

EFEITO DA INTERAÇÃO Rhizobium, MICORRIZAS VA E FOSFATOS NO  
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE SABIÃ, Mimosa caesalpiniaefolia  
Benth.

PAULO FURTADO MENDES FILHO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO  
DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONO  
MIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E  
NUTRIÇÃO DE PLANTAS, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1985

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Esta Dissertação é parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, encontrando-se à disposição dos interessados na Biblioteca da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta obra é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

  
PAULO FURTADO MENDES FILHO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/05/85.

  
ROGÉRIO TAVARES DE ALMEIDA  
ORIENTADOR

  
JOSÉ ILO PONTE DE VASCONCELOS

  
FERNANDO FELIPE FERREYRA HERNÁNDEZ

  
FERNANDO JOÃO MONTENEGRO

À Meus PAIS

e IRMÃOS

D E D I C O

## AGRADECIMENTOS

Ao final de todas as etapas da realização deste trabalho, quero deixar aqui registrado os meus agradecimentos a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, comigo colaboraram. A todas elas minha sincera gratidão, especialmente:

Ao Professor Mardônio Aguiar Coelho, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, pela gentileza e colaboração prestadas durante todo o Curso;

Ao Professor Rogério Tavares de Almeida, pela precisa orientação no planejamento, acompanhamento e elaboração da Dissertação;

Aos Professores José Ilo Ponte de Vasconcelos, Fernando João Montenegro de Sales e Fernando Felipe Ferreyra Hernández, pela revisão dos manuscritos, bem como pelas sugestões apresentadas;

Aos laboratoristas do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, Antônio Luiz de Oliveira e Aldo Cirino Filho, pela ajuda prestada durante os trabalhos laboratoriais;

À Clara Almeida Castelo Branco, pelo trabalho datilográfico;

A todo o pessoal responsável pela consulta bibliográfica da Biblioteca Setorial de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará;

Ao Engenheiro-Agrônomo Lúcia Maria Silveira, pelo apoio dado durante todas as fases do Curso e Dissertação;

Aos colegas de Curso, pela amizade e dedicação;

À Terezinha de Jesus Pinto Farias e a todos os funcionários do Departamento de Ciências do Solo, pelo incentivo e ajuda;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de uma bolsa de manutenção, e

Ao Projeto Fixação Biológica do Nitrogênio em Plantas de Interesse Econômico do Nordeste (Convênio CNPq/ UFC / FCPC), pela ajuda material.

## CONTEÚDO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	vii
ABSTRACT .....	x
RESUMO .....	xi
INTRODUÇÃO .....	01
REVISÃO DE LITERATURA .....	03
MATERIAL E MÉTODOS .....	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
- Experimento I .....	15
- Experimento II .....	27
CONCLUSÕES .....	37
LITERATURA CITADA .....	38
ANEXOS .....	45
- ANEXO A .....	46
- ANEXO B .....	49

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Descrição dos tratamentos usados nos experimentos I e II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	11
TABELA 2 - Características físicas e químicas do solo de Pacajús-CE, utilizado nos experimentos I e II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	14
TABELA 3 - Médias de pH, temperaturas mínima e máxima do solo, nos experimentos I e II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984..	16
TABELA 4 - Observações relativas à cor e altura da parte aérea e à presença de nódulos e micorrizas VA nas plantas do experimento I, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	17
TABELA 5 - Médias de quatro repetições dos dados de peso seco da parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	19
TABELA 6 - Médias de quatro repetições dos dados de altura das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	21
TABELA 7 - Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	23

TABELA 8	- Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	25
TABELA 9	- Médias de quatro repetições dos dados de peso seco, altura e conteúdo de fósforo e nitrogênio da parte aérea das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 ....	26
TABELA 10	- Observações relativas à cor e altura da parte aérea e à presença de nódulos e micorrizas VA nas plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	28
TABELA 11	- Médias de quatro repetições dos dados de peso seco da parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	30
TABELA 12	- Médias de quatro repetições dos dados de altura das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....	32
TABELA 13	- Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.	34
TABELA 14	- Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil	36

TABELA 15 - Médias de quatro repetições dos dados de peso seco, altura e conteúdo de fósforo e nitrogênio da parte aérea das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984 .....

## ABSTRACT

Two experiments were conducted under greenhouse conditions, on the Campus of the Federal University of Ceará, Brazil, to study the interaction among Rhizobium, mycorrhiza VA and phosphates with sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth). A completely randomized experiment was set up with 9 treatments and 4 replicates and each parcel consisted of one plant cultivated in a plastic bag with 3kg of a Podzolic soil collected in Pacajus County, State of Ceará, with pH 6,0 and low phosphorus content ( 11ppm). A mixture of four promising Rhizobium strains isolated from sabiã and two species of mycorrhizal fungi. Glomus mosseae was used in experiment I, while Glomus macrocarpum was used in experiment II. Superphosphate and rock phosphate were utilized as a high and low solubility phosphorus sources, respectively. The plants were weekly irrigated with Hewitt's nutritive solution and harvested, in both experiments, 90 days after seeding. Shoot dry weight, height, nitrogen and phosphorus contents were determined. The nodulating characteristics and mycorrhizal infection were also observed. The results revealed that a high availability of soil phosphorus stimulated nodulation and nitrogen fixation in sabiã plants. Glomus mosseae was inefficient, however Glomus macrocarpum was efficient in the symbiotic association with sabiã and its effect was equivalent, in the plants inoculated with Rhizobium, to a mineral phosphate fertilization. The amount of rock phosphate to be applied should be investigated to establish the adequate level and time of application to the sabiã seedlings in order to optimize the efficiency of the association sabiã-Rhizobium-Glomus macrocarpum.

