo o esquema fatorial $4 \times 4 \times 2 \times 3$, utilizando-se o mesmo programa do experimento 1.

A variável % colonização foi transformada para $\arcsin \sqrt{x/100}$; onde x é a percentagem de colonização micorrízica, e a variável MSPA/MFSR para $\sqrt{x + 0,5}$, sendo x a relação MSPA/MFSR.

Como nos solos sem adição de P a produção de MSPA foi muito baixa, não foi possível fazer a determinação de nutrientes na parte aérea em todas as parcelas, de modo que desprezou-se o fator FÓSFORO do delineamento experimental inicial, e as variáveis P %, P total, K %, K total, Ca %, Ca total; Mg %, Mg total, S %, S total, Fe ppm, Fe total, Cu ppm, Cu total, Mn ppm, Mn total, Zn ppm, Zn total, B ppm, B total, Na ppm, Na total, Al ppm e Al total foram analisadas segundo o esquema fatorial 4 FUNGOS x 4 NÍVEIS DE CALCÁRIO.

As médias de todas as variáveis foram comparadas pelo teste de Tuckey.

As análises de correlação realizadas utilizaram o método dos quadrados mínimos, e a comparação dos coeficientes de correlação foi feita pelo teste t.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1. Efeito da calagem em um solo ácido na germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares

Neste experimento foi avaliada a percentagem de germinação dos esporos de populações de *Gigaspora margarita*, *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora scrobiculata*.

As médias da percentagem de germinação, obtidas de 3 repetições, são apresentadas na Tabela 2.

Foi feita análise de variância dos dados obtidos, utilizando-se uma transformação estatística adequada ($\text{arc sen } \sqrt{x/100}$), sendo que os valores de F encontrados podem ser vistos na Tabela 3.

Podemos observar que houve efeitos altamente significativos dos fatores FUNGO e CALAGEM, e que o fator FÓSFORO só teve efeito significativo com $p = 0,10$. Com exceção da interação CALCÁRIO x FÓSFORO, as demais interações foram altamente significativas.

Tabela 2 - Efeito da calagem em um solo ácido na germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares.

Nível de calcário	Nível de fósforo	% Germinação de Esporos ^{a/}		
		Gigaspora margarita	Glomus macrocarpum	Acaulospora scrobiculata
C0	P0	88,7 ± 0,7	15,3 ± 2,4	46,0 ± 5,0
	P1	80,0 ± 1,2	38,0 ± 3,1	50,0 ± 5,3
C1	P0	88,7 ± 1,3	34,0 ± 1,2	44,0 ± 5,3
	P1	85,3 ± 1,3	39,3 ± 1,8	49,3 ± 1,8
C2	P0	90,0 ± 1,2	44,7 ± 2,4	54,7 ± 5,5
	P1	93,3 ± 1,3	48,7 ± 1,8	50,0 ± 3,1
C3	P0	87,3 ± 2,9	65,3 ± 2,4	49,3 ± 5,2
	P1	90,7 ± 1,8	58,0 ± 1,2	50,7 ± 8,5

^{a/} média ± desvio padrão da média (3 repetições)

P0 = 3,7 ppm P

P1 = 14,4 ppm P

Co = solo sem calcário

C1 = solo com 0,27 emg Ca(OH)₂/100 g TFSA

C2 = solo com 0,63 emg Ca(OH)₂/100 g TFSA

C3 = solo com 1,10 emg Ca(OH)₂/100 g TFSA.

Tabela 3 - Valores de F obtidos na análise de variância da percentagem de germinação de esporos.

Causas da variação	GL	F
Fungos (F)	2	584,97**
Calcário (C)	3	28,32**
Fósforo (P)	1	3,25*
F x C	6	12,06**
F x P	2	3,50**
C x P	3	1,04 ns
F x C x P	6	6,44**

Coeficiente de variação: 6,25 %

* = significativo com $p = 0,10$.

** = significativo com $p \leq 0,05$.

ns = não significativo.

A Figura 1 mostra o efeito do fator FUNGO na percentagem de germinação dos esporos. A germinação de *G. margarita* foi 105,1% maior do que a germinação de *G. macrocarpum* e esta foi 12,8 % menor do que a germinação de *A. scrobiculata*, cuja média foi 49,2 %.

O efeito do fator CALCÁRIO é mostrado na Figura 2. A tendência observada foi de haver um aumento da germinação dos esporos com o aumento do nível de calcário do solo, sendo que a germinação no solo com o nível 3 de calcário foi 26,2 % maior do que a germinação no solo sem calcário (53,0 %). A calagem do solo aumentou em 7,2 % e 20,6 % a percentagem de germinação dos esporos, nos níveis 1 e 2 de calcário respectivamente, em relação ao solo sem calcário.

Gi = *Gigaspora margarita*

GI = *Glomus macrocarpum*

Ac = *Acaulospora scrobiculata*

Letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey ($p \leq 0,05$).

Figura 1 - Variação da percentagem de germinação de esporos para diferentes espécies de fungos micorrízicos - VA.

C0 = solo sem calcário.

C1 = solo com 0,27 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA.

C2 = solo com 0,63 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA.

C3 = solo com 1,10 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA.

Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey ($p \leq 0,05$).

Figura 2 - Variação da percentagem de germinação de esporos de fungos micorrízicos - VA em um solo ácido com diferentes níveis de calcário.

No geral, a adição de fósforo ao solo causou um aumento de 3,6 % na germinação, significativo somente com $p = 0,10$. No entanto, a germinação de *G. macrocarpum* aumentou 15,6 % com a adição de fósforo ao solo, enquanto que *G. margarita* e *A. scrobiculata* não responderam significativamente, conforme pode ser visto na Figura 3.

SIQUEIRA et alii (1982) observaram um aumento significativo de 34,6 % na germinação de esporos de *G. margarita*, com a adição de 20 ppm de P em meio de cultura agarizado, enquanto KOSKE (1981) não obteve diferenças significativas na germinação de esporos de *G. gigantea* em níveis mais elevados de P. Concentrações de até 600 mM também não reduziram a germinação de *Glomus mosseae* em areia (SIQUEIRA et alii, 1984). DANIELS e TRAPE (1980) encontraram que a germinação de esporos de *G. epigaeum* é máxima com aproximadamente 14 ppm de P no solo havendo um incremento de aproximadamente 14 %, em relação ao solo com 10 ppm de P, diminuindo com o aumento da concentração de P no solo.

A variabilidade das condições experimentais, aliada à variabilidade genética das espécies e até mesmo das populações de fungos micorrízicos-VA não permite fazer uma generalização sobre o efeito do fósforo na germinação dos esporos. O que ocorre com mais frequência é que as espécies de *Glomus* têm uma germinação ótima numa determinada concentração de P no solo, com uma tendência a diminuir com o aumento dessa concentração.

As espécies de *Gigaspora* normalmente não respondem ao aumento da concentração de P no solo.

P0 = 3,7 ppm P.

P1 = 14,4 ppm P.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tukey $\leq 0,05$).

As letras maiúsculas são usadas para comparar as médias dos tratamentos com e sem fósforo; e a minúsculas para comparar as médias no mesmo nível de fósforo.

Figura 3 - Efeito de diferentes níveis de fósforo na germinação de esporos de *Glomus macrocarpum*, *Acaulospora scrobiculata* e *Gigaspora margarita*.

Pelas respostas obtidas neste experimento podemos dizer que as populações de *G. margarita* e *A. scrobiculata* utilizadas são mais tolerantes a condições de solos distróficos do que a população de *G. macrocarpum*, que responde prontamente ao aumento de P no solo.

A adição de P ao solo sem calcário causou um incremento de 12,0 % na germinação dos esporos, enquanto que nos solos com calcário não houve efeito significativo, conforme dados apresentados na Tabela 4.

Esses dados sugerem que deve haver um balanço nutricional no solo para que a germinação dos esporos seja ótima. Resultados semelhantes foram encontrados por SIQUEIRA *et alii* (1982) os quais mostraram que a taxa de germinação em meio suplementado com N, P e K era a mesma daquela obtida em meio suplementado somente com P, em concentração 10 vezes maior.

As populações das três espécies de fungos micorrízicos VA testadas respondem diferentemente à correção do solo com calagem, como pode ser visto na Figura 4, provavelmente devido à maior ou menor adaptabilidade dessas populações a solos ácidos.

A tendência observada foi de haver uma germinação máxima no solo com o nível 2 de calcário, correspondendo ao pH 5,2, tanto para *G. margarita*, quanto para *A. scrobiculata*. *G. macrocarpum* mostrou percentagens de germinação crescentes com o aumento do nível de calcário.

Tabela 4 - Efeito de diferentes níveis de fósforo e de calcário na germinação de esporos de fungos micorrízicos-VA.

Nível de calcário	Nível de Fósforo	
	P0	P1
C0	50,0 bB	56,0 aB
C1	55,6 aB	58,0 aB
C2	63,1 aA	64,0 aA
C3	67,3 aA	66,5 aA

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias na linha, e as maiúsculas para comparar as médias na coluna.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tukey $p \leq 0,05$).

C0 = solo sem calcário.

C1 = solo com 0,27 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA

C2 = solo com 0,63 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA

C3 = solo com 1,10 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA

P0 = 3,7 ppm P

P1 = 14,4 ppm P.

O incremento na percentagem de germinação de *G. margarita* foi de 8,6 %, e de *A. scrobiculata* de 9,2 % no nível 2 de calcário, em relação a germinação no solo sem calcário. *G. macrocarpum* teve um incremento de 131,1 % na germinação no nível 3 de calcário, em relação ao solo sem calcário.

Pela resposta das três populações aos diferentes níveis de calcário do solo, e consequentemente aos diferentes valores de pH e concentrações de Al^{+3} , além de outros nutrientes que têm sua disponibilidade afetada pelo pH do solo, existem evidências de que *A. scrobiculata* está muito mais adap

C0 = solo sem calcário.

C1 = solo com 0,27 emg/100 g TFSA.

C2 = solo com 0,63 emg/100 g TFSA.

C3 = solo com 1,10 emg/100 g TFSA.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $p \leq 0,05$).

As letras maiúsculas são usadas para comparar as médias dos diferentes níveis de calcário e as minúsculas para comparar as médias no mesmo nível de calcário.

Figura 4 - Efeito de diferentes níveis de calcário na germinação de esporos de *Glomus macrocarpum*, *Acaulospora scrobiculata* e *Gigaspora margarita*.

tada a condições de solos ácidos com altos níveis de Al^{+3} do que *G. margarita*, que por sua vez é mais tolerante a tais condições do que *G. macrocarpum*.

Essas evidências podem ser confirmadas pela presença generalizada de *A. scrobiculata* nas mais variadas condições edáficas, e a presença mais restrita de *G. margarita* e *G. macrocarpum* (COLOZZI FILHO et alii, 1986; FERNANDES et alii, 1987).

SIQUEIRA et alii (1982) obtiveram respostas semelhantes de *G. margarita* a diferentes níveis de calcário. Estes autores observaram que a germinação de *Glomus mosseae* tende a aumentar com o aumento do nível de calcário, com o mesmo tipo de comportamento que *G. macrocarpum* mostrou neste experimento. Segundo DANIELS e TRAPPE (1980) a germinação de *Glomus epigaeum* é máxima em pH 7,0, e ocorre numa ampla faixa de pH.

Mais uma vez, a grande variação das condições experimentais e do material biológico testado não permite fazer nenhuma generalização sobre níveis de pH ótimos para germinação de cada espécie, permitindo somente comparar a adaptabilidade das populações testadas a diferentes condições edáficas.

Foram feitas análises de correlação entre a percentagem de germinação dos esporos e as propriedades químicas do solo, nos oito níveis de fertilidade utilizados. Os resultados estão na Tabela 5.

Para as três espécies avaliadas em conjunto, houve correlações positivas com pH, Ca^{+2} , Soma de bases (S) e Saturação de bases (V). Correlações negativas com Al^{+3} , H^{+} , Sa

Tabela 5 - Coeficientes de correlação linear entre percentagem de germinação de esporos de fungos micorrízicos-viv. e propriedades químicas do solo.

Fungo	Propriedades Químicas do Solo														
	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺	m	Cu	Fe	Mn	Zn	S	T	V
G. margarita	0,5537	-0,1400	-0,2630	0,4633	0,3093	-0,5454	-0,5863	-0,6536**	-0,1359	-0,3824	-0,5915	-0,7010*	0,5144	-0,1600	0,5655
G. macrocarpum	0,8914**	0,2366	0,2678	0,9000**	-0,3594	-0,8463**	-0,8693**	-0,7889**	-0,3186	-0,9163**	-0,8870**	-0,2938	0,8835**	0,1016	0,8867**
A. scrobiculata	0,4353	0,2377	0,0710	0,2786	-0,8968**	-0,4344	-0,4302	-0,3259	-0,2398	-0,4803	-0,5021	-0,1451	0,2215	-0,6352	0,2936
Gi + Gi + Ac	0,9436**	0,2102	0,1815	0,9081**	-0,3876	-0,9040**	-0,2312**	-0,8692**	-0,2573	-0,9342**	-0,9593**	-0,4246	0,8914**	-0,0594	0,9178**

* Significativo com $p = 0,10$

** Significativo com $p = 0,05$

turação de alumínio (m) , Fe e Mn, também foram obtidas. Essas correlações foram significativas com $p \leq 0,05$.

Tratando as espécies individualmente, essas correlações mantiveram-se significativas somente em alguns casos.

A percentagem de germinação de esporos de *G. macrocarpum* apresentou correlações positivas com pH, Ca^{+2} , S e V , e correlações negativas com Al^{+3} , H^{+} , Fe e Mn. Para *G. margarita*, a percentagem de germinação de esporos correlacionou-se negativamente com m e Zn, enquanto *A. scrobiculata* mostrou correlação negativa somente com a concentração de Mg^{+2} no solo.

SIQUEIRA et alii (1984) encontraram um maior número de correlações entre percentagem de germinação de esporos e características químicas do solo significativas para *G. mosseae*, em relação a *G. margarita*.

Estes resultados confirmam novamente a maior adaptabilidade de *A. scrobiculata* a solos ácidos, em relação a *G. margarita* e *G. macrocarpum*, cuja sensibilidade a tais condições foi maior.

O pH do solo isoladamente não pode ser considerado como um fator preponderante na otimização da germinação de esporos de fungos micorrízicos-VA. Os fatores que variam em função do pH, principalmente a solubilidade de elementos tóxicos, também devem ser considerados.

A saturação do solo em Al^{+3} talvez seja uma característica mais adequada para se avaliar o efeito da acidez na germinação dos esporos, já que correlacionou-se significativamente com a percentagem de germinação dos esporos na maioria dos casos.