## RÉSUMO

Com o objetivo de se estudar o efeito da interação Rhizobium, micorrizas VA e fosfatos no desenvolvimento de mudas de sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.) foram montados dois experimentos em casa-de-vegetação, localizada no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará. Adotou-se um delineamento estatístico inteiramente casualizado para ambos os experimentos, cada um com 9 tratamentos e 4 repetições. Empregou-se sacos de polietileno de cor preta com 3kg de um solo Podzólico Vermelho Amarelo, autoclavado, proveniente de Pacajus-Ceará, com 11ppm de fósforo e pH 6,0. Uma mistura das estirpes UFC-904.35, UFC-903.35, UFC-841.35 e UFC-838.35 foi utilizada nos tratamentos inoculados com Rhizobium. As espécies de fungos micorrízicos, Glomus mosseae, para o experimento I, e Glomus macrocarpum, para o experimento II, assim como as estirpes rizobianas, foram aplicadas ao solo dos sacos por ocasião da semeadura do sabiã e aplicação de fosfatos. Como fonte de fósforo de alta solubilidade foi aplicado o superfosfato triplo e como fonte de baixa solubilidade o fosfato de rocha PHOSNAT X, ambos na dosagem equivalente a 300kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectare. Aplicou-se aos tratamentos não inoculados com micorrizas VA, um filtrado do solo do inóculo contendo a microflora que se associava ao fungo e, semanalmente, uma adubação com a solução nutritiva de Hewitt, isenta de nitrogênio e fósforo. Os experimentos tiveram uma duração de 90 dias ao final dos quais cada parcela foi analisada quanto ao peso seco, altura e conteúdos de nitrogênio e fósforo da parte aérea das mudas de sabiã. Também foram observadas a presença de infecção micorrízica e as características das plantas em relação à nodulação. Os resultados mostraram que, devido ao baixo teor de fósforo no solo, uma maior disponibilidade de fósforo para a planta influenciou diretamente a nodulação. A espécie endomicorrízica Glomus mosseae não se mostrou eficiente enquanto que a espécie Glo-

mus macrocarpum foi eficiente, tendo seu efeito, em plantas inoculadas com Rhizobium, sido equivalente ao de uma adubação fosfatada. A quantidade de fosfato de rocha a ser aplicada às mudas de sabiã deve ainda ser investigada, a fim de que sejam estabelecidos um nível e uma época de adubação que maximize a eficiência da associação tripartite sabiã-Rhizobium-Glomus macrocarpum.

## INTRODUÇÃO

Os altos custos dos insumos básicos à prática de uma agricultura racional e intensiva têm levado os pesquisadores a um interesse maior pelos estudos relacionados com o aproveitamento das potencialidades naturais dos solos. Os preços proibitivos alcançados pelos fertilizantes químicos chegam a torná-los quase inacessíveis à grande maioria dos agricultores. Por conseguinte, faz-se necessário que os investigadores aperfeiçoem os conhecimentos existentes no campo das ciências do solo, ordenando-os, adequadamente, visando o incremento da produção vegetal.

O solo é rico em microrganismos e, dentre eles, além das bactérias do gênero Rhizobium - responsáveis pela fixação do nitrogênio atmosférico em leguminosas, um outro grupo que também se associa simbioticamente com vegetais superiores - os fungos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares ou micorrizas VA - tem sido alvo de investigação por parte dos microbiologistas.

Tais fungos têm papel relevante no processo de absorção do fósforo do solo pelas plantas em condições de baixa fertilidade do solo, fato comum em nossa região. Conseqüentemente, uma adubação basicamente biológica, com rizóbio e fungos formadores de endomicorrizas, produzirá mudas mais vigorosas a um custo menor. Adicionando-se a esta fertilização biológica certa quantidade de fósforo na forma de fosfato de rocha, material potencialmente abundante no Estado, teremos uma maior eficiência da associação tripartite Rhizobium, endomicorrizas e leguminosas ao longo do estabelecimento da planta.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da interação de fungos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares associados à inoculação e à aplicação de fertilizantes fosfatados de diferentes solubilidades, no desempenho de mu

das de sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.). Referida planta é uma leguminosa arbórea de crescimento rápido, resistente ao ambiente adverso onde ocorre e de grande importância econômica para a região.

## REVISÃO DE LITERATURA

As leguminosas desempenham papel muito importante na agricultura da América tropical. Embora praticamente todos os países da região tenham um programa de pesquisa relacionado com leguminosas, ainda há muito o que realizar a fim de que dados mais satisfatórios sejam obtidos (PINCHINAT, 1976).

JONES (1976) afirma que, na ausência de rizóbio específico, as leguminosas tropicais apresentam baixo poder de competição com outras espécies, havendo necessidade, portanto, de inoculação em áreas onde tais plantas ou seus rizóbios não ocorrem naturalmente. LIN (1977), pesquisando vinte e sete membros da subfamília Caesalpinioideae, treze da Mimosoideae, vinte e sete da Papilionoideae e um da Swartzoideae quanto à nodulação, observou que das sessenta e oito plantas, trinta e sete não apresentaram nódulos, principalmente as da subfamília Caesalpinioideae. As Papilionoideae foram as que tiveram mais espécies noduladas, seguidas das Mimosoideae. A grande maioria das espécies da família das leguminosas é arbórea e apenas 18% destas têm sido examinadas no que diz respeito à nodulação. No caso do sabiã, além de outras leguminosas importantes, já existem inoculantes rizobianos disponíveis ou em fase de testes (DÖBEREINER, 1984 e VASCONCELOS et alii, 1984).

O sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.) é descrita por BRAGA (1960) como uma leguminosa da subfamília Mimosoideae, de porte arbóreo e forma legumes pequenos com sementes miúdas e leves. É comum em todo o Estado do Ceará tendo, ou trossim, preferência por solos profundos, especialmente os colúviais. Devido ao seu rápido crescimento, é recomendada como essência indispensável a qualquer trabalho de replantamento do Nordeste seco. É fornecedora de madeira pesada e resistente, excelente para estacas, lenha e carvão, forquilha e esteios. As folhas maduras ou secas podem ser utiliza

das como forragem. COSTA (1983) afirma que, apesar de referências sobre o plantio direto das sementes, a experiência indica que o melhor método para o sabiã é o plantio de mudas. DOBEREINER (1967) verificou que esta planta cresce bem em áreas onde o subsolo encontra-se a descoberto devido a sua capacidade de, sendo uma leguminosa, acrescentar ao solo nitrogênio proveniente da atmosfera, bem como mobilizar outros elementos de horizontes mais profundos. Em seu trabalho, adianta ainda que plântulas transplantadas de sementes inoculadas com rizóbio apresentam maior percentagem de estabelecimento e crescimento mais rápido do que as de sementes não inoculadas. VASCONCELOS et alii (1984) constataram que as mudas de sabiã bem estabelecidas eram portadoras simultaneamente de rizóbio e endomicorrizas.

As micorrizas VA ocorrem em muitas famílias botânicas - cultivadas ou não - dentre as quais se inclui a das Leguminosas (SAMUEL, 1926) e sua dispersão é hoje observada em várias regiões do mundo (GERDEMANN, 1975).

Os fungos micorrízicos VA nas leguminosas, similarmente como em plantas de outras famílias botânicas, localizam-se no córtex das raízes mais finas do sistema radicular (JONES, 1924), onde desenvolvem arbusculos e, geralmente, vesículas, além de esporos. Suas hifas projetam-se por toda a rizosfera concorrendo, deste modo, para uma melhor exploração do solo por nutrientes, principalmente o fósforo (MOSSE, 1973).

MOSSE (1957) mostrou que plantas colonizadas por fungos formadores de micorriza vesículo-arbusculares apresentavam melhor crescimento e maior absorção de nutrientes em relação às não colonizadas. Plantas colonizadas exibem ainda maior taxa fotossintética, sugerindo que o fungo deve ser mais ávido por produtos da fotossíntese do que o próprio hospedeiro (ALLEN et alii, 1981).

Embora o número de espécies de fungos endomicorrízicos seja pequeno, se comparado com o número das espécies que formam ectomicorrizas, as micorrizas VA ocorrem em prática

mente quatro quintos das plantas vasculares, não havendo, portanto, especificidade do endófito (TRAPPE, 1977). Contudo, LOPES et alii (1980) sugerem que a eficiência do fungo deve ser pesquisada para cada hospedeiro em particular. MENGE et alii (1977), com a finalidade de estimular a infecção micorrízica em condições de campo, empregaram com sucesso a inoculação de fungos micorrízicos VA em viveiros de citros, embora KANG et alii (1980) tenham constatado que, em certos casos, a população nativa de micorriza VA era suficiente para propiciar um bom desenvolvimento em plantios de mandioca. A infecção micorrízica pode estabelecer-se logo após a germinação da semente ou no estágio de plântula, podendo ocorrer não somente a partir do contato raiz não infectada/raiz infectada, como também do contato esporo/raiz não infectada (READ et alii, 1976). O tempo de resposta à colonização com fungos micorrízicos VA pode variar de espécie para espécie, porém CARLING et alii (1979), trabalhando com soja inoculada com Glomus fasciculatum, encontraram que a resposta era bem mais evidente após 6 semanas do plantio. DOMMERGUES (1976) considera as associações entre leguminosas, bactérias do gênero Rhizobium e endomicorrizas como de vital importância para a implantação e crescimento das plantas, arbóreas ou não, nos solos pobres em elementos essenciais.

Os fungos micorrízicos são importantes para o processo de nodulação de várias espécies de leguminosas (GERDEMANN, 1968) e, de acordo com dados de SMITH et alii (1979), a inoculação aumenta tanto a própria nodulação como também a eficiência dos nódulos, mesmo antes que a resposta em crescimento das plantas venha a ocorrer.

HALLIDAY (1984) cita que o comportamento de árvores fixadoras de nitrogênio depois de serem introduzidas em novos ambientes depende das associações simbióticas, as quais contribuem para a nutrição das plantas. Afirma, ainda que as estratégias de seleção empregadas para identificar germoplasmas adaptados para determinadas regiões precisam levar em conta a seleção conjunta das sementes, do rizóbio e das micorrizas.

SMITH & DAFT (1977) mostraram, também, que o aumento na absorção de fósforo induzido por fungos endomicorrízicos e a fixação do nitrogênio precedem qualquer efeito no crescimento e que o fator tempo é relevante no desenvolvimento desta simbiose tripartite entre Rhizobium, leguminosa e micorriza VA. BONETI et alii (1984), estudando a presença de nódulos e infecção endomicorrízica em raízes de essências florestais na Amazônia brasileira, constataram que o sistema radicular de todas as plantas analisadas apresentou infecção por micorriza VA.