A germinação de espécies de *Glomus* em ágar, é inibida reversivelmente pela presença de Mn, Zn e Cu, em concentrações normalmente encontradas na solução do solo (HEPPER e SMITH, 1976; HEPPER, 1979). Assim, a concentração desses elementos é um componente fundamental do efeito da acidez do solo sobre a germinação dos esporos, pois suas concentrações estão inversamente correlacionadas com o pH do solo.

No geral, os fungos testados correlacionaram - se negativamente com a concentração de Fe e Mn no solo.

G. margarita mostrou-se mais sensível ao Zn e *G. macrocarpum* ao Mn e ao Fe. *A. scrobiculata* mostrou-se tolerante ao Cu, Fe, Mn e Zn nas concentrações usadas neste experimento, não apresentando correlação significativa com nenhum desses elementos.

4.2. Experimento 2. Efeito da calagem em um solo ácido no desenvolvimento de micorrizas vesículo-arbusculares em *Stylosanthes guianensis*

4.2.1. Desenvolvimento da colonização micorrízica

A percentagem de colonização das raízes de *S. guianensis* foi avaliada, e as médias, obtidas de 4 repetições, podem ser vistas na Tabela 6.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, utilizando-se a transformação estatística $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$, e os valores de F resultantes são apresentados na Tabela 7.

Podemos observar que o valor F mais significativo foi para o fator FUNGO, seguido do fator FÓSFORO.

Tabela 6 - Efeito da calagem e do nível de fósforo do solo na colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis*.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Época de colheita (dias)		
			40	60	80
G.mar- garita	P0	C0	5,24 ± 0,67	16,76 ± 3,05	42,55 ± 2,80
		C1	11,43 ± 0,40	28,94 ± 2,50	37,03 ± 2,70
		C2	3,66 ± 0,55	23,84 ± 3,52	36,92 ± 6,22
		C3	4,57 ± 0,43	7,27 ± 1,47	20,95 ± 6,31
	P1	C0	1,96 ± 0,21	5,39 ± 0,98	11,13 ± 0,86
		C1	6,07 ± 0,65	5,83 ± 0,23	15,83 ± 1,40
		C2	3,24 ± 0,57	8,93 ± 2,06	18,17 ± 2,24
		C3	4,12 ± 0,37	9,74 ± 1,39	12,27 ± 2,29
	P0	C0	14,41 ± 1,59	14,19 ± 1,31	16,81 ± 1,94
		C1	36,53 ± 4,50	37,14 ± 3,74	38,83 ± 1,52
		C2	52,50 ± 2,34	54,14 ± 3,09	61,33 ± 4,62
		C3	41,92 ± 1,19	37,14 ± 2,16	47,63 ± 5,15
G. ma- crocarpum	P1	C0	4,17 ± 0,55	5,74 ± 2,06	7,07 ± 1,67
		C1	18,87 ± 1,11	17,77 ± 1,68	19,23 ± 1,84
		C2	30,06 ± 2,20	30,53 ± 3,14	30,52 ± 4,27
		C3	21,48 ± 1,21	26,21 ± 4,32	21,36 ± 2,35
A. scro- biculata	P0	C0	41,28 ± 1,23	40,45 ± 1,90	35,27 ± 5,33
		C1	56,05 ± 1,66	55,22 ± 8,62	48,81 ± 5,37
		C2	49,17 ± 2,96	50,76 ± 1,37	51,35 ± 6,43
		C3	45,09 ± 2,20	44,64 ± 1,00	45,65 ± 3,76
	P1	C0	24,79 ± 3,42	27,69 ± 4,15	29,28 ± 1,62
		C1	25,80 ± 4,30	29,82 ± 1,69	37,81 ± 6,81
		C2	41,22 ± 1,33	40,13 ± 2,28	42,51 ± 5,51
		C3	37,85 ± 2,18	39,52 ± 6,25	51,97 ± 7,21

Os valores apresentados representam a média ± desvio padrão de média (4 repetições).

Os tratamentos controle não apresentaram colonização micorrízica.

Tabela 7 - Valores F obtidos na análise de variância de algumas variáveis.

Causas da variação	GL	Variáveis analisadas			
		% Colonização	MSPA	MFSR	MSPA/MFSR
Época (E)	2	62,36**	734,99**	479,34**	0,40ns
Calcário (C)	3	88,32**	50,56**	8,30**	3,98**
Fósforo (P)	1	363,47**	1428,83**	1058,42**	72,25**
Fungo (F)	3	2256,48**	96,38**	47,55**	8,12**
E x C	6	0,79ns	12,09**	5,36**	3,94**
E x P	2	1,49ns	278,97**	215,10**	0,0033ns
E x F	6	36,36**	16,98**	10,72**	2,32**
C x P	3	11,31**	11,82**	1,74ns	3,75**
C x F	9	41,20**	6,08**	1,39ns	1,91**
P x F	3	49,98**	5,83**	0,95ns	6,40**
E x C x P	6	1,97*	2,01*	2,80**	4,17**
E x C x F	18	1,35ns	3,13**	1,61*	2,60**
E x P x F	6	8,48**	13,01**	7,63**	1,69ns
C x P x F	9	5,50**	1,15ns	1,67*	1,88*
E x C x P x F	18	1,13ns	0,99ns	1,19ns	2,18**
Blocos	3	5,98**	1,11ns	8,02**	1,12ns
Coefficiente de variação (%)		15,48	33,36	42,01	15,92

ns = não significativo
 * = significativo com $p = 0,10$
 ** = significativo com $p \leq 0,05$
 MSPA = matéria seca da parte aérea
 MFSR = matéria fresca do sistema radicular

Na Tabela 8 verificamos que a variação da média da percentagem de colonização das raízes, em relação a colonização por *G. margarita*, foi de 190,31 % para *A. scrobiculata* e 100,56 % para *G. macrocarpum*.

No geral, a colonização das raízes foi máxima no nível 2 de calcário (Tabela 9), da mesma forma que a germinação dos esporos. A colonização das raízes no solo com o nível 2 de calcário foi 82,77 % maior do que no solo sem calcário, mostrando que as condições de solos ácidos têm um efeito fungistático sobre o desenvolvimento das micorrizas-VA. A variação da colonização micorrízica foi de 53,14 % no nível 1 de calcário e de 50,91 % no nível 3, em relação ao solo sem calcário.

Analisando a interação CALCÁRIO x FUNGO podemos observar que o grau de colonização das raízes pelos diferentes fungos testados variou em função do nível de calcário do solo. (Tabela 10).

Houve uma colonização máxima por *G. margarita* no nível 1 de calcário, diminuindo com o aumento do nível de calcário. A variação, em relação ao solo sem calcário, foi de 26,59%.

G. macrocarpum apresentou uma colonização máxima no solo com o nível 2 de calcário, sendo 315,19 % maior do que no solo sem calcário, e 32,37 % maior do que no solo com o nível 3 de calcário.

A colonização das raízes por *A. scrobiculata* não diferiu estatisticamente nos solos com calcário, sendo estes níveis em média 33 % superiores ao encontrado no solo sem calcário.

Tabela 8 - Efeitos de diferentes associações micorrízicas vesículo-arbusculares sobre algumas variáveis analisadas.

Fungo	Variáveis analisadas				
	MVA	MFSR (g)	MSPA (g)	MSPA/MFSR	% Colonização
Controle		0,7557 c	0,2954 c	0,5192 bc	0,00 d
G. margarita		0,7809 c	0,3073 c	0,8273 a	14,24 c
G. macrocarpum		1,0553 b	0,4981 b	0,6364 ab	28,56 b
A. scrobiculata		1,3856 a	0,5770 a	0,4983 c	41,34 a

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias das diferentes associações micorrízicas.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $p \leq 0,05$).

Os valores apresentados são médias de 96 repetições.

Tabela 9 - Efeito da calagem em um solo ácido sobre algumas variáveis analisadas.

Nível de Calcário	Variáveis analisadas			
	MFSR (g)	MSPA (g)	MSPA/MFSR	% Colonização
C0	0,8300 b	0,2702 b	0,5272 b	14,34 c
C1	1,0914 a	0,4613 a	0,7582 a	21,96 b
C2	1,0852 a	0,4968 a	0,6578 a	26,21 a
C3	0,9709 ab	0,4495 a	0,5379 ab	21,64 b

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias dos diferentes níveis de calcário

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $p \leq 0,05$).

C0 = solo sem calcário

C1 = solo com 0,27 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA.

C2 = solo com 0,63 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA.

C3 = solo com 1,10 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA.

MSPA = matéria seca da parte aérea.

MFSR = matéria fresca do sistema radicular.

No solo sem calcário, as colonizações por G. margarita e G. macrocarpum não diferiram estatisticamente, sendo em média 2,8 vezes menores que a colonização por A. scrobiculata. No solo com o nível 2 de calcário, a colonização por G. macrocarpum não diferiu estatisticamente da colonização por A. scrobiculata, sendo em média 2,8 vezes maior do que a colonização por G. margarita.

Estes resultados mostram que a população de A. scrobiculata utilizada praticamente não responde a calagem de solos ácidos sendo entretanto mais tolerante a níveis de pH baixo, enquanto G. margarita mostrou uma tolerância intermediária, e G. macrocarpum uma maior sensibilidade. No entanto, o grau de colonização atingido por G. macrocarpum foi superior aquele atingido por G. margarita, provavelmente pelo fato dos esporos de G. margarita terem germinado muito rapidamente, não encontrando um sistema radicular adequado para a colonização, pois o Stylosanthes tem um desenvolvimento inicial lento.

CORDEIRO et alii (1986) e MOSQUIM et alii (1986) não obtiveram resposta da colonização micorrízica de Stylosanthes à calagem nem ao nível de P do solo.

Analisando o efeito do fator P, podemos dizer que no solo com adição de P (14,4 ppm P), a colonização das raízes foi 48,40 % menor do que no solo sem adição de P (3,7 ppm P), como consta da Tabela 11. É evidente o efeito inibitório da alta concentração de P na formação das micorrizas, como já foi verificado por vários autores (SIQUEIRA et alii, 1984; MOSSE, 1981; LAMBERT et alii, 1979; MENGE, 1978).

A adição de P ao solo reduziu a colonização das raízes por G. margarita em 57,05 %, por G. macrocarpum em 48,50% e por A. scrobiculata em 24,01 %, em relação as percentagens de colonização obtidas no solo sem a adição de P (Tabela 12).

Tabela 10 - Efeito da calagem em um solo ácido na colonização de raízes de *S. guianensis* por diferentes fungos micorrízicos-VA.

Fungo MVA	Nível de calcário			
	C0	C1	C2	C3
Controle	0,00 aC	0,00 aD	0,00 aC	0,00 aD
<i>G.margarita</i>	13,84 bcB	17,52 aC	15,79 abB	9,82 cC
<i>G.macrocarpum</i>	10,40 dB	28,06 cB	43,18 aA	32,62 bB
<i>A.scrobiculata</i>	33,13 bA	42,25 aA	45,86 aA	44,12 aA

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias na linha, e as maiúsculas na coluna.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tukey $p \leq 0,05$).

C0 = solo sem calcário.

C1 = solo com 0,27 emg $\text{Ca(OH)}_2/100$ g TFSA

C2 = solo com 0,63 emg $\text{Ca(OH)}_2/100$ g TFSA

C3 = solo com 1,10 emg $\text{Ca(OH)}_2/100$ g TFSA.

Tabela 11 - Efeitos do nível de fósforo no solo sobre algumas variáveis analisadas.

Nível de Fósforo	Variáveis analisadas			
	MFSR (g)	MFSR (g)	MSPA/MFSR	% colonização
P0	0,3008 b	0,1496 b	0,8044 a	26,61 a
P1	1,6879 a	0,6893 a	0,4362 b	13,73 b

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias dos diferentes níveis de fósforo.

Letras diferentes diferem estatisticamente (Tuckey $p \leq 0,05$).

Os valores apresentados são médias de 192 repetições.

P0 = 3,7 ppm P

P1 = 14,4 ppm P

MSPA = matéria seca da parte aérea

MFSR = matéria fresca do sistema radicular.

Tabela 12 - Efeito do nível de fósforo de um solo ácido sobre a colonização micorrízica em *S. guianensis*.

Fungo MVA	Nível de Fósforo	
	P0	P1
Controle	0,00 aD	0,00 aD
<i>G. margarita</i>	19,93 aC	8,56 bC
<i>G. macrocarpum</i>	37,71 aB	19,42 bB
<i>A. scrobiculata</i>	46,98 aA	35,70 bA

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias na linha, e as maiúsculas na coluna.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $p \leq 0,05$).

P0 = 3,7 ppm P

P1 = 14,4 ppm P.

Tabela 13 - Variação percentual da colonização das raízes e da germinação dos esporos no solo com diferentes níveis de calcário, em relação ao solo sem calcário.

Fungo	C1		C2		C3	
	Δ % Col.	Δ % Germ.	Δ % Col.	Δ % Germ.	Δ % Col.	Δ % Germ.
<i>G. margarita</i>	26,59	3,08	14,09	8,65	-29,05	5,45
<i>G. macrocarpum</i>	169,81	37,45	315,19	74,90	213,65	131,09
<i>A. scrobiculata</i>	27,53	-2,71	38,42	9,17	33,17	4,17

$$\Delta \% = \frac{\% \text{ Col/Germ em C} - \% \text{ Col/Germ em Co}}{\% \text{ Col/Germ em Co}} \cdot 100$$

Estes resultados indicam que *A. scrobiculata* é um fungo mais adaptado a solos distróficos e ácidos do que *G. margarita* e *G. macrocarpum*, as quais se mostraram menos tolerantes a tais condições.

Nas condições deste experimento, a colonização das raízes mostrou-se muito mais sensível à variação da acidez do solo do que a germinação dos esporos, para as populações das três espécies (Tabela 13), sugerindo que a acidez do solo afeta mais o processo de infecção e colonização do que a germinação dos esporos.

Foram feitas análises de correlação entre a percentagem de germinação dos esporos e o grau de colonização na primeira época de colheita, considerando-se as médias nos diferentes níveis de calcário (Tabela 14).

Foram encontradas correlações positivas, no entanto estas não foram estatisticamente significativas, provavelmente pelo fato do inóculo utilizado no experimento ser constituído de outros tipos de propágulos, além dos esporos, com infectividades variáveis, além do fato de exsudações radiculares interferirem na germinação dos esporos, o que não foi avaliado nos ensaios de germinação.

O desenvolvimento da colonização micorrízica em *S. guianensis*, crescendo em solo ácido pode ser visto na Figura 5.