De acordo com FRANCO (1984) e FOX & KANG (1976), depois do nitrogênio, a deficiência de fósforo é o fator limitante mais generalizado e este fato ocorre em aproximadamente 80% dos solos tropicais. Eles recomendam, ainda, o plantio de árvores fixadoras do nitrogênio e micorrizadas para contribuir com alta produção de proteína, uso eficiente da água e nutrientes, além da proteção contra a erosão dos solos.

Os fertilizantes fosfatados mais solúveis, tais como os superfosfatos, são muito mais caros que os fosfatos naturais. UEHARA (1976) afirma que, ao combinarmos os benefícios dos fertilizantes fosfatados mais baratos, efetivos em solos ácidos ou neutros, com plantas infectadas com endomicorizas, estamos fazendo um manejo econômico e mais racional dos solos de baixa fertilidade e subutilizados dos trópicos. Minimizando-se a deficiência de fósforo destes solos teremos, em troca, uma fixação biológica mais eficiente do nitrogênio.

Algumas plantas como a mandioca, o estilosantes, a leucena, o cafeeiro e os citros apresentam alto grau de dependência micorrízica para a absorção de fósforo, principalmente (YOST & FOX, 1979 e HOWELER, 1981), havendo necessidade, ainda, de investigar-se o grau de dependência de muitas outras espécies. Tais associações podem ser vistas como possíveis mecanismos fisiológicos que caracterizam as diferenças entre variedades botânicas no que se relaciona com tolerância a baixos níveis de fósforo e condições de alta acidez do solo (SALINAS & SANCHES, 1976). É bom, mais uma vez, salient

entar que esta melhora na absorção de fósforo pelas plantas micorrizadas deve-se a um aumento da área de absorção devido à infecção fúngica nos seus sistemas radiculares. Ainda não se conhece evidências concretas de que ocorra solubilização de formas de fósforo menos solúveis, embora admita-se que exista uma relação sinérgica entre micorrizas vesículo-arbusculares e bactérias solubilizadoras de fósforo (BAREA et alii, 1975).

Segundo TINKER (1975) as hifas funcionam como extensões do sistema de absorção do hospedeiro, permitindo a exploração de zonas da rizosfera que normalmente não estariam em contato com as raízes absorventes. O processo de absorção de fósforo pelas hifas é ativo, uma vez que a sua concentração iônica no solo é geralmente menor que 1ppm, e as hifas contêm 0,3% (PEARSON & TINKER, 1975). A adição de fósforo em altas doses pode reduzir o grau de colonização do sistema radicular, produção de esporos e micélio externo (MENGE et alii, 1978). Este fato deve ser levado em consideração no preparo de mudas micorrizadas e adubadas com fósforo para fins experimentais ou não. Porém, estudos "in vitro" realizados por SIQUEIRA et alii (1982), indicam que o fósforo em concentrações semelhantes às usadas em soluções nutritivas não tem efeito fungistático. Aparentemente, as plantas colonizadas por fungos formadores de endomicorrizas são capazes de utilizar de maneira mais eficiente as formas pouco solúveis de certos nutrientes, dentre eles o fosfato presente na rocha fosfatada (MOSSE, 1981).

Numa tentativa de quantificar tal melhora na absorção de fósforo por plantas micorrizadas, BIELESKI (1973) calculou que numa extensão de 1mm de raiz colonizada da qual saem quatro hifas de 25 $\mu$ m de diâmetro e 2mm de comprimento, a absorção de fósforo será 60 vezes maior do que na mesma extensão de raiz sem colonização, ou 100 vezes maior caso a difusão de fósforo no solo seja limitante.

Em solos com problemas de fertilidade, as endomicorrizas estimulam fortemente a nodulação (CRUSH, 1974 e WAIDYANATHA, 1979), não só pelo efeito indireto, devido a maior

absorção de fósforo, como, também, pelo efeito direto sobre a bactéria, embora a natureza destes processos ainda seja bastante controvertida (ASIMI et alii, 1980).

DAFT & EL-GIAHMI (1976) encontraram que plantas de amendoim inoculadas com Rhizobium, Glomus e adubadas com fosfato produziram mais frutos, matéria seca e nódulos do que as plantas não inoculadas. SILVA et alii (1984), trabalhando com sabiã crescendo em diversos níveis de fosfato de rocha, mostram a possibilidade de produzir-se mudas em substratos contendo altas concentrações de fosfato natural, que poderá servir como fonte de fósforo após o plantio definitivo. Contudo, ainda resta estabelecer que concentração de fosfato natural seria suficiente para maximizar o desenvolvimento da muda sem contudo prejudicar a associação tripartite rizóbio-micorriza VA-leguminosa.

MOSSE (1973) afirma que as endomicorrizas podem significar a diferença entre a sobrevivência ou morte de algumas espécies, suprindo as leguminosas com uma quantidade mínima de fosfato essencial para uma nodulação adequada.

Está comprovado que a nodulação, fixação do nitrogênio e crescimento da planta são bastante afetados quando a umidade do solo encontra-se em torno de 15% (HABISH & MAHDI, 1976), mas as plantas micorrizadas recuperam-se mais rapidamente do murchamento do que as não micorrizadas (HARDIE & LEYTON, 1981). De um modo geral, a colonização por fungos micorrízicos VA é mais rápida quando a umidade do solo é menor que a capacidade máxima de retenção de água (REID & BOWEN, 1979).

De acordo com LOPES et alii (1983), uma eficiente associação micorrízica poderia atenuar os problemas de absorção de água e nutrientes determinados pelo baixo teor de umidade de certos solos e pelo atrofiado sistema radicular causado pela toxicidade de alumínio e deficiência de fósforo.

Os efeitos de pH são difíceis de avaliar, uma vez que as propriedades químicas do solo variam com este, mas as micorrizas VA têm sido encontradas em solos com pH variando

de 2,7 a 9,2 (BOWEN, 1980 e DAFT & EL-GIAHMI, 1975). O gênero Glomus é comumente encontrado em solos próximos à neutralidade ou alcalinos e dificilmente formam micorrizas em solos com elevada acidez (LOPES et alii, 1983a). Em solos ligeiramente ácidos as micorrizas VA melhoram a utilização de fósforo de rocha (MOSSE, 1976).

SCHENCK & SCHRODER (1974), pesquisando o efeito da temperatura em raízes micorrizadas, verificaram que este fator afeta diretamente a esporulação do fungo, formação de arbusculos no córtex radicular, grau de colonização e resposta do hospedeiro à infecção. Um outro fator ainda a ser considerado é a ação física das hifas externas das endomicorrizas na estabilização dos agregados do solo por intermédio da ação cimentante de material polissacarídico entre os grãos de areia e as hifas (TISDALL & OADES, 1979).

REEVES et alii (1979) recomendam que a microflora endomicorrizica de solos bastante danificados seja restabelecida, a fim de que se produza ecossistemas mais estáveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos, foram montados dois experimentos em casa-de-vegetação localizada no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, no período de 01 de Julho a 01 de Agosto de 1984, nos quais foram desenvolvidas mudas de sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.) em um solo Podzólico Vermelho Amarelo com baixo teor de fósforo. Os experimentos compreenderam nove tratamentos os quais incluíram inoculações com Rhizobium e Micorrizas VA, além de adubação mineral com duas fontes fosfatadas de diferentes solubilidades. Os tratamentos estão descritos na TABELA 1. Os experimentos diferenciaram-se apenas quanto ao fungo formador de micorrizas VA, Glomus mosseae, para o experimento I, e Glomus macrocarpum, para o experimento II.

O solo utilizado era procedente de Pacajus-Ceará, de textura arenosa média, o qual apresentou, em análise laboratorial, baixos níveis de bases trocáveis, fósforo assimilável (11ppm), carbono e nitrogênio, pH 6,0 e cujos dados são mostrados na TABELA 2.

As fontes de fósforo utilizadas foram:

- superfosfato triplo, com 45% de  $P_2O_5$  solúvel, como fonte de fósforo de alta solubilidade, e

- fosfato de rocha PHOSNAT X, procedente da EMBRAPA, finura 240 mesh, com 25% de  $P_2O_5$  total e solubilidade 4 e 2%, em ácido cítrico e água, respectivamente, como fonte de fósforo de baixa solubilidade.

Aproximadamente uma semana antes da instalação dos experimentos, o solo foi esterilizado em autoclave, utilizando-se latas de 1 litro de capacidade, durante 2 horas, a 120°C e 1atm de pressão.

As sementes de sabiã foram escarificadas com ácido

TABELA 1 - Descrição dos tratamentos usados nos experimentos I e II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

---

T R A T A M E N T O S

---

NÃO INOCULADO: TESTEMUNHA

NÃO INOCULADO + FOSFATO DE ROCHA

NÃO INOCULADO + SUPERFOSFATO TRIPLO

INOCULADO COM Rhizobium

INOCULADO COM Rhizobium + SUPERFOSFATO TRIPLO

INOCULADO COM Rhizobium + FOSFATO DE ROCHA

INOCULADO COM Rhizobium + MICORRIZA VA\*

INOCULADO COM Rhizobium + MICORRIZA VA\* + FOSFATO DE ROCHA

INOCULADO COM Rhizobium + MICORRIZA VA\* + SUPERFOSFATO TRIPLO

---

(\*) Glomus mosseae, para o experimento I

Glomus macrocarpum, para o experimento II

sulfúrico comercial 65<sup>o</sup>Bé por um período de 10 minutos para quebra de dormência mecânica, lavadas em água esterilizada e, posteriormente, imersas em uma solução diluída de hipoclorito de sódio, também por 10 minutos, para eliminação de possíveis microrganismos contaminantes, sendo então lavadas novamente com água esterilizada.

Procedeu-se a semeadura em sacos plásticos de polietileno preto, com aproximadamente 3kg de solo em cada, deixando-se, após o desbaste, apenas uma planta por parcela.

Nos tratamentos inoculados com Rhizobium, às sementes, escarificadas quimicamente e esterilizada, foi adicionada uma mistura das quatro melhores estirpes da bactéria, até então disponíveis, desenvolvidas em meio de cultura "79" líquido (ALLEN, 1957) com azul de bromotimol sob agitação durante 48 horas à temperatura ambiente (média de 28<sup>o</sup>C), na razão de 1ml por semente. As estirpes utilizadas foram UFC-904.35, UFC-903.35, UFC-841.35 e UFC-838.35, todas pertencentes ao Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

A inoculação com fungos formadores de micorrizas VA realizou-se mediante a aplicação do inóculo (porções de 15g de solo contendo fragmentos de raízes infectadas e esporos) diretamente no solo a ser inoculado, a uma profundidade de 4cm abaixo do plano de semeadura das sementes. As duas espécies de fungos micorrízicos VA, Glomus mosseae e Glomus macrocarpum, foram escolhidas baseando-se em resultados obtidos em um ensaio preliminar realizado em casa-de-vegetação, comparando-se a eficiência de seis espécies de fungos vesículo-arbusculares em associação com sabiã e utilizando-se um solo esterilizado, com 14ppm de fósforo e pH 6,5. Os resultados deste ensaio preliminar mostraram uma ineficiente associação de sabiã com Glomus mosseae ao contrário da associação sabiã-Glomus macrocarpum que foi a mais eficiente.