Podemos observar que *G. margarita* possui uma taxa inicial de colonização ($\Delta\%/\Delta t$) muito pequena em relação a *G. macrocarpum* e *A. scrobiculata*. No entanto, entre os 60 e 80 dias após o plantio, a taxa de colonização de *G. margarita* é aproximadamente 4,4 vezes maior do que a taxa de colonização de *G. macrocarpum*, e 6,1 vezes maior do que a taxa de colonização de *A. scrobiculata*.

Tabela 14 - Coeficientes de correlação entre a percentagem de germinação dos esporos e a percentagem de colonização das raízes.

Fungo MVA	Coeficientes de correlação linear (r)
<i>G. margarita</i>	-0,0171ns
<i>G. macrocarpum</i>	0,7011ns
<i>A. scrobiculata</i>	0,5739ns
Gi + GI + Ac	0,6045ns

ns = não significativo com $p \geq 0,80$.

Figura 5 - Desenvolvimento da colonização micorrízica em *S. guianensis* crescendo em solo ácido.

No geral, *A. scrobiculata* apresentou a maior taxa de colonização do sistema radicular, e *G. margarita* a menor.

As características de uma curva de colonização em função do tempo podem ser de grande utilidade na discriminação de espécies ou populações de fungos-MVA mais eficientes em colonizar rápida e extensivamente o sistema radicular, já que normalmente a colonização está diretamente relacionada com o aumento da absorção de P e da produção vegetal. Porém, outros fatores devem ser considerados, tais como a eficiência da hifa em absorver P e outros nutrientes da solução do solo e translocá-los para a raiz do hospedeiro, e a capacidade da hifa em crescer além da rizosfera (ABBOTT e ROBSON, 1984).

Foram feitas análises de correlação entre as características químicas do solo, nos oito níveis de fertilidade utilizados, e a colonização das raízes aos 40 e 80 dias após o plantio (Tabela 15).

As correlações encontradas variaram com a espécie do fungo e com a época de colheita, sendo que *G. macrocarpum* apresentou maior número de correlações significativas aos 40 dias após o plantio, e *A. scrobiculata* e *G. margarita* aos 80 dias.

Baseado no fato das correlações significativas entre colonização na primeira época de colheita e as características químicas do solo serem até certo ponto semelhantes àquelas obtidas para germinação dos esporos (Tabela 5), pode-se levantar a seguinte hipótese:

- no início do processo de colonização, as características químicas do solo, nas condições experimentais utilizadas, afetaram mais o fungo em si do que a simbiose própria

Tabela 15 - Coeficientes de correlação linear entre percentagem de colonização das raízes aos 40 e 80 dias e as propriedades químicas do solo.

Época de colheita (dias)	Fungo	Propriedades químicas do solo													
		pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺	m	Cu	Fe	Mn	Zn	S	T
40	G.margarita	-0,1320	-0,4508	-0,0863	-0,1002	0,8595**	-0,0412	0,1362	-0,1176	0,0626	0,1689	0,2956	-0,3350	-0,0314	0,1488
	G.macrocarpum	0,5772	-0,5619	-0,4387	0,5562	0,0979	-0,7065**	-0,6101	-0,7286**	0,4403	-0,6268*	-0,5304	-0,7398**	0,5479	-0,2615
	A.scribiculata	0,3103	-0,7339**	-0,6777*	0,3464	0,5909	-0,3749	-0,3360	-0,4579	0,3419	-0,3514	-0,2405	-0,4977	0,3516	0,0246
80	G.margarita	-0,2999	-0,8532**	-0,8150**	-0,2105	0,5294	0,2698	0,2444	0,1686	0,6949*	0,3504	0,3518	-0,2070	-0,2881	-0,1213
	G.macrocarpum	0,5667	-0,6092	-0,2831	0,5108	0,0371	-0,6447*	-0,0761	-0,6572*	0,5316	-0,5968	-0,4820	-0,6674*	0,4915	-0,2753
	A.scribiculata	0,7824**	-0,3299	-0,2269	0,7947**	0,1707	-0,8178**	-0,7735**	-0,8491**	0,1088	-0,6905*	-0,6737*	-0,6172	0,6866*	-0,2816

* Significativo com $p = 0,10$ ($r > 0,6215$)

** Significativo com $p < 0,05$ ($r > 0,7067$)

mente dita. Já que nessa fase prevalece a capacidade do fungo em germinar, emitir uma hifa infectiva e penetrar na raiz. Com o desenvolvimento do processo de colonização, o metabolismo do hospedeiro passa a interferir mais intensamente no desenvolvimento do fungo nas raízes, e a simbiose é que passa a interagir com o ambiente. Essa interação é provavelmente mais intensa onde a simbiose é mais extensa e eficiente, explicando a correlação da colonização das raízes por *A. scrobiculata* com um grande número de características do solo na terceira época de colheita.

4.2.2. Desenvolvimento vegetativo de *S. guianensis*

4.2.2.1. Desenvolvimento da parte aérea

As médias de produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) por *S. guianensis* podem ser vistas na Tabela 16.

Com os dados obtidos foi feita a análise de variância, e os valores de F para as causas da variação são apresentados na Tabela 7.

Houve efeitos altamente significativos de todos os fatores avaliados, e de 8 das 11 interações desses fatores.

De uma maneira geral, a produção de MSPA não diferiu estatisticamente nos tratamentos com calcário, os quais diferiram dos tratamentos sem calcário, havendo um incremento médio de 73,65 % (Tabela 9).

O efeito mais significativo foi do fator P, que causou um incremento de 360,72 % na produção de MSPA, em relação aos solos sem adição de P. Resultados semelhantes foram encontrados por CORDEIRO et alii (1986), os quais encontraram um efeito pronunciado do aumento do nível de P no crescimento da parte aérea de *S. guianensis* e *S. macrocephala*.

Tabela 16 - Variação da produção de matéria seca da parte aérea de *S. guianensis* em um solo ácido com diferentes níveis de calcário e de P, diferentes associações MVA, e em diferentes épocas de colheita.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Época de colheita (dias)		
			40	60	80
Controle	P0	C0	0,0165 $\pm$ 0,0010	0,0215 $\pm$ 0,0011	0,0159 $\pm$ 0,0018
		C1	0,0183 $\pm$ 0,0010	0,0198 $\pm$ 0,0017	0,0206 $\pm$ 0,0007
		C2	0,0173 $\pm$ 0,0006	0,0252 $\pm$ 0,0047	0,0177 $\pm$ 0,0010
		C3	0,0173 $\pm$ 0,0006	0,0184 $\pm$ 0,0019	0,0209 $\pm$ 0,0029
	P1	C0	0,0974 $\pm$ 0,0099	0,3334 $\pm$ 0,1136	0,3745 $\pm$ 0,1095
		C1	0,1611 $\pm$ 0,0425	0,5365 $\pm$ 0,0567	1,2539 $\pm$ 0,1653
		C2	0,1354 $\pm$ 0,0294	0,4229 $\pm$ 0,0797	1,2462 $\pm$ 0,0559
		C3	0,0557 $\pm$ 0,0206	0,3745 $\pm$ 0,0711	1,3699 $\pm$ 0,0681
	P0	C0	0,0114 $\pm$ 0,0008	0,0336 $\pm$ 0,0027	0,1662 $\pm$ 0,0150
		C1	0,0145 $\pm$ 0,0008	0,0858 $\pm$ 0,0554	0,1513 $\pm$ 0,0296
		C2	0,0163 $\pm$ 0,0019	0,0259 $\pm$ 0,0041	0,0922 $\pm$ 0,0139
		C3	0,0164 $\pm$ 0,0016	0,0173 $\pm$ 0,0030	0,0661 $\pm$ 0,0027
<i>G. margarita</i>	P1	C0	0,0798 $\pm$ 0,0264	0,2760 $\pm$ 0,0307	0,8573 $\pm$ 0,0695
		C1	0,0981 $\pm$ 0,0291	0,4468 $\pm$ 0,1027	1,2187 $\pm$ 0,1031
		C2	0,1407 $\pm$ 0,0739	0,6764 $\pm$ 0,0956	1,2133 $\pm$ 0,2599
		C3	0,1096 $\pm$ 0,0249	0,5387 $\pm$ 0,1277	1,0229 $\pm$ 0,1810
	P0	C0	0,0189 $\pm$ 0,0019	0,0278 $\pm$ 0,0060	0,0363 $\pm$ 0,0057
		C1	0,0483 $\pm$ 0,0055	0,3016 $\pm$ 0,0668	0,4194 $\pm$ 0,0733
		C2	0,0365 $\pm$ 0,0056	0,1855 $\pm$ 0,0222	0,4158 $\pm$ 0,0578
		C3	0,0256 $\pm$ 0,0068	0,1837 $\pm$ 0,0235	0,4881 $\pm$ 0,0531
<i>G. macrocarpum</i>	P1	C0	0,1290 $\pm$ 0,0201	0,4960 $\pm$ 0,1084	0,8624 $\pm$ 0,1552
		C1	0,2016 $\pm$ 0,0160	1,0132 $\pm$ 0,0797	1,3867 $\pm$ 0,1277
		C2	0,1873 $\pm$ 0,0533	1,1755 $\pm$ 0,0416	1,4485 $\pm$ 0,1510
		C3	0,1782 $\pm$ 0,0195	1,1138 $\pm$ 0,0516	1,5736 $\pm$ 0,0547
	P0	C0	0,0442 $\pm$ 0,0028	0,1586 $\pm$ 0,0135	0,2710 $\pm$ 0,0357
		C1	0,0642 $\pm$ 0,0025	0,3386 $\pm$ 0,0994	0,6701 $\pm$ 0,1395
		C2	0,0562 $\pm$ 0,0017	0,3224 $\pm$ 0,0948	0,9256 $\pm$ 0,0257
		C3	0,0376 $\pm$ 0,0073	0,3649 $\pm$ 0,0593	0,8115 $\pm$ 0,0932
<i>A. scrobiculata</i>	P1	C0	0,1210 $\pm$ 0,0199	0,7478 $\pm$ 0,0143	0,7877 $\pm$ 0,1084
		C1	0,2007 $\pm$ 0,0549	1,0155 $\pm$ 0,1280	1,3856 $\pm$ 0,0330
		C2	0,2045 $\pm$ 0,0349	1,0913 $\pm$ 0,0852	1,8449 $\pm$ 0,0839
		C3	0,1817 $\pm$ 0,0177	0,9393 $\pm$ 0,1176	1,2632 $\pm$ 0,1454

Os valores apresentados representam a média $\pm$ desvio padrão da média (4 repetições), em gramas.

A comparação das médias de MSPA do fator fungo mostrou que as plantas de *S. guianensis* micorrizadas apresentaram maior produção de MSPA em relação ao controle não inoculado. A associação com *A. scrobiculata* foi a mais eficiente, causando um incremento de MSPA de 95,33 %, enquanto *G. macrocarpum* foi de 68,62 % e *G. margarita* de 4,03 %, não diferindo estatisticamente do controle (Tabela 8).

A inoculação de fungos MVA em *S. guianensis* crescendo em solo ácido com baixo nível de P foi altamente benéfica.

Houve incrementos de produção de MSPA de até 5129,28 %, em relação ao controle não inoculado, demonstrando o micotrofismo extremamente elevado do *S. guianensis*.

Na Tabela 17 podemos verificar a variação percentual média, ou eficiência relativa média, de cada fungo MVA em relação ao controle não inoculado de cada tratamento.

Observamos que o benefício maior das MVA se dá justamente nos solos com baixo nível de P, onde o crescimento das plantas não micorrizadas é bastante limitado.

Nos solos sem adição de P e sem calcário a inoculação com *G. margarita* causou um incremento máximo de 945,28 % na produção de MSPA, que diminuiu com o aumento do nível de calcário do solo. A inoculação com *G. macrocarpum* apresentou um comportamento contrário à inoculação com *G. margarita*, aumentou o incremento de MSPA com o aumento do calcário, atingindo um máximo de 2235,41 % no nível 3 de calcário. O incremento na produção de MSPA pela inoculação de *A. scrobiculata* foi máximo no solo com o nível 2 de calcário (5129,38 %).

Tabela 17 - Variação percentual média ($\Delta\%$) da produção de matéria seca da parte aérea por *S. guianensis*, em relação ao controle não inoculado de cada tratamento.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Época de colheita (dias)		
MVA			40	60	80
			%		
Gigaspora margarita	P0	C0	-30,91	+56,28	+945,28
		C1	-20,77	+333,33	+634,47
		C2	-5,78	+2,78	+420,90
		C3	-5,20	-5,98	+216,27
	P1	C0	-18,07	-17,22	-1,97
		C1	-39,11	-16,72	-2,81
		C2	+3,91	+59,94	-2,64
		C3	+96,77	+43,85	-25,33
Glomus macrocarpum	P0	C0	+14,55	+29,30	+128,30
		C1	+163,93	+1423,23	+1935,92
		C2	+110,98	+636,11	+2249,15
		C3	+47,98	+898,37	+2235,41
	P1	C0	+32,44	+48,77	-1,38
		C1	+25,14	+88,85	+10,59
		C2	+38,33	+177,96	+16,23
		C3	+219,93	+197,41	+14,87
Acaulospora scrobiculata	P0	C0	+167,88	+637,67	+1604,40
		C1	+250,82	+1610,10	+3152,91
		C2	+224,86	+1179,37	+5129,38
		C3	+117,34	+1883,15	+3782,78
	P1	C0	+24,23	+124,30	-9,33
		C1	+24,58	+89,28	+10,50
		C2	+51,03	+158,05	+48,04
		C3	+226,21	+150,81	+7,79

$$\Delta\% = \frac{\text{MSPA com Fungo} - \text{MSPA controle}}{\text{MSPA Controle}} \cdot 100$$

A inoculação nos solos com adição de P não foi tão benéfica quanto no solo sem P, havendo incrementos de produção de MSPA variando de 10,50 % a 48,04 %, na 3ª época de colheita. Em alguns casos houve até decrementos na produção, mostrando que o fungo está competindo com a planta por nutrientes e metabólitos, parasitando-a.

A presença de fungos MVA em solos com adição de P foi mais benéfica no início do ciclo da planta, provavelmente pelo fato das MVA aumentarem a velocidade de absorção de P, conforme já foi demonstrado por FAQUIN et alii (1987) e SILVEI RA et alii (1987). Assim, em solos pobres em P, o microtrofismo foi sempre crescente com o desenvolvimento, e em solos com adição de P foi decrescente, nas condições deste experimento. Talvez isto tenha ocorrido pelo efeito das MVA na maior absorção de nutrientes, devida a maior exploração do solo pelas hifas do fungo, no primeiro caso, e pelo efeito das MVA em aumentar a velocidade de absorção do P, quando a planta ainda está com um sistema radicular pouco desenvolvido, no segundo caso.