Os inoculantes micorrízicos empregados foram oriundos do Banco de Inóculo do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ce

ará e constituiu-se de solo com fragmentos de raízes infectadas de Stylosanthes humilis HBK., tomando-se o cuidado de testar o inóculo quanto à presença de esporos do fungo pelo método de peneiramento úmido de GERDEMANN (1963).

Nos tratamentos não inoculados com micorrizas VA efetuou-se a aplicação de um filtrado do solo do inóculo, contendo apenas a microflora que se associava ao fungo, à razão de 2ml por planta.

Os fertilizantes fosfatados foram incorporados ao solo dos sacos de polietileno por ocasião do plantio e inoculações, na dosagem equivalente a 300Kg de fósforo (na forma de  $P_2O_5$ ) por hectare, dosagem estipulada em função do teor natural de fósforo do solo e características dos fertilizantes (SUBRAMANIAM & GOPALA-REDDI, 1979).

Durante o desenvolvimento dos experimentos, a temperatura do solo foi acompanhada periodicamente tendo o pH sido determinado na instalação e colheita dos experimentos.

Procurou-se manter, no decorrer dos experimentos, a umidade do solo próxima à capacidade de campo, regando-se com água de abastecimento do Campus do Pici e adubando - se, semanalmente, com uma solução nutritiva de Hewitt (HEWITT, 1966), isenta de nitrogênio e fósforo, na proporção de 3ml por quilograma de solo.

Os experimentos tiveram uma duração de 90 dias ao final dos quais cada parcela foi analisada quanto à percentagem de infecção endomicorrizica (pelo método de PHILLIPS & HAYMAN, 1970, complementado pelos critérios de ASIMI, 1979), caracterização da nodulação das plantas, peso seco, altura e conteúdos de fósforo (pelo método de CHAPMAN & PRATT, 1961) e nitrogênio (pelo método de LOTT et alii, 1956) da parte aérea das plantas de ambos os experimentos.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 9 tratamentos e 4 repetições, sendo os resultados analisados estatisticamente pelos testes F e Tukey ao nível de 5% de probabilidade (ALBUQUERQUE, 1980).

TABELA 2 - Características físicas e químicas do solo de Pa cajūs-CE, utilizado nos experimentos I e II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				ARGILA DISPERSA EM ÁGUA %	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL
SÍMBOLO	PROFUNDIDADE (cm)	AREIA GROSSA 2-0,2 mm	AREIA FINA 0,2-0,005 mm	SILTE 0,05-0,002 mm	ARGILA < 0,002 mm		
A <sub>p</sub>	0- 13	71,50	22,30	1,60	4,60	0,30	Areia
A <sub>3</sub>	13- 44	71,65	20,65	1,15	6,55	1,20	Areia
B <sub>1</sub>	44- 80	62,20	27,35	1,15	9,30	1,30	Areia
B <sub>21t</sub>	80-115	57,15	26,90	2,55	13,40	0,10	Fr. aren.
B <sub>22t</sub>	115-150+	53,00	18,80	3,20	25,00	4,80	Fr. arg. aren.

SÍMBOLO	DENSIDADE PARTÍCULAS	UMIDADE g/100 g		pH EM ÁGUA	CE A 25°C EXT. SATUR. mmhos/cm	CARBONO %	NITROGÊNIO %	C/N	MATÉRIA ORGÂNICA
		1/3 atm	15 atm						
A <sub>p</sub>	2,68	5,3	2,5	6,00	0,21	0,49	0,05	10	0,84
A <sub>3</sub>	2,66	7,4	2,7	5,30	0,23	0,19	0,01	19	0,33
B <sub>1</sub>	2,66	6,0	3,2	5,10	0,27	0,16	0,01	16	0,27
B <sub>21t</sub>	2,65	12,0	5,3	5,00	0,24	0,19	0,01	19	0,33
B <sub>22t</sub>	2,65	20,9	11,2	4,70	0,20	0,20	0,02	10	0,34

SÍMBOLO	P ASSIMILÁVEL mg/100 g	COMPLEXO SORTIVO meq/100 g DE SOLO							100 S/T = V %	
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	H <sup>+</sup> +AL <sup>+++</sup>	Al <sup>+++</sup>		T
A <sub>p</sub>	0,20	1,00	0,90	0,08	0,10	2,08	0,99	0,03	3,79	55
A <sub>3</sub>	0,13	0,60	0,80	0,10	1,10	1,60	0,99	0,23	2,59	61
B <sub>1</sub>	0,47	0,20	0,60	0,08	0,10	0,98	0,82	0,36	1,80	54
B <sub>21t</sub>	0,03	0,20	0,50	0,08	0,11	0,89	0,88	0,32	2,04	44
B <sub>22t</sub>	0,23	0,20	0,60	0,18	0,12	1,10	0,87	0,73	2,58	43

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das temperaturas mínima e máxima, assim como o pH inicial e final do solo dos experimentos I e II, estão indicados na TABELA 3. A faixa de temperatura compreendida entre 26°C, para a mínima, e 33°C, para a máxima, não é prejudicial às associações com micorrizas (SCHENCK & SCHRODER, 1974) e Rhizobium (MINCHIN et alii, 1976). O pH inicial de 6,0 e o final de 6,6 e 6,0 para os solos dos experimentos I e II, respectivamente, também estão dentro da faixa ideal, tanto para o fungo (LOPES et alii, 1982; BOWEN, 1980; DAFT & EL-GIAHMI, 1975) como para a bactéria (WAGNER et alii, 1978; JARDIM FREIRE, 1970).