A produção de MSPA mostrou correlações significativas com a percentagem de colonização das raízes em solos com e sem adição de P (Figura 6).

Analisando-se a interação FUNGO x CALCÁRIO podemos verificar que a produção de MSPA pelas plantas inoculadas com diferentes fungos MVA variou com o nível de calcário do solo, conforme o que está representado graficamente na Figura 7.

As médias de produção de MSPA das plantas sem inoculação não apresentaram diferenças significativas nos solos com calcário, e estas foram aproximadamente 41 % superiores às do solo sem calcário.

Figura 6 - Correlação entre percentagem de colonização das raízes por fungos MVA e produção de matéria seca da parte aérea por *S. guianensis* em solos ácidos com e sem adição de fósforo.

T = Controle não inoculado
Gi = *G. margarita*

GI = *G. macrocarpum*
Ac = *A. scrobiculata*
C0 = solo sem calcário

C1 = Solo com 0,27 emg $\text{Ca(OH)}_2/100 \text{ g TFSA}$
C2 = Solo com 0,63 emg $\text{Ca(OH)}_2/100 \text{ g TFSA}$
C3 = Solo com 1,10 emg $\text{Ca(OH)}_2/100 \text{ g TFSA}$

Os valores médios de MSPA apresentados no topo dos blocos estão em g.planta^{-1} .

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias no mesmo nível de calcário e as maiúsculas para comparar as médias entre os diferentes níveis de calcário. Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $\leq 0,05$).

Figura 7 - Efeito de diferentes níveis de calcário na produção de matéria seca da parte aérea de *S. guianensis* associado a diferentes fungos MVA.

Para as plantas inoculadas com *G. margarita*, a produção de MSPA foi máxima no nível 2 de calcário, sendo 51,98% superior a do solo sem calcário. As plantas inoculadas com *A. scrobiculata* também apresentaram uma produção máxima no nível 2 de calcário, havendo um incremento de 108,62 % em relação ao solo sem calcário.

Porém, a inoculação com *G. macrocarpum* não aumentou significativamente a produção de MSPA nos solos com calcário, embora tenha havido uma tendência dessa produção ser máxima no nível 3 de calcário. Nos solos com calcário, a micorriza formada por *G. macrocarpum* aumentou em média 120,44 % a produção MSPA do *S. guianensis*, em relação ao solo sem calcário.

Em todos os níveis de calcário os valores da MSPA das plantas micorrizadas por *G. margarita* não diferiram estatisticamente do controle não inoculado.

As maiores diferenças relativas entre as médias da MSPA das plantas micorrizadas pelos diferentes fungos e o controle não inoculado aparecem no nível 2 de calcário.

Em vista dos resultados obtidos, podemos dizer que a produção de MSPA, estando correlacionada positivamente com a colonização das raízes, reflete a eficiência do fungo MVA em absorver nutrientes do solo e translocá-los para a planta.

Desta forma, *A. scrobiculata* mostrou-se mais eficiente para *S. guianensis* em solos ácidos e distróficos, dentro das condições deste experimento, tanto na formação da micorriza quanto no incremento da produção de MSPA. A MVA formada por *G. margarita* que apresentou uma tolerância intermediária a condições de solos ácidos foi a menos eficiente em promover o crescimento de *S. guianensis*. O *G. macrocarpum* que for-

ma uma MVA mais sensível a essas condições mostrou uma eficiência intermediária.

Porém, avaliar a tolerância de uma associação micorrízica a condições de solos ácidos e distróficos através da produção de MSPA é bastante complexo, pois existe uma interação entre o genótipo da planta, o genótipo do fungo e o meio ambiente, determinando a maior ou menor produção vegetativa.

Nos solos sem adição de P, as diferenças em relação ao controle foram muito maiores do que no solo com P. Na Figura 8 podemos visualizar claramente essas diferenças.

A. scrobiculata que foi o fungo mais eficiente em promover o crescimento de *S. guianensis* causou um incremento de 1673,30 % no solo sem adição de P, em relação ao controle, enquanto que no solo com adição de P esse incremento foi de 42,58 %.

As diferenças relativas entre os fungos também variaram com a época de colheita (Figura 9), apresentando valores máximos na 2ª época. Isto pode ser explicado pelo fato da micorriza mais eficiente ter aumentado a taxa de crescimento ($\Delta \text{MSPA} / \Delta t$) inicial das plantas, o que pode ser uma grande vantagem ecológica, pois a competitividade inicial, muito importante no estabelecimento de leguminosas em pastagens consorciadas com gramíneas (AZCON-AGUILAR *et alii*, 1982; REEVES *et alii*, 1979), sofre um grande aumento.

4.2.2.2. Desenvolvimento do sistema radicular

Na Tabela 18 são apresentadas as médias da matéria fresca do sistema radicular (MFSR) obtidas no experimento.

Tabela 18 - Variação da matéria fresca do sistema radicular de *S. guianensis* em um solo ácido com diferentes níveis de calcário e de P, diferentes associações MVA, e em diferentes épocas de colheita.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Época de colheita (dias)		
			40	60	80
Controle	P0	C0	0,0250 ± 0,0036	0,0367 ± 0,0037	0,0215 ± 0,0031
		C1	0,0308 ± 0,0031	0,0346 ± 0,0030	0,0183 ± 0,0011
		C2	0,0287 ± 0,0026	0,0370 ± 0,0013	0,0283 ± 0,0032
		C3	0,0294 ± 0,0024	0,0292 ± 0,0010	0,0480 ± 0,0112
	P1	C0	0,4171 ± 0,0652	1,0527 ± 0,2964	2,1261 ± 0,3684
		C1	0,5108 ± 0,0990	1,3293 ± 0,1089	2,9714 ± 0,4876
		C2	0,4310 ± 0,1000	1,3634 ± 0,2149	3,1414 ± 0,1264
		C3	0,1620 ± 0,0716	1,1432 ± 0,3018	3,1208 ± 0,2422
	P0	C0	0,0174 ± 0,0017	0,0232 ± 0,0024	0,3284 ± 0,0466
		C1	0,0194 ± 0,0011	0,1407 ± 0,0960	0,1723 ± 0,1125
		C2	0,0154 ± 0,0023	0,0150 ± 0,0019	0,2542 ± 0,0720
		C3	0,0178 ± 0,0018	0,0237 ± 0,0030	0,1437 ± 0,0556
<i>G. margarita</i>	P1	C0	0,2729 ± 0,0192	0,8422 ± 0,1083	3,0288 ± 0,3547
		C1	0,2279 ± 0,0712	0,8710 ± 0,0999	3,4326 ± 0,6762
		C2	0,2584 ± 0,1535	1,4382 ± 0,1694	3,0805 ± 0,7233
		C3	0,2138 ± 0,0614	1,4547 ± 0,3325	2,4504 ± 0,6972
	P0	C0	0,0284 ± 0,0033	0,0241 ± 0,0027	0,0343 ± 0,0047
		C1	0,0988 ± 0,0216	0,5101 ± 0,1037	0,8246 ± 0,1460
		C2	0,0376 ± 0,0093	0,2864 ± 0,0859	0,9327 ± 0,1901
		C3	0,0372 ± 0,0095	0,2711 ± 0,0283	0,8564 ± 0,0402
	P1	C0	0,3790 ± 0,0443	1,5680 ± 0,3284	2,6726 ± 0,3243
		C1	0,3703 ± 0,0473	1,8227 ± 0,4142	3,6503 ± 0,3477
		C2	0,2642 ± 0,1218	1,3342 ± 0,1508	3,5694 ± 0,6199
		C3	0,3226 ± 0,0763	2,2785 ± 0,2088	3,1536 ± 0,2915
<i>G. macrocarpum</i>	P0	C0	0,0851 ± 0,0122	0,6344 ± 0,0708	0,7182 ± 0,0088
		C1	0,0512 ± 0,0070	0,8656 ± 0,2167	1,0872 ± 0,1691
		C2	0,0606 ± 0,0060	0,7908 ± 0,2883	2,1625 ± 0,2316
		C3	0,0736 ± 0,0183	0,8712 ± 0,2248	1,5602 ± 0,1941
	P1	C0	0,5163 ± 0,1261	2,5417 ± 0,2256	2,5254 ± 0,1649
		C1	0,4289 ± 0,1353	2,6900 ± 0,2816	4,0358 ± 0,2700
		C2	0,4285 ± 0,0575	2,5138 ± 0,1797	3,5684 ± 0,1632
		C3	0,3986 ± 0,0623	2,3758 ± 0,1212	2,2667 ± 0,3750

Os valores apresentados representam a média ± desvio padrão da média (4 repetições) em gramas.

T = Controle não inoculado

Gi = *G. margarita*

GI = *G. macrocarpum*

Ac = *A. scrobiculata*

P0 = 3,7 ppm P

P1 = 14,4 ppm P

Os valores médios de MSPA apresentados no topo dos blocos estão em g.planta⁻¹.

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias no mesmo nível de P, e as maiúsculas para comparar as médias entre os níveis de P.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $\leq 0,05$).

Figura 8 - Efeitos de diferentes níveis de fósforo e diferentes associações micorrízicas na produção de matéria seca da parte aérea de *S. guianensis*.

T = Controle não inoculado

Gi = *G. margarita*

GI = *G. macrocarpum*

Ac = *A. scrobiculata*

E1 = 40 dias após o plantio

E2 = 60 dias após o plantio

E3 = 80 dias após o plantio

Os valores médios de MSPA apresentados no topo dos blocos estão em g.planta⁻¹.

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias na mesma época de colheita, e as maiúsculas para comparar as médias entre as épocas de colheita. Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $P \leq 0,05$).

Figura 9 - Efeito de associações micorrízicas na produção de matéria seca da parte aérea de *S. guianensis* em diferentes épocas de colheita.

Foi feita a análise de variância com os dados de MFSR, e os valores de F encontrados estão na Tabela 7.

O efeito do fator CALCÁRIO pode ser visto na Tabela 9. Notamos que o maior desenvolvimento do sistema radicular se deu no solo com os níveis 1 e 2 de calcário, sendo em média 31,12 % superior àquele observado no solo sem calcário.

O fator FÓSFORO teve o efeito mais significativo no desenvolvimento do sistema radicular. No solo com adição de P, o crescimento das raízes foi 5,61 vezes maior do que no solo sem adição de P.

A inoculação de fungos MVA também teve efeito significativo no crescimento das raízes (Tabela 8). *A. scrobiculata* foi o fungo mais eficiente em promover o crescimento das raízes, que cresceram 1,83 vezes mais do que nas plantas sem inoculação. *G. macrocarpum* causou um incremento de 39,65 % na MFSR, e *G. margarita* de 3,33 %, não significativo pelo teste de Tuckey ($p = 0,05$).

A comparação das médias da interação FUNGO x CALCÁRIO (Tabela 19), mostrou que as plantas não micorrizadas não responderam à calagem, da mesma forma que as inoculadas com *G. margarita*. As plantas micorrizadas por *G. macrocarpum* não apresentaram diferenças na MFSR nos solos com calcário, no entanto, essas médias foram 1,46 vezes maiores do que no solo sem calcário. A inoculação com *A. scrobiculata* causou um incremento máximo na MFSR nos níveis 1 e 2 de calcário.

Nos solos sem calcário, somente a inoculação com *A. scrobiculata* aumentou significativamente a MFSR, e nos solos com calcário tanto *A. scrobiculata* quanto *G. macrocarpum* foram eficientes.

Tabela 19 - Efeito da calagem em um solo ácido no desenvolvimento do sistema radicular de *S. guianensis* associado a diferentes fungos micorrízicos.

Fungo	Nível de Calagem			
	C0	C1	C2	C3
Controle	0,6132 aB	0,8159 aC	0,8383 aB	0,7554 aB
<i>G. margarita</i>	0,7521 aB	0,8107 aC	0,8436 aB	0,7173 aB
<i>G. macrocarpum</i>	0,7844 bB	1,2128 aB	1,0707 aB	1,1532 aA
<i>A. scrobiculata</i>	1,1702 bA	1,5264 aA	1,5883 aA	1,2577 bA

C0 = solo sem calcário

C1 = solo com 0,27 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA

C2 = solo com 0,63 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA

C3 = solo com 1,10 emg Ca(OH)_2 /100 g TFSA

As letras minúsculas são usadas para comparar as médias na linha, e as maiúsculas na coluna.

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $p \leq 0,05$).

De uma maneira geral, o desenvolvimento do sistema radicular acompanhou o desenvolvimento da parte aérea.

4.2.2.3. Relação entre parte aérea e sistema radicular

Com os dados da relação entre matéria seca da parte aérea e matéria fresca do sistema radicular (MSPA/MFSR) foi feita a análise de variância utilizando-se a transformação estatística $\sqrt{x + 0,5}$. Os valores de F obtidos são mostrados na Tabela 7.

Notamos que o fator FÓSFORO teve o efeito mais significativo sobre essa relação.

Nos solos com adição de fósforo, o sistema radicular foi 1,84 vezes maior em relação a parte aérea do que nos solos sem fósforo (Tabela 11).

O nível de calcário do solo também causou efeitos significativos na relação MSPA/MFSR, sendo que os níveis de calcário intermediários favoreceram mais o desenvolvimento da parte aérea em relação ao sistema radicular (Tabela 9).

A inoculação de fungos MVA, de uma maneira geral, não alterou significativamente a relação MSPA/MFSR, em relação ao controle não inoculado (Tabela 8). Somente com a inoculação de *G. margarita* a relação MSPA/MFSR foi maior do que a do controle, isto é, o sistema radicular cresceu menos em relação a parte aérea do que nas plantas não inoculadas.

CARDOSO (1984) observou em plantas de soja que tanto o fosfato quanto a micorriza, na presença e na ausência de fosfato, levaram a um menor desenvolvimento do sistema radicular em relação a parte aérea. HAYMAN e MOSSE (1971) obtiveram resulta-

dos semelhantes para cebola. NEMEC (1978) verificou uma diminuição significativa do sistema radicular em relação a parte aérea em porta-enxertos de citros inoculados com fungos MVA.

Todos esses resultados são conflitantes com os obtidos para **Stylosanthes guianensis** neste experimento e para **Stylosanthes hamata** cv Verano em experimentos realizados por JEHNE (1984).

Normalmente as plantas cultivadas são selecionadas, em altos níveis de P, para maximização da parte aérea em detrimento do sistema radicular, de modo que a resposta da parte aérea ao incremento de P é proporcionalmente maior do que a resposta do sistema radicular.

Provavelmente o mesmo não aconteça para plantas tropicais como o **Stylosanthes** que evoluíram em solos ácidos com baixa fertilidade, onde as plantas com sistema radicular mais desenvolvido estão mais adaptadas. Talvez a evolução do **Stylosanthes** tenha se dado no sentido de selecionar plantas que tenham um sistema radicular com maior capacidade de desenvolvimento do que a parte aérea, e a adubação fosfatada, dentro de certos limites, ou a inoculação com fungos MVA, aumentando o nível nutricional das plantas causaria um maior crescimento do sistema radicular em relação a parte aérea, explicando as divergências encontradas. No entanto, este é um aspecto da ecologia do **Stylosanthes** que merece maiores estudos.

4.2.3. Absorção de nutrientes

As médias das concentrações e quantidades totais de nutrientes na parte aérea de **S. guianensis** podem ser vistas na Tabela 20.

Tabela 20 - Efeitos da calagem, doses de fósforo e inoculação com fungos MVA na absorção de nutrientes por *S. guianensis*.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	P %	P total (mg)	K %	K total (mg)
Controle	P1	C0	0,085 $\pm$ 0,010	0,774 $\pm$ 0,167	1,380 $\pm$ 0,066	11,881 $\pm$ 1,087
		C1	0,078 $\pm$ 0,008	1,127 $\pm$ 0,154	1,900 $\pm$ 0,163	16,568 $\pm$ 0,627
		C2	0,075 $\pm$ 0,012	0,927 $\pm$ 0,137	1,298 $\pm$ 0,121	16,020 $\pm$ 1,109
		C3	0,108 $\pm$ 0,005	1,478 $\pm$ 0,125	1,490 $\pm$ 0,117	20,191 $\pm$ 0,739
G. margarita	P0	C0	0,115 $\pm$ 0,081	0,191 $\pm$ 0,004	2,330 $\pm$ 0,300	3,841 $\pm$ 0,262
		C1	0,125 $\pm$ 0,005	0,192 $\pm$ 0,068	2,320 $\pm$ 0,250	3,391 $\pm$ 0,739
		C2	0,155 $\pm$ 0,035	0,145 $\pm$ 0,038	2,635 $\pm$ 0,005	1,480 $\pm$ 0,020
		C3	0,130	0,086	2,580	1,704
	P1	C0	0,123 $\pm$ 0,011	1,031 $\pm$ 0,044	1,393 $\pm$ 0,121	11,833 $\pm$ 1,060
		C1	0,090 $\pm$ 0,004	1,229 $\pm$ 0,045	1,380 $\pm$ 0,152	18,283 $\pm$ 1,411
		C2	0,108 $\pm$ 0,008	1,256 $\pm$ 0,194	1,730 $\pm$ 0,144	19,989 $\pm$ 2,843
		C3	0,115 $\pm$ 0,003	1,187 $\pm$ 0,232	1,788 $\pm$ 0,108	17,949 $\pm$ 2,457
	P0	C0	0,110	0,040	1,140	0,413
		C1	0,070 $\pm$ 0,000	0,294 $\pm$ 0,019	2,130 $\pm$ 0,000	8,932 $\pm$ 0,569
		C2	0,090	0,374	2,220	9,231
		C3	0,080 $\pm$ 0,010	0,393 $\pm$ 0,053	2,025 $\pm$ 0,085	9,911 $\pm$ 0,327
G. macrocarpum	P1	C0	0,113 $\pm$ 0,008	0,970 $\pm$ 0,086	1,408 $\pm$ 0,056	12,047 $\pm$ 0,351
		C1	0,138 $\pm$ 0,011	1,875 $\pm$ 0,113	1,333 $\pm$ 0,114	18,106 $\pm$ 0,964
		C2	0,140 $\pm$ 0,009	1,987 $\pm$ 0,077	1,458 $\pm$ 0,101	20,682 $\pm$ 0,891
		C3	0,133 $\pm$ 0,009	2,088 $\pm$ 0,170	1,253 $\pm$ 0,135	19,520 $\pm$ 1,523
	P0	C0	0,100 $\pm$ 0,010	0,266 $\pm$ 0,022	1,555 $\pm$ 0,175	4,300 $\pm$ 1,238
		C1	0,078 $\pm$ 0,008	0,519 $\pm$ 0,113	1,500 $\pm$ 0,163	12,299 $\pm$ 2,043
		C2	0,075 $\pm$ 0,006	0,689 $\pm$ 0,041	1,478 $\pm$ 0,058	13,718 $\pm$ 0,936
		C3	0,067 $\pm$ 0,009	0,555 $\pm$ 0,050	1,310 $\pm$ 0,215	10,793 $\pm$ 0,786
A. scrobiculata	P1	C0	0,153 $\pm$ 0,015	1,237 $\pm$ 0,099	1,337 $\pm$ 0,019	10,912 $\pm$ 1,123
		C1	0,178 $\pm$ 0,012	2,452 $\pm$ 0,132	1,353 $\pm$ 0,041	18,734 $\pm$ 0,647
		C2	0,213 $\pm$ 0,066	3,909 $\pm$ 1,221	1,540 $\pm$ 0,268	28,329 $\pm$ 4,944
		C3	0,200 $\pm$ 0,029	2,402 $\pm$ 0,113	1,623 $\pm$ 0,094	20,117 $\pm$ 1,370

Tabela 20 - Continuação.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Ca %	Ca total (mg)	Mg %	Mg total (mg)
Controle	P1	C0	0,943 $\pm$ 0,070	8,460 $\pm$ 1,546	0,570 $\pm$ 0,025	5,047 $\pm$ 0,770
		C1	1,273 $\pm$ 0,076	18,668 $\pm$ 2,547	0,440 $\pm$ 0,011	4,535 $\pm$ 0,387
		C2	1,533 $\pm$ 0,189	18,916 $\pm$ 2,058	0,258 $\pm$ 0,029	3,176 $\pm$ 0,289
		C3	2,390 $\pm$ 0,182	33,001 $\pm$ 3,996	0,315 $\pm$ 0,018	4,326 $\pm$ 0,394
G. margarita	P0	C0	0,815 $\pm$ 0,075	1,362 $\pm$ 0,208	0,595 $\pm$ 0,045	0,993 $\pm$ 0,135
		C1	1,500 $\pm$ 0,080	2,232 $\pm$ 0,602	0,445 $\pm$ 0,035	0,691 $\pm$ 0,268
		C2	1,480 $\pm$ 0,020	1,365 $\pm$ 0,069	0,345 $\pm$ 0,015	0,319 $\pm$ 0,026
		C3	1,800	1,189	0,280	0,185
	P1	C0	1,148 $\pm$ 0,061	9,773 $\pm$ 0,641	0,555 $\pm$ 0,040	4,686 $\pm$ 0,204
		C1	1,490 $\pm$ 0,035	19,654 $\pm$ 1,841	0,370 $\pm$ 0,024	4,860 $\pm$ 0,403
		C2	1,818 $\pm$ 0,073	21,509 $\pm$ 3,722	0,323 $\pm$ 0,020	3,817 $\pm$ 0,710
		C3	2,195 $\pm$ 0,073	22,680 $\pm$ 4,491	0,313 $\pm$ 0,015	3,124 $\pm$ 0,404
	P0	C0	1,720	0,624	1,140	0,413
		C1	1,225 $\pm$ 0,045	5,125 $\pm$ 0,138	0,440 $\pm$ 0,000	1,846 $\pm$ 0,118
		C2	1,52	6,321	0,360	1,497
		C3	2,040 $\pm$ 0,240	9,998 $\pm$ 1,265	0,320 $\pm$ 0,010	1,567 $\pm$ 0,063
G. macrocarpum	P1	C0	1,260 $\pm$ 0,074	10,828 $\pm$ 0,756	0,645 $\pm$ 0,063	5,466 $\pm$ 0,313
		C1	1,660 $\pm$ 0,062	22,998 $\pm$ 2,087	0,398 $\pm$ 0,032	5,451 $\pm$ 0,446
		C2	1,958 $\pm$ 0,084	28,121 $\pm$ 2,359	0,328 $\pm$ 0,031	4,620 $\pm$ 0,232
		C3	1,833 $\pm$ 0,116	28,808 $\pm$ 2,012	0,265 $\pm$ 0,019	4,150 $\pm$ 0,237
	P0	C0	0,925 $\pm$ 0,025	2,519 $\pm$ 0,522	0,555 $\pm$ 0,045	1,527 $\pm$ 0,395
		C1	1,273 $\pm$ 0,076	8,801 $\pm$ 2,241	0,440 $\pm$ 0,011	2,919 $\pm$ 0,563
		C2	1,620 $\pm$ 0,102	14,937 $\pm$ 0,693	0,380 $\pm$ 0,025	3,498 $\pm$ 0,142
		C3	1,707 $\pm$ 0,240	14,298 $\pm$ 1,984	0,307 $\pm$ 0,043	2,893 $\pm$ 0,468
A. scrobiculata	P1	C0	1,283 $\pm$ 0,065	10,513 $\pm$ 1,298	0,627 $\pm$ 0,007	5,121 $\pm$ 0,545
		C1	1,538 $\pm$ 0,039	21,268 $\pm$ 0,190	0,383 $\pm$ 0,017	5,295 $\pm$ 0,221
		C2	1,720 $\pm$ 0,147	31,613 $\pm$ 2,577	0,375 $\pm$ 0,051	6,957 $\pm$ 1,047
		C3	2,163 $\pm$ 0,121	27,232 $\pm$ 3,423	0,338 $\pm$ 0,014	4,208 $\pm$ 0,331

Continua

Tabela 20 - Continuação.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	S %	S total (mg)	Fe ppm	Fe total (mg)
Controle	P1	C0	0,160 [±] 0,016	1,451 [±] 0,302	353,3 [±] 27,2	0,317 [±] 0,062
		C1	0,188 [±] 0,015	2,162 [±] 0,288	348,0 [±] 32,5	0,447 [±] 0,086
		C2	0,143 [±] 0,018	1,767 [±] 0,228	232,0 [±] 53,6	0,280 [±] 0,051
		C3	0,190 [±] 0,004	2,610 [±] 0,180	267,8 [±] 74,1	0,358 [±] 0,086
G. marga- rita	P0	C0	0,245 [±] 0,015	0,406 [±] 0,001	579,5 [±] 327,5	0,100 [±] 0,061
		C1	0,255 [±] 0,005	0,343 [±] 0,116	223,5 [±] 6,5	0,034 [±] 0,012
		C2	0,235 [±] 0,025	0,218 [±] 0,032	339,0 [±] 140,0	0,032 [±] 0,014
		C3	0,250	0,165	258,0	0,017
	P1	C0	0,195 [±] 0,013	1,648 [±] 0,057	334,5 [±] 63,4	0,280 [±] 0,044
		C1	0,173 [±] 0,006	2,119 [±] 0,169	307,3 [±] 67,4	0,353 [±] 0,045
		C2	0,183 [±] 0,006	2,191 [±] 0,422	224,0 [±] 39,5	0,247 [±] 0,028
		C3	0,193 [±] 0,019	2,030 [±] 0,546	200,5 [±] 41,3	0,208 [±] 0,049
	P0	C0	0,260	0,094	3682,0	0,133
		C1	0,180 [±] 0,010	0,758 [±] 0,090	320,0 [±] 15,0	0,134 [±] 0,002
		C2	0,220	0,915	177,0	0,074
		C3	0,175 [±] 0,005	0,857 [±] 0,032	205,5 [±] 80,5	0,101 [±] 0,040
G. macro- carpum	P1	C0	0,188 [±] 0,019	1,637 [±] 0,231	290,0 [±] 18,7	0,253 [±] 0,031
		C1	0,225 [±] 0,009	3,087 [±] 0,159	420,3 [±] 79,8	0,596 [±] 0,156
		C2	0,233 [±] 0,008	3,391 [±] 0,425	638,0 [±] 246,5	0,941 [±] 0,401
		C3	0,245 [±] 0,019	3,855 [±] 0,334	352,0 [±] 37,3	0,555 [±] 0,068
	P0	C0	0,205 [±] 0,025	0,543 [±] 0,033	607,0 [±] 316,0	0,180 [±] 0,115
		C1	0,188 [±] 0,015	1,273 [±] 0,296	357,5 [±] 56,7	0,242 [±] 0,076
		C2	0,190 [±] 0,012	1,754 [±] 0,102	454,3 [±] 145,8	0,417 [±] 0,132
		C3	0,173 [±] 0,032	1,440 [±] 0,231	180,3 [±] 19,2	0,151 [±] 0,014
A. scrobi- culata	P1	C0	0,260 [±] 0,006	2,114 [±] 0,169	551,0 [±] 57,5	0,455 [±] 0,078
		C1	0,263 [±] 0,013	3,644 [±] 0,230	444,0 [±] 25,4	0,613 [±] 0,025
		C2	0,285 [±] 0,033	5,237 [±] 0,594	265,3 [±] 41,0	0,485 [±] 0,068
		C3	0,320 [±] 0,026	3,934 [±] 0,175	337,8 [±] 46,3	0,423 [±] 0,061

Continua

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Cu ppm	Cu total (mg)	Mn ppm	Mn total (mg)
Controle	P1	C0	12,80 [±] 2,24	0,011 [±] 0,001	1957,7 [±] 123,3	1,727 [±] 0,271
		C1	27,90 [±] 7,30	0,037 [±] 0,012	757,3 [±] 73,4	0,924 [±] 0,095
		C2	25,80 [±] 3,50	0,032 [±] 0,003	262,8 [±] 32,4	0,325 [±] 0,037
		C3	36,20 [±] 6,00	0,049 [±] 0,007	182,0 [±] 29,8	0,247 [±] 0,035
G. marga- rita	P0	C0	40,15 [±] 24,25	0,007 [±] 0,005	1840,5 [±] 123,5	0,307 [±] 0,039
		C1	19,30 [±] 5,10	0,003 [±] 0,002	887,5 [±] 71,5	0,138 [±] 0,054
		C2	17,4 [±] 2,6	0,002 [±] 0,001	141,0 [±] 9,9	0,013 [±] 0,002
		C3	14,4	0,001	204,0	0,013
	P1	C0	21,00 [±] 2,20	0,018 [±] 0,001	1775,0 [±] 218,9	1,524 [±] 0,217
		C1	46,40 [±] 11,40	0,057 [±] 0,016	909,8 [±] 19,4	1,113 [±] 0,114
		C2	29,60 [±] 3,30	0,035 [±] 0,006	359,8 [±] 28,1	0,428 [±] 0,089
		C3	43,30 [±] 13,10	0,045 [±] 0,013	174,0 [±] 20,2	0,187 [±] 0,049
G. macro- carpum	P0	C0	51,50	0,002	3201,0	0,116
		C1	47,70 [±] 5,80	0,020 [±] 0,001	832,0 [±] 12,0	0,334 [±] 0,003
		C2	28,10	0,012	152,0	0,063
		C3	36,40 [±] 13,30	0,018 [±] 0,007	135,0 [±] 38,0	0,066 [±] 0,019
	P1	C0	39,80 [±] 4,80	0,035 [±] 0,006	2094,0 [±] 230,9	1,768 [±] 0,088
		C1	45,30 [±] 6,80	0,062 [±] 0,007	875,8 [±] 79,2	1,187 [±] 0,052
		C2	17,40 [±] 1,40	0,025 [±] 0,002	281,0 [±] 45,9	0,392 [±] 0,042
		C3	37,50 [±] 1,90	0,059 [±] 0,002	134,5 [±] 18,7	0,213 [±] 0,033
A. scrobi- culata	P0	C0	31,10 [±] 6,80	0,009 [±] 0,004	1662,5 [±] 78,5	0,454 [±] 0,103
		C1	27,00 [±] 4,50	0,020 [±] 0,006	706,3 [±] 43,7	0,469 [±] 0,094
		C2	50,20 [±] 8,50	0,046 [±] 0,007	169,5 [±] 19,5	0,157 [±] 0,017
		C3	32,20 [±] 5,60	0,027 [±] 0,005	88,0 [±] 16,6	0,075 [±] 0,018
		C0	30,00 [±] 6,10	0,023 [±] 0,003	1870,3 [±] 24,7	1,527 [±] 0,159
		C1	55,50 [±] 12,60	0,076 [±] 0,016	612,3 [±] 23,2	0,850 [±] 0,048
		C2	52,10 [±] 4,40	0,096 [±] 0,008	194,0 [±] 30,6	0,359 [±] 0,059
		C3	40,10 [±] 10,30	0,048 [±] 0,008	110,5 [±] 9,9	0,141 [±] 0,023