Os resultados dos parâmetros analisados são mostrados nas TABELAS 4, 5, 6, 7, 8 e 9, para o experimento I, e 10, 11, 12, 13, 14 e 15, para o experimento II. A análise de variância para cada parâmetro acha-se discriminada no ANEXO A, para o experimento I, e ANEXO B, para o experimento II. De um modo geral, pode-se observar que ambos os experimentos mostraram diferenças altamente significativas (ao nível de 1% de probabilidade). Os coeficientes de variação apresentaram valores que variam de 8 a 35%, sendo alguns deles considerados altos para experimentos conduzidos em casa-de-vegetação, porém admissíveis considerando-se que as sementes de soja utilizadas não eram selecionadas.

### Experimento I

Os resultados das observações realizadas nas plantas do experimento I encontram-se resumidos na TABELA 4 e mostram que nos tratamentos não inoculados com Rhizobium não foi detectada a presença de nódulos no sistema radicular das

TABELA 3 - Médias de pH, temperaturas mínima e máxima do solo, nos experimentos I e II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

EXPERIMENTO	TEMPERATURA <sup>o</sup> C		pH*	
	MÍNIMA	MÁXIMA	INICIAL	FINAL
I	26,0	33,0	6,0	6,6
II	26,0	33,0	6,0	6,0

(\*) o pH final representa a média relativa a todos os tratamentos uma vez que não houve sensíveis variações entre os tratamentos.

TABELA 4 - Observações relativas à cor e altura da parte aérea e à presença de nódulos e micorrizas VA nas plantas do experimento I, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	Cor das folhas	Altura das plantas (altura média em cm)	Nódulos na raiz	Infecção micorrizica VA
Não Inoculado	verde pálida	pequena (23,25)	-	-
Não Inoculado+fosfato de rocha	verde pálida	intermediária(28,00)	-	-
Não Inoculado+superfosfato triplo	verde normal	normal (31,50)	-	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	verde normal	pequena (22,74)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +superfosfato triplo	verde normal	normal (34,25)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +fosfato de rocha	verde normal	intermediária(28,25)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u>	verde normal	pequena (22,75)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +fosfato de rocha	verde normal	intermediária(27,50)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +superfosfato triplo	verde normal	normal (32,25)	+	-

(+) Presença de nódulos na raiz

(-) Ausência de nódulos ou infecção micorrizica na raiz

mudas, enquanto que nos tratamentos inoculados com rizóbios foi constatada a presença de nódulos coralóides típicos de sabiã, forma esta que coincide com a encontrada por VASCONCELOS et alii (1984).

Nos tratamentos que receberam inoculação com Glomus mosseae as raízes das mudas de sabiã examinadas não mostraram qualquer indício de infecção vesículo-arbuscular característica do fungo, indicando que tal espécie micorrízica não se associa com sabiã. Os tratamentos Testemunha Não Inoculada e Não Inoculado + fosfato de rocha apresentavam folhagem verde pálida, contrastando com os demais tratamentos, os quais tinham folhas verdes normais e características da planta. Quanto à altura, as mudas mostravam-se pouco desenvolvidas nos tratamentos Testemunha Não Inoculada, Inoculado com Rhizobium e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae.

#### Peso seco da parte aérea

Os resultados referentes ao peso seco da parte aérea das plantas do experimento I são mostrados na TABELA 5.

Os tratamentos Não Inoculado + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + superfosfato triplo diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, sendo que os tratamentos Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + superfosfato triplo foram os que apresentaram os maiores valores de peso seco. O tratamento Inoculado com Rhizobium não diferiu estatisticamente da Testemunha Não Inoculada nem dos tratamentos Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + fosfato de rocha. A quantidade de fósforo disponível comprovou ser fator limitante para a produção de matéria seca da parte aérea e, conseqüentemente, para a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, uma vez que os tra

TABELA 5 - Médias de quatro repetições dos dados de peso seco da parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	g/parcela	%
Não Inoculado	1,95c *	100,00
Não Inoculado+fosfato de rocha	3,15bc	162,00
Não Inoculado+superfosfato triplo	4,07ab	209,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	2,12c	109,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +superfosfato triplo	5,47a	281,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +fosfato de rocha	4,00ab	205,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u>	2,45bc	126,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +fosfato de rocha	3,77abc	193,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +superfosfato triplo	5,10a	262,00

DMS = 1,85

CV = 21,00%

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

tamentos com superfosfato triplo apresentaram os maiores valores de peso seco da parte aérea.

Os tratamentos que receberam rocha fosfatada revelaram uma tendência à maior produção de matéria seca, embora não diferissem estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, com exceção apenas do tratamento Inoculado com Rhizobium + fosfato de rocha. Este comportamento é explicado em função de uma maior disponibilidade de fósforo para a planta ocasionada pela presença da rocha fosfatada no solo.