Continua

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Zn ppm	Zn total (mg)	B ppm	B total (mg)
Controle	P1	C0	157,0 $\pm$ 17,6	0,143 $\pm$ 0,030	87,0 $\pm$ 3,5	0,076 $\pm$ 0,008
		C1	80,3 $\pm$ 7,9	0,099 $\pm$ 0,014	70,0 $\pm$ 9,2	0,084 $\pm$ 0,008
		C2	43,0 $\pm$ 6,9	0,053 $\pm$ 0,006	58,2 $\pm$ 8,6	0,056 $\pm$ 0,012
		C3	45,8 $\pm$ 3,9	0,062 $\pm$ 0,004	87,3 $\pm$ 7,0	0,121 $\pm$ 0,015
	P0	C0	127,5 $\pm$ 10,5	0,021 $\pm$ 0,003	96,5 $\pm$ 0,5	0,016 $\pm$ 0,001
		C1	81,0 $\pm$ 4,0	0,013 $\pm$ 0,005	91,5 $\pm$ 4,5	0,014 $\pm$ 0,004
		C2	63,0 $\pm$ 10,0	0,006 $\pm$ 0,001	105,5 $\pm$ 4,5	0,010 $\pm$ 0,001
		C3	51,0	0,003	96,0	0,006
G. margarita	P1	C0	126,0 $\pm$ 1,7	0,108 $\pm$ 0,010	87,8 $\pm$ 10,7	0,076 $\pm$ 0,011
		C1	81,5 $\pm$ 6,0	0,100 $\pm$ 0,012	84,5 $\pm$ 2,8	0,104 $\pm$ 0,012
		C2	53,8 $\pm$ 0,3	0,065 $\pm$ 0,014	75,3 $\pm$ 2,2	0,090 $\pm$ 0,016
		C3	44,0 $\pm$ 6,5	0,046 $\pm$ 0,010	81,5 $\pm$ 1,6	0,083 $\pm$ 0,015
	P0	C0	317,0	0,011	203,0	0,007
		C1	85,5 $\pm$ 2,5	0,036 $\pm$ 0,001	95,0 $\pm$ 1,0	0,040 $\pm$ 0,002
		C2	55,0	0,023	98,0	0,041
		C3	49,5 $\pm$ 10,5	0,025 $\pm$ 0,006	84,0 $\pm$ 3,0	0,041 $\pm$ 0,002
G. macrocarpum	P1	C0	143,3 $\pm$ 5,2	0,124 $\pm$ 0,009	92,3 $\pm$ 6,8	0,079 $\pm$ 0,006
		C1	95,5 $\pm$ 8,7	0,131 $\pm$ 0,013	79,3 $\pm$ 4,8	0,108 $\pm$ 0,004
		C2	53,0 $\pm$ 3,7	0,076 $\pm$ 0,003	76,3 $\pm$ 3,1	0,110 $\pm$ 0,010
		C3	42,0 $\pm$ 1,7	0,066 $\pm$ 0,003	71,8 $\pm$ 7,7	0,113 $\pm$ 0,012
	P0	C0	191,5 $\pm$ 1,5	0,052 $\pm$ 0,009	96,0 $\pm$ 12,0	0,027 $\pm$ 0,008
		C1	73,0 $\pm$ 5,0	0,051 $\pm$ 0,013	85,0 $\pm$ 15,3	0,052 $\pm$ 0,007
		C2	62,8 $\pm$ 7,5	0,058 $\pm$ 0,006	67,5 $\pm$ 13,0	0,063 $\pm$ 0,013
		C3	33,0 $\pm$ 3,8	0,028 $\pm$ 0,004	58,7 $\pm$ 11,4	0,049 $\pm$ 0,009
A. scrobiculata	P1	C0	171,3 $\pm$ 8,1	0,141 $\pm$ 0,020	111,7 $\pm$ 6,2	0,091 $\pm$ 0,008
		C1	103,8 $\pm$ 8,5	0,143 $\pm$ 0,009	78,3 $\pm$ 6,7	0,109 $\pm$ 0,010
		C2	76,3 $\pm$ 7,6	0,140 $\pm$ 0,014	66,3 $\pm$ 4,7	0,122 $\pm$ 0,010
		C3	49,3 $\pm$ 8,3	0,059 $\pm$ 0,004	78,0 $\pm$ 6,9	0,099 $\pm$ 0,016

Continua.

Fungo	Nível de Fósforo	Nível de Calcário	Na ppm	Na total (mg)	Al ppm	Al total (mg)
Controle	P1	C0	99,3 $\pm$ 12,5	0,085 $\pm$ 0,013	525,5 $\pm$ 88,3	0,437 $\pm$ 0,040
		C1	206,3 $\pm$ 19,0	0,249 $\pm$ 0,013	542,0 $\pm$ 65,7	0,454 $\pm$ 0,143
		C2	78,5 $\pm$ 31,0	0,099 $\pm$ 0,041	375,8 $\pm$ 139,5	0,449 $\pm$ 0,151
		C3	107,3 $\pm$ 32,8	0,144 $\pm$ 0,041	483,8 $\pm$ 258,6	0,630 $\pm$ 0,317
	P0	C0	184,5 $\pm$ 108,5	0,030 $\pm$ 0,017	966,5 $\pm$ 579,5	0,167 $\pm$ 0,107
		C1	39,5 $\pm$ 5,5	0,006 $\pm$ 0,001	266,0 $\pm$ 8,0	0,040 $\pm$ 0,012
		C2	65,0 $\pm$ 40,0	0,006 $\pm$ 0,004	298,0 $\pm$ 88,0	0,028 $\pm$ 0,009
		C3	34,0	0,002	304,0	0,020
G. margarita	P1	C0	129,5 $\pm$ 41,2	0,113 $\pm$ 0,038	562,3 $\pm$ 182,0	0,465 $\pm$ 0,134
		C1	130,0 $\pm$ 45,0	0,145 $\pm$ 0,041	491,3 $\pm$ 94,9	0,569 $\pm$ 0,058
		C2	116,0 $\pm$ 27,0	0,154 $\pm$ 0,062	322,8 $\pm$ 60,2	0,377 $\pm$ 0,082
		C3	56,3 $\pm$ 11,7	0,052 $\pm$ 0,003	370,3 $\pm$ 185,6	0,381 $\pm$ 0,178
	P0	C0	270,0	0,010	7224,0	0,262
		C1	235,5 $\pm$ 85,5	0,097 $\pm$ 0,030	474,0 $\pm$ 2,0	0,199 $\pm$ 0,014
		C2	146,0	0,061	303,0	0,126
		C3	75,5 $\pm$ 22,5	0,037 $\pm$ 0,011	279,0 $\pm$ 121,0	0,138 $\pm$ 0,061
G. macrocarpum	P1	C0	134,3 $\pm$ 46,6	0,110 $\pm$ 0,032	448,0 $\pm$ 93,4	0,399 $\pm$ 0,103
		C1	69,0 $\pm$ 3,0	0,097 $\pm$ 0,012	728,3 $\pm$ 224,3	1,060 $\pm$ 0,418
		C2	87,3 $\pm$ 32,9	0,116 $\pm$ 0,033	374,0 $\pm$ 129,7	0,707 $\pm$ 0,195
		C3	127,5 $\pm$ 26,5	0,198 $\pm$ 0,037	712,3 $\pm$ 64,8	1,128 $\pm$ 0,128
	P0	C0	121,5 $\pm$ 3,5	0,033 $\pm$ 0,005	1309,0 $\pm$ 805,0	0,395 $\pm$ 0,283
		C1	143,3 $\pm$ 39,6	0,091 $\pm$ 0,024	569,8 $\pm$ 136,9	0,375 $\pm$ 0,130
		C2	75,0 $\pm$ 15,8	0,069 $\pm$ 0,013	973,8 $\pm$ 263,5	0,882 $\pm$ 0,230
		C3	187,7 $\pm$ 110,2	0,165 $\pm$ 0,105	323,3 $\pm$ 28,3	0,284 $\pm$ 0,044
A. scrobiculata	P1	C0	205,7 $\pm$ 96,1	0,173 $\pm$ 0,078	1125,0 $\pm$ 215,9	0,926 $\pm$ 0,280
		C1	97,0 $\pm$ 13,4	0,134 $\pm$ 0,016	876,8 $\pm$ 83,0	1,213 $\pm$ 0,108
		C2	58,0 $\pm$ 8,7	0,106 $\pm$ 0,015	502,0 $\pm$ 124,4	0,908 $\pm$ 0,207
		C3	101,5 $\pm$ 32,3	0,132 $\pm$ 0,050	523,3 $\pm$ 136,6	0,645 $\pm$ 0,141

Nos tratamentos controle sem adição de P ao solo, não foi feita a determinação da quantidade de nutrientes na parte aérea, por falta de biomassa.

Os valores apresentados representam a média $\pm$ desvio padrão da média.

Nos tratamentos com adição de P, o número de repetições foi 4, e nos tratamentos sem adição de P variou de 1 a 4.

Nos tratamentos controle sem adição de P ao solo, não foi possível a determinação da quantidade de nutrientes, devido a pequena biomassa (MSPA) produzida. Em geral, nos tratamentos sem adição de P, houve uma produção de MSPA muito baixa, de modo que para a determinação de nutrientes foi preciso juntar duas ou mais repetições do mesmo tratamento.

A análise de variância foi feita desprezando-se o fator FÓSFORO do delineamento experimental inicial, resultando num fatorial 4 FUNGOS x 4 NÍVEIS DE CALCÁRIO.

Os valores de F obtidos na análise de variância estão na Tabela 21.

Houve efeitos altamente significativos do fator FUNGO na concentração e quantidade total de alguns nutrientes na parte aérea de *S. guianensis*, destacando-se o P, Mg, S, Fe, Cu, Zn e Al. O efeito do fator CALCÁRIO foi mais pronunciado na absorção de Ca, Mn e Zn, principalmente.

As médias da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea das plantas, para o fator FUNGO, nos solos sem adição de P e com adição de P são apresentadas nas Tabelas 22 e 23, respectivamente.

De uma maneira geral, nos solos com adição de P, houve um aumento das concentrações de P, Ca, S e Cu na parte aérea, em relação ao solo sem adição de P, enquanto as concentrações de K, Mg, Fe, Mn, Zn, B, Na e Al diminuíram. No entanto, essas observações não foram submetidas à análise estatística.

Nos solos sem adição de P, por falta da análise química do controle sem inoculação, não foi possível verificar

Tabela 21 - Valores de F obtidos na análise de variância da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea de *S. guianensis*, nos solos com adição de P.

Variável analisada	Causas da variação			
	Calcário (C)	Fungo (F)	C x F	Blocos
Graus de liberdade	3	3	9	3
P %	0,83	17,56**	0,68	1,41
P total	6,61	14,79**	2,31*	0,29
K %	2,28	4,25**	1,28	5,79*
K total	20,11**	2,35	1,99	0,10
Ca %	68,90**	0,91	3,63**	1,33
Ca total	42,61**	3,13*	2,19*	2,13
Mg %	139,54**	3,68*	2,18*	12,24**
Mg total	4,66**	5,98**	2,73*	0,67
S %	3,78*	39,51**	1,13	0,53
S total	18,15**	28,92**	3,65**	1,12
Fe ppm	1,18	3,66*	2,02	0,22
Fe total	1,92	5,40**	1,51	0,68
Cu ppm	5,06**	4,41**	1,71	0,51
Cu total	13,39**	8,21**	3,97**	0,61
Mn ppm	353,94**	2,15	1,18	3,40*
Mn total	163,17**	1,84	0,82	2,80*
Zn ppm	196,34**	9,52**	2,12*	4,42**
Zn total	27,03**	7,98**	2,39*	0,53
B ppm	13,26**	1,80	2,34*	1,50
B total	4,00*	3,30*	2,08	3,32*
Na ppm	2,39	0,23	2,00	0,15
Na total	0,89	0,43	2,33*	0,27
Al ppm	3,19*	3,83*	1,17	0,48
Al total	2,83*	5,51**	1,20	0,97

* Significativo com $p \leq 0,05$

** Significativo com $p \leq 0,01$

Tabela 22 - Médias da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea de *S. guianensis* para o fator FUNGO, nos solos sem adição de P.

Variável analisada	Fungo MVA	
	<i>G. margarita</i>	<i>G. macrocarpum</i> <i>A. scrobiculata</i>
P %	0,131	0,088 0,080
P total	0,154	0,275 0,507
K %	2,466	1,879 1,561
K total	2,604	7,122 10,278
Ca %	1,399	1,626 1,381
Ca total	1,537	5,517 10,139
Mg %	0,416	0,565 0,421
Mg total	0,547	1,331 2,709
S %	0,246	0,209 0,189
S total	0,283	0,656 1,253
Fe ppm	350,0	1096,1 399,8
Fe total	0,046	0,111 0,248
Cu ppm	22,8	40,9 35,1
Cu total	0,003	0,013 0,026
Mn ppm	768,2	1080,0 656,5
Mn total	0,118	0,145 0,289
Zn ppm	80,6	126,7 90,0
Zn total	0,011	0,024 0,047
B ppm	97,3	120,0 76,8
B total	0,012	0,032 0,048
Na ppm	80,7	181,7 131,8
Na total	0,011	0,051 0,090
Al ppm	458,6	2070,0 793,9
Al total	0,064	0,181 0,484

As quantidades totais de nutrientes estão apresentadas em mg.

Tabela 23 - Médias da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea de *S. guianensis*, para o fator FUNGO, nos solos com adição de P.

Variável analisada	Fungo MVA			
	Controle	<i>G.margarita</i>	<i>G.macrocarpum</i>	<i>A.scrobiculata</i>
P%	0,089 c	0,112 bc	0,131 b	0,186 a
P total	1,076 c	1,176 bc	1,729 b	2,499 a
K %	1,387 b	1,604 a	1,362 b	1,463 ab
K total	16,165 a	17,013 a	17,588 a	19,523 a
Ca %	1,588 a	1,692 a	1,677 a	1,676 a
Ca total	19,761 a	18,403 a	22,689 a	22,656 a
Mg %	0,378 b	0,397 ab	0,409 ab	0,431 a
Mg total	4,271 b	4,121 b	4,921 ab	5,395 a
S %	0,166 c	0,186 c	0,222 b	0,282 a
S total	1,997 c	1,997 c	2,992 b	3,732 a
Fe ppm	300,2 ab	266,5 b	399,5 ab	425,0 a
Fe total	0,350 b	0,272 b	0,586 a	0,494 ab
Cu ppm	25,6 b	35,0 ab	34,9 ab	44,2 a
Cu total	0,032 b	0,039 b	0,045 ab	0,061 a
Mn ppm	789,9 a	804,6 a	846,3 a	696,7 a
Mn total	0,806 a	0,813 a	0,889 a	0,719 a
Zn ppm	81,5 b	76,3 b	83,4 b	100,1 a
Zn total	0,089 b	0,079 b	0,099 ab	0,121 a
B ppm	74,2 a	82,2 a	79,8 a	83,5 a
B total	0,086 a	0,088 a	0,102 a	0,105 a
Na ppm	122,8 a	107,9 a	104,5 a	115,5 a
Na total	0,144 a	0,116 a	0,130 a	0,136 a
Al ppm	481,7 b	436,6 b	565,6 ab	756,7 a
Al total	0,555 b	0,448 b	0,778 ab	0,923 a

Letras iguais não diferem estatisticamente (Tuckey $p \leq 0,05$), quando a comparação é feita na linha.

As quantidades totais de nutrientes estão representadas em mg.

a eficiência relativa de cada fungo na absorção de nutrientes. No entanto *A. scrobiculata* aumentou a concentração e a quantidade total na parte aérea de praticamente todos os nutrientes, em relação a *G. margarita* e *G. macrocarpum*.

Nos solos com adição de P, as plantas inoculadas com *G. margarita* apresentaram uma concentração de K 15,68% superiores (Tabela 24) ao controle não micorrizado. *G. margarita* mostrou uma tendência de diminuir tanto a concentração quanto a quantidade total absorvida de Al, porém esta diferença não foi significativa. A absorção de P não foi estatisticamente diferente das plantas não micorrizadas.

Na Tabela 24, verificamos ainda que as plantas micorrizadas com *G. macrocarpum* tiveram aumentos significativos tanto das concentrações quanto das quantidades totais de P, S e Fe. As plantas micorrizadas com *A. scrobiculata* apresentaram incrementos significativos nas concentrações e quantidades totais de P, Mg, S, Cu, Zn e Al, havendo uma tendência de diminuição da absorção de Mn, não significativa estatisticamente.

Na presença de *G. margarita* e *G. macrocarpum* houve uma tendência de aumento da concentração e quantidade total de Cu absorvido. *G. margarita* causou um ligeiro decréscimo na concentração e quantidade total de Zn, e *G. macrocarpum* um ligeiro incremento, os quais não diferiram em relação ao controle.

Assim, a presença de MVA, de uma maneira geral tende a aumentar a absorção de elementos pouco móveis no solo, como P, Cu e Zn, provavelmente devido ao fato das hifas se estenderem além da zona de depleção das raízes, explorando um volume maior de solo.

Tabela 24 - Variação percentual da concentração e quantidade total de nutrientes na parte aérea de *S. guianensis* com diferentes associações MVA, em relação ao controle não inoculado, nos solos com adição de fósforo.

Variação percentual (%)	Fungo MVA		
	<i>G. margarita</i>	<i>G. macrocarpum</i>	<i>A. scrobiculata</i>
P %	25,17	46,15*	107,69*
P total	9,23	60,71*	132,27*
K %	15,68*	-1,76	5,50
K total	5,25	8,81	20,77
Ca %	6,53	5,59	5,47
Ca total	-6,87	14,81	14,65
Mg %	5,12	8,10	13,88*
Mg total	-3,50	15,22	26,32*
S %	12,03	33,83*	69,55*
S total	-0,01	49,83*	86,88*
Fe ppm	-11,22	41,57*	33,06
Fe total	-22,39	67,27*	40,96
Cu ppm	36,52	36,23	72,17*
Cu total	21,72	41,37	90,39*
Mn ppm	1,86	7,14	-11,80
Mn total	0,88	10,43	-10,76
Zn ppm	-6,37	2,38	22,85*
Zn total	-10,67	11,16	35,58*
B ppm	10,77	7,58	12,54
B total	1,81	18,44	21,69
Na ppm	-12,11	-14,91	-5,90
Na total	-19,84	-10,00	-5,72
Al ppm	-9,32	17,41	57,08*
Al total	-19,27	40,33	66,35*

* Difere estatisticamente do controle sem inoculação (Tuckey $p \leq 0,05$).

O aumento da absorção de P em plantas micorrizadas já foi verificado em praticamente todos os trabalhos com MVA (CARDOSO, 1984).

A maior absorção de Cu e Zn por diferentes micorrizas também já foi observada por vários autores (PACKOVSKY, 1986; CARDOSO, 1984; LAMBERT *et alii*, 1979; GILMORE, 1971; TIMMER e LEYDEN, 1978).

Normalmente, o aumento da absorção de P tem um efeito negativo na absorção de Cu e Zn. Mas nos experimentos com MVA, o que ocorre com frequência é um aumento na absorção desses três nutrientes.

Nos solos com adição de P verificamos que a absorção de Zn, apesar de ser maior nas plantas micorrizadas, diminui em relação à absorção de P (Tabela 25). Um comportamento semelhante foi observado para o Cu. Desta forma, a presença de MVA causou uma diminuição da absorção de Cu e Zn em relação à absorção de P, nos solos com adição de P.

Nos solos sem adição de P, notamos que a absorção de Cu e Zn nas plantas inoculadas com *A. scrobiculata* e *G. macrocarpum* foi maior, proporcionalmente a absorção de P, do que nas plantas inoculadas com *G. margarita* (Tabela 25). A variação da absorção de Cu e Zn em relação ao controle não micorrizado não foi possível avaliar.

A absorção de Al, com excessão das plantas micorrizadas por *G. margarita*, aumentou. No entanto, a absorção de Al em relação à de P diminuiu nas plantas micorrizadas (Tabela 25).

Isto sugere que, provavelmente a maior tolerância de plantas micorrizadas a níveis tóxicos de Al se dá não por diminuição na quantidade de Al absorvido, e sim por uma maior absorção de P em relação ao Al, já que a toxidez de Al está diretamente relacionada com a deficiência de P.

Quanto ao Fe, sua absorção foi maior em dois casos, concordando com CARDOSO (1984) e LAMBERT *et alii* (1979), e menor em um caso, concordando com PACKOVSKY (1986).

A relação P/Fe seguiu o mesmo comportamento da relação P/Al. Houve também uma maior absorção de Fe em relação ao Mn na maioria dos casos (Tabela 25) sugerindo que provavelmente a maior tolerância de plantas micorrizadas a níveis tóxicos de Mn se dá por uma maior absorção de Fe em relação à de Mn, e não por uma redução na absorção de Mn somente.

A absorção de macro e micronutrientes e suas interrelações é uma área de estudo pouco explorada e de grande importância na pesquisa com MVA, havendo necessidade de muitos estudos para se poder afirmar algo relativo a maior tolerância de plantas micorrizadas a níveis tóxicos de Al e Mn, principalmente.

Esses estudos são dificultados pela variação da eficiência das diferentes micorrizas em absorverem os nutrientes do solo, pelos diferentes tipos de solo onde se desenvolvem as micorrizas, e pelas diferentes condições ambientais que as afetam, mostrando mais uma vez a grande necessidade de se conseguir o cultivo das MVA *in vitro*.

De qualquer forma as MVA alteram as relações entre nutrientes na parte aérea das plantas, mostrando que é muito provável que as necessidades nutricionais das plantas micorrizadas sejam diferentes das plantas não micorrizadas, havendo uma necessidade da reavaliação dos ensaios de exigências nutricionais conduzidos em substratos isentos de fungos micorrízicos-VA.

Tabela 25 - Relação entre a concentração de nutrientes na parte aérea de *S. guianensis*.

Fungo	Nível de Fósforo	Relação entre os nutrientes (%/%)					
		P/Zn	P/Cu	P/Mn	P/Al	P/Fe	Mn/Fe
Controle	P0	-	-	-	-	-	-
	P1	10,92	34,76	1,13	1,85	2,96	2,63
<i>G.margarita</i>	P0	16,25	57,46	1,71	2,86	3,74	2,19
	P1	14,68	32,00	1,39	2,57	4,20	3,02
<i>G.macrocarpum</i>	P0	6,95	21,52	0,81	0,42	0,80	0,98
	P1	15,71	37,54	1,55	2,32	3,28	2,12
<i>A.scrobiculata</i>	P0	8,89	22,79	1,21	1,01	2,00	1,64
	P1	18,58	42,08	2,67	2,46	4,38	1,63

5. CONCLUSÕES

O *Stylosanthes guianensis* apesar de ser uma planta que ocorre naturalmente em solos com até 1 ppm de fósforo mostrou-se altamente dependente deste nutriente.

Em solos ácidos com baixos níveis de fósforo o *S. guianensis* apresentou um microtrofismo muito elevado, havendo uma correlação positiva entre seu desenvolvimento vegetativo e a colonização das raízes pelos fungos MVA.

As diferentes condições edáficas podem afetar tanto a taxa de germinação dos esporos quanto a taxa de colonização das raízes, bem como a eficiência da micorriza formada em absorver nutrientes do solo e translocá-los para a parte aérea da planta, dependendo da adaptabilidade do fungo e/ou da micorriza a essas condições.

As micorrizas podem alterar as exigências nutricionais da planta, além de alterar as relações entre os nutrientes.

O aumento da relação P/Al e a diminuição da relação Mn/Fe pelas micorrizas, sugerem seu envolvimento em processos que aumentam a tolerância de *S. guianensis* a níveis tóxicos de Al e Mn no solo.

LITERATURA CITADA

- ABBOTT, L.K. e A.D. ROBSON, 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: POWELL, C.L. e BAGYARAJ, D.J. (eds.) VA Mycorrhiza. CRC Press, Boca Raton. pp. 113-130.
- AZCON-AGUILAR, C.; J.M. BAREA; R. AZCON e J. OLIVARES, 1982. Effectiveness of **Rhizobium** and VA **Mycorrhiza** in the introduction of **Hedysarum coronarium** in a new habitat. Agric. Environ., 7: 199-206.
- AZCON, R.; J.M. BAREA; C. AZCON-AGUILAR e R.M. DIAZ-RODRIGUEZ , 1986. Effects of mycorrhizal inoculation on N-fixation by a forage legume under field conditions as evaluated by using a 15-N technique. In: Mycorrhizae: physiology and genetics. 1st ESM, Dijon. pp. 457-460.
- AZCON, R. e J.A. OCAMPO, 1981. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. New Phytol., 87: 677-685.
- BAREA, J.M. e C. AZCON-AGUILAR, 1982. Interactions between mycorrhizal fungi and soil microorganisms. In: Les Micorhizes: biologie et utilisation. INRA, nº 13.

- BAREA, J.M.; R. AZCON e C. AZCON-AGUILAR, 1987. Estimation of N_2 -fixation by clover and N-transfer from clover to ryegrass by using ^{15}N in a time-course experiment under field conditions and study of some related mycorrhizal implications. Não publicado. (Enviado a New Phytol.).
- BAYLIS, G.T.S., 1975. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, London. pp. 373-389.
- BOWEN, G.D., 1980. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P. (ed.). Tropical mycorrhiza research. Oxford University Press, Oxford. p. 165-190.
- BURNQUIST, W.L., 1984. Avaliação de tolerância ao alumínio em diferentes populações de *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) SW. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba, p. 73.
- CABALA-ROSAND, P. e R. DIAS, 1987. Associações micorrízicas e a nutrição mineral das plantas. In: Anais da I Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. Lavras, MG. pp. 33-59.
- CARDOSO, E.J.B.N., 1984. Efeito de micorriza vesículo-arbuscular e de fosfato-de-rocha nas culturas de soja e feijão. Te se de Livre-Docência. ESALQ/USP, Piracicaba. p. 220.
- CARDOSO, E.J.B.N., 1985. Efeito da micorriza vesículo-arbuscular e fosfato-de-rocha na simbiose soja-*Rhizobium*. R. bras. Ci. Solo, 9: 125-130.
- CARDOSO, E.J.B.N., 1986. Interação micorrizas microorganismos não fitopatogênicos. In: Anais da I Reunião Brasileira So bre Micorrizas. Lavras, MG. pp. 60-75.

- CARDOSO, E.J.B.N.; V. ANTUNES; A.P.D. SILVEIRA e M.H.A. OLIVEIRA, 1986. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em porta-enxertos de citros. R. bras. Ci. Solo, 10: 25-30.
- CARVALHO, M.M. de; D.G. EDWARDS; C.S. ANDREW e C.J. ASHER, 1981. Aluminium toxicity, nodulation, and growth of *Stylosanthes* species. Agron. J., 73: 261-265.
- CARVALHO, M.M. de; D.G. EDWARDS; C.J. ASHER e C.S. ANDREW, 1982. Effects of aluminium on nodulation of two *Stylosanthes* species grown in nutrient solution. Plant and Soil, 64: 141-152.
- CHAMBERS, C.A.; S.E. SMITH e F.A. SMITH, 1980. Effects of ammonium and nitrate ions on mycorrhizal infection, nodulation and growth of *Trifolium subterraneum*. New Phytol., 85: 47-62.
- CIAT, 1980. Tropical Pastures Program Annual Report. 1979. pp. 156.
- COLOZZI FILHO, A.; J.O. SIQUEIRA e E. OLIVEIRA, 1986. Ocorrência de micorriza vesículo-arbusculares em alguns ecossistemas e agrossistemas do Estado de Minas Gerais. In: Anais da I Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, Lavras, MG. pp. 146.
- COOPER, K.M., 1975. Growth responses to the formation of endotrophic mycorrhizas in *Solanum*, *Leptospermum* and New Zealand ferns. In: SANDRES, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds). Endomycorrhizas. Academic Press, London. pp. 391-407.

- CORDEIRO, A.T.; P.R. MOSQUIM; L.ZAMBOLIM e J.C.L.NEVES, 1986. Influência do alumínio sobre o crescimento e a micorrização do *Stylosanthes*. In: Anais da I Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, Lavras, MG. pp. 145.
- DAFT, M.J. e A.A. EL-GIAHMI, 1975. Effects of *Glomus* infections on three legumes. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B & TINKER, P.B. (eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, London. p. 470-484.
- DAFT, M.J. e T.H. NICOLSON, 1974. Arbuscular mycorrhizas in plants colonizing coal wastes in Scotland. New Phytol., 73: 1129-1138.
- DANIELS, B.A. e J.M. TRAPPE, 1980. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. Mycologia, 72(3): 457-471.
- DEAL, D.R.; C.W. BOOTHROYD e W.F. MAI, 1972. Replanting of vineyards and its relationship to vesicular-arbuscular mycorrhiza. Phytopathol., 62: 172-175.
- FAQUIN, V.; E. MALAVOLTA e T. MURAOKA, 1987. Efeito da micorriza vesículo-arbuscular na cinética de absorção de fósforo pela soja. In: Programa e Resumos da II Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. São Paulo, SP. pp. 23.
- FERNANDES, A.B.; J.V. e N.C. SCHENCK, 1987. Relação entre a ocorrência de MVA e características de solo, planta e manejo de lavouras cafeeiras do sul do Estado de Minas Gerais. In: Programa e Resumos da II Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, São Paulo, SP. pp. 5.

- FURLAN, V. e J.A. FORTIN, 1973. Formation of endomycorrhizae by *Endogone calospora* on *Allium cepa* under three temperatures regimes. Naturaliste Canadien, 100: 467-477.
- GERDEMANN, J.W., 1964. The effect of mycorrhiza on the growth of maize. Mycologia, 56: 342-349.
- GERDEMANN, J.W., 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. Phytopath., 6: 397-418.
- GERDEMANN, J.W. e T.H. NICOLSON, 1963. Spores of mycorrhizal *Endogene* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Brit. Mycol. Soc., 46: 235-244.
- GERDEMANN, J.W. e J.M. TRAPPE, 1974. The endogonaceae in the Pacific North-west. Mycol. Mem. nº 5. New York Botanical Garden and the Mycological Society of America, New York, p. 76.
- GILMORE, A.E., 1971. The influence of endotrophic mycorrhizae on the growth of peach seedlings. J.Am. Soc. Hort. Sci., 96: 35-38.
- GRAHAM, J.A.; R.T. LEONARD e J.A. MENGE, 1981. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhizae formation. Plant Physiol., 68: 548-552.
- GREEN, N.E.; S.O. GRAHAM e N.C. SCHENCK, 1976. The influence of pH on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia, 68: 929-934.
- HALL, I.R., 1977. Species and mycorrhizal infection of New Zealand Endogonaceae. Trans. Br. Mycol. Soc., 68: 341-356.

- HARLEY, J.L e S.E. SMITH, 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London. 483 p.
- HAYMAN, D.S., 1970. **Endogone** spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. Trans. Br. Mycol. Soc., 54: 53-63.
- HAYMAN, D.S., 1974. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IV. Effect of light and temperature. New Phytol., 73: 71-80.
- HAYMAN, D.S., 1982. Influence of soils fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Phytopathology, 72(8): 1119-1125.
- HAYMAN, D.S. e B. MOSSE, 1971. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. Growth of **Endogone** inoculated plants in phosphate deficient soils. New Phytol., 70: 19-27.
- HEPPER, C.M., 1979. Germination and growth of **Glomus caledonium** spores: the effects of inhibitions and nutrients. Soil Biol. Biochem., 11: 269-277.
- HEPPER, C.M. e G.A. SMITH, 1976. Observation's on the germination of **Endogone** spores. Trans. Br. Mycol. Soc., 66 (2): 189-194.
- HOLLEY, J.D. e R.L. PETERSON, 1979. Development of vesicular-arbuscular mycorrhiza in bean roots. Can J. Bot., 57: 1960-1978.
- HOWELER, R.H., 1981. 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 relation to brazilian agriculture. Instituto Agronômico do Paraná, Londrina. p. 243-258.

- JEHNE, W., 1984. Mycorrhizas and **Stylosanthes**. In: STACE , H. M. & EDYE, L.A. (eds). The Biology and Agronomy of Stylosanthes. Academic Press, Sidney. pp. 227-241.
- KOSKE, R.E. 1981. **Gigaspora gigantea**: observations on spore germination of a VA-mycorrhizal fungus: Mycologia, 73:288-300.
- KRUCKELMANN, H.W., 1975. Effects of fertilizers, soils, soil tillage, and plant species on the frequency of **Endogone** chlamydospores and mycorrhizal infection in arable soils. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds). Endomy - corrhizas. Academic Press, London. p. 511-525.
- LAMBERT, D.H.; D.E. BAKER e H. COLE Jr., 1979. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper, and other elements. Soil Sci. Soc. Am. J., 43: 976-980.
- LAMBERT, D.H. e H. COLE Jr., 1980. Effects of mycorrhizae on establishment and performance of forage species in mine spoil. Agron. J., 72: 257-260.
- LAMBERT, D.H.; H. COLE Jr. e D.E. BAKER, 1980. Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. New Phytol., 85: 513-520.
- LOPES, A.S., 1983. Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo. Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, pp. 162.

- MALUF, A.M.; A.P.D. SILVEIRA e I.S. MELO, 1987. Influência do pH e da micorriza vesículo-arbuscular no desenvolvimento de cultivares de *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT tolerante e intolerante ao alumínio. In: Programa e Resumos da II Reunião Brasileira sobre Micorrizas, São Paulo, SP, pp. 38.
- MENGE, J.A., 1978. Commercial production of mycorrhizal inoculum may benefit citrus growers. Citrograph, 15: 139-143.
- MENGE, J.A.; D. STEIRLE; D.J. BAGYARAJ; E.L.V. JOHNSON e R.T. LEONARD, 1978. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. New Phytol., 80:575-578.
- MOSQUIM, P.R.; A.T. CORDEIRO; L. ZAMBOLIM; M.M. BELLEI e J.C.L. NEVES, 1986. Influência do alumínio sobre o crescimento e a micorrização de *Stylosanthes guianensis* associado a *Rhizobium*. In: Anais da I Reunião Brasileira sobre Micorrizas, Lavras, MG, pp. 160.
- MOSSE, B., 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. Nature, 179: 922-924.
- MOSSE, B., 1962. The establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza under aseptic conditions. J. Gen. Microbiol., 27: 509-520.
- MOSSE, B., 1970. Honey-coloured sessile *Endogone* spores. I. Life history. Archiv fur mikrobiologie, 70: 167-175.
- MOSSE, B., 1972. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. Nature, 239: 221-223.
- MOSSE, B., 1973. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. Ann. Rev. Phytopath., 11: 171-196.

- MOSSE, B., 1975. Specificity in VA mycorrhizas. In: SANDERS, F.G.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, London. p. 470-484.
- MOSSE, B., 1977. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. X. Responses of **Stylosanthes** and maize to inoculation in unsterile soils. New Phytol., 78: 277-288.
- MOSSE, B., 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Res. Bull. (Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources), 194, p. 81.
- MOSSE, B.; C.L. POWELL e D.S. HAYMANS, 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhizas. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol., 76: 331-342.
- NAVARRO, R.B.; I.C. PIMENTEL. I.C. REGO e S.M.T. SAITO, 1987. Efeito do pH na germinação de esporos de fungos em solo da Amazônia. In: Programa e Resumos da II Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, São Paulo, SP. pp. 102.
- NEMEC, S., 1978. Response of six citrus root stocks to three species of **Glomus**, a mycorrhizal fungus. Proc. Fla. State Hort. Soc., 91: 10-14.
- OLIVEIRA, E., 1986. Taxonomia da Endogonaceae. In: Anais da I Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. Lavras, MG. pp. 100-119.
- OLIVEIRA, M.H.A. e E.J.B.N. CARDOSO, 1986. Efeito de fosfato de rocha e micorriza na simbiose soja x **Rhizobium japonicum**. In: Anais da I Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, Lavras, MG, pp. 161.

- PACKOVISKY, R.S., 1986. Micronutrient uptake and distribution in mycorrhizal or phosphorus-fertilized soybeans. Plant and Soil, 95: 379-388.
- PROBERT, M.E., 1984. The mineral nutrition of *Stylosanthes*. In: STACE, H.M. & EDYE, L.A. (eds). The Biology and Agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, Sydney. pp. 203-226.
- RATNAYAKE, M.; R.T. LEONARD e J.A. MENGE, 1978. Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. New Phytol., 81: 543-552.
- REEVES, F.B.; D. WAGNER; T. MOORAN e J. KIEL, 1979. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid West. I. A comparison of incidence of mycorrhizae in severely disturbed natural environments. Am. J. Bot., 66: 66-73.
- REID, C.P. e G.D. BOWEN, 1979. Effect of soil moisture on VA mycorrhiza formation and root development in Medicago. In: HARLEY, J.L. & RUSSELL, R.S. (eds). The soil-root interface. Academic Press, London. p. 211-219.
- RHODES, L.H. e J.W. GERDEMANN, 1975. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. New Phytol., 75: 555-561.
- ROSS, J.P. e J.A. HARPER, 1970. Effect of *Endogone* mycorrhiza on soybean-yields. Phytopathol., 60: 1552-1556.
- SAFIR, G.R. e J.M. DUNIMAY, 1982. Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. B. Environmental variables. In: SCHENCK, N.C. (ed.). Methods and principles of micorrhizal research. The Amer. Phytopath. Soc. St. Paul. p. 77-80.

- SAIF, S.R., 1981. The influence of soil aeration on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Effect of soil oxygen on the growth and mineral uptake of **Eupatorium odoratum** L. inoculated with **Glomus macrocarpus**. New Phytol. 88: 649-659.
- SAIF, S.R.; SHEIKH, N.A. e A.G. KHAN, 1975. Ecology of **Endogone**. I - Relationship of **Endogone** spore population with physical soil factors. Islamabad J. Sci., 2(1): 1-5.
- SANDERS, F.E., 1975. The effect of foliar-applied phosphate on mycorrhizal infections of onion roots. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, London. pp. 261-276.
- SCHENCK, N.C.; S.O. GRAHAM e N.E. GRENN, 1975. Temperature and light effect on contamination and spore germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Mycologia, 67: 1189-192.
- SCHENCK, N.C. e V.N. SCHORODER, 1974. Temperature response of **Endogone** mycorrhiza on soybean roots. Mycologia, 66: 600-605.
- SILVEIRA, A.P.D. e E.J.B.N. CARDOSO, 1987. Efeito do fósforo e da micorriza vesículo-arbuscular na simbiose **Rhizobium**-feijoeiro. R. bras. Ci. Solo, 11: 31-36.
- SILVEIRA, A.P.D.; E.J.B.N. CARDOSO e V. FAQUIN, 1987. Influência da micorriza VA no desenvolvimento do feijoeiro e nos parâmetros cinéticos de absorção radicular de fósforo. In: Programa e Resumos da II Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. São Paulo, SP. pp. 26.

- SIQUEIRA, J.O., 1986. Micorrizas: forma e função. In: Anais da I Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. Lavras, MG. pp. 5-32.
- SIQUEIRA, J.P., 1987. Cultura axênica e monoxênicas dos fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. In: Programa e Resumos da II Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. São Paulo, SP. pp. 44-70.
- SIQUEIRA, J.O.; D.H.HUBBELL e A.W. MAHMUD, 1984. Effect of liming on spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Plant and Soil, 76: 115-124.
- SIQUEIRA, J.O.; D.H.HUBBELL e N.C. SCHENCK, 1982. Spore germination and germ tube growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *in vitro*. Mycologia, 74: 952-959.
- SIQUEIRA, J.O.; D.H. HUBBELL e R.R. VALLE, 1984. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Pesq. agropec. bras., 19: 1465-1474.
- SIQUEIRA, J.O.; D.M. SYLVIA; J. GIBSON e D.H. HUBBELL, 1985. Spores, germination and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Can. J. Microbiol., 31: 965-972.
- St. JOHN, T.V. e D.C. COLEMAN, 1981. The role of mycorrhizae in plant ecology. Proc. of the 5th North American Conference on Mycorrhizae, Université Laval, Quebec. snt.
- SWARD, R.J., 1981. The structure of the spores of *Gigaspora margarita*. III. Germ-tube emergence and growth. New Phytol. 88: 667-673.

- SWARD, R.J.; N.D. HALLAM e A.A. HOLLAND, 1978. Endogone spores in a heathland area of south-eastern Australia. Aust. J. Bot., 26: 20-43.
- TIMMER, L.W. e R.F. LEYDEN, 1978. Stunting of citrus seedlings in fumigated soils in Texas and its correction by phosphorus fertilization and inoculation with mycorrhizal fungi. J. Am. Soc. Hort. Sci., 103: 533-537.
- THOMAS, D., 1984. Global ventures in *Stylosanthes*. I. South America. In: STACE, H.M. & EDYE, L.A. (eds.). The biology and Agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, Sydney. pp. 451-466.
- TRAPPE, J.M., 1981. Mycorrhizae and productivity of arid and semiarid rangelands. In: USDA Forest Service, (ed.). Advances in food producing systems for arid and semiarid lands. Academic Press, New York. pp. 581-599.
- WAIDYANATHA, S.; N. YOGARATNAM e W.A. ARIYARATNE, 1979. Mycorrhizal infection on growth and nitrogen of *Pueraria* and *Stylosanthes* and uptake of phosphorus from two rock phosphates. New Phytol., 82: 147-152.
- WANG, G.; S. WANG; D.P. STRIBLEY e P.B. TINKER, 1986. Efeito do pH do solo sobre micorriza vesicular-arbuscular (VA). In: Anais da I Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. Lavras, MG. pp. 194.

WILCOX, H.E., 1983. Fungal parasitism of woody plants roots from mycorrhizal relationship to plant disease. Ann. Rev. Phytopathol., 21: 221-242.

WOOLHOUSE, H.W., 1975. Membrane structure and transport problems considered in relation to phosphorus and carbohydrate movements and the regulation of endotrophic mycorrhizal associations. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, London. pp. 209-239.