Tais resultados confirmam a dependência de uma boa nodulação à disponibilidade de fósforo no solo (FRANCO, 1984; FOX & KANG, 1976) e que, em virtude da ausência de infecção micorrízica nas plantas, não houve maior produção de matéria seca e nodulação mais eficiente (DAFT & EL-GIAHMI, 1976).

#### Altura da parte aérea

Os dados de altura da parte aérea das plantas do experimento I são mostrados na TABELA 6 e revelam comportamento semelhante aos de peso seco.

Os tratamentos Não Inoculados + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + superfosfato triplo diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, sendo os tratamentos inoculados com Rhizobium + superfosfato triplo os que apresentaram maiores valores de altura da parte aérea. O tratamento Inoculado com Rhizobium não diferiu estatisticamente da Testemunha Não Inoculada e os tratamentos com rocha fosfatada revelaram tendência a maiores valores de altura de parte aérea. O tratamento Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae não diferiu estatisticamente da Testemunha Não Inoculada e apresentou os mais baixos valores de altura. Estes resultados confirmam a resposta da planta nodulada apenas à disponibilidade de fósforo e também a ausência de infecção micorrízica nas plantas inoculadas com Glomus mosseae.

TABELA 6 - Médias de quatro repetições dos dados de altura das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	cm/parcela	%
Não Inoculado	23,25b *	100,00
Não Inoculado+fosfato de rocha	28,00ab	120,00
Não Inoculado+superfosfato triplo	31,50a	135,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	22,74b	98,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +superfosfato triplo	34,25a	147,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +fosfato de rocha	28,25ab	122,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u>	22,75b	98,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +fosfato de rocha	27,50ab	118,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +superfosfato triplo	32,25a	139,00

DMS = 7,81

CV = 11,00%

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

### Conteúdo de fósforo na parte aérea

Os dados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento I são mostrados na TABELA 7.

Os tratamentos Não Inoculado + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + superfosfato triplo diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, sendo os tratamentos Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + superfosfato triplo os que apresentaram maiores valores de conteúdo de fósforo na parte aérea. Os tratamentos com fosfato de rocha revelaram tendência a apresentar maiores valores de conteúdo de fósforo e o tratamento em que se fez uma inoculação conjunta de Rhizobium + Glomus mosseae não diferiu estatisticamente da Testemunha Não Inoculada.

Tais resultados comprovam o estímulo causado à nodulação da planta pela maior disponibilidade de fósforo nos tratamentos com superfosfato triplo, em maiores proporções, e com fosfato de rocha, em menores proporções.

### Conteúdo de nitrogênio na parte aérea

Os dados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do experimento I são encontrados na TABELA 8.

Os tratamentos Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae + superfosfato triplo diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada e foram os que apresentaram os maiores valores de conteúdo de nitrogênio na parte aérea. Os tratamentos Inoculado com Rhizobium e Inoculado com Rhizobium + Glomus mosseae não diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada. Estes resultados estão coerentes com os demais parâmetros e

TABELA 7 - Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	mg/parcela	%
Não Inoculado	4,88d *	100,00
Não Inoculado+fosfato de rocha	17,98cd	369,00
Não Inoculado+superfosfato triplo	45,26ab	928,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	3,90d	80,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +superfosfato triplo	57,45a	1178,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +fosfato de rocha	18,41cd	378,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u>	8,41cd	173,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +fosfato de rocha	27,98bc	574,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +superfosfato triplo	62,90a	1290,00

DMS = 22,95

CV = 35,00%

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

também comprovam o estímulo à bactéria fixadora de nitrogênio atmosférico causado pela maior disponibilidade de fósforo nos tratamentos com superfosfato triplo. Os tratamentos com rocha fosfatada e inoculados com Rhizobium mostraram leve tendência a apresentar maiores valores de conteúdo de nitrogênio na parte aérea devido a uma maior disponibilidade de fósforo causada pela presença do fosfato de rocha e ao curto tempo de duração do experimento.

TABELA 8 - Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	mg/parcela	%
Não Inoculado	40,37bc *	100,00
Não Inoculado+fosfato de rocha	26,35c	65,00
Não Inoculado+superfosfato triplo	45,20bc	112,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	38,60bc	96,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +superfosfato triplo	77,12a	191,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +fosfato de rocha	44,40c	117,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u>	34,77c	86,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +fosfato de rocha	46,67bc	116,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus mosseae</u> +superfosfato triplo	65,32ab	162,00

DMS = 27,52

CV = 24,00%

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

TABELA 9 - Médias de quatro repetições dos dados de peso seco, altura e conteúdo de fósforo e nitrogênio da parte aérea das plantas do experimento I, Fortaleza, Ceará. Brasil, 1984.

Tratamento	Peso seco g/parcela	Altura cm/parcela	Conteúdo de fósforo mg/parcela	Conteúdo de nitrogênio mg/parcela
NI	1,95c *	23,25b	4,88d	40,37bc
NI+FR	3,15c	28,00ab	17,98cd	26,35c
NI+ST	4,07ab	31,50a	45,26ab	45,20bc
Rh	2,12c	22,75b	3,90d	38,60bc
Rh+ST	5,47a	34,25a	57,45a	77,12a
Rh+FR	4,00ab	28,25ab	18,41cd	44,40c
Rh+M	2,45bc	22,75b	8,41cd	34,77c
Rh+M+FR	3,77abc	27,50ab	27,98bc	46,67bc
Rh+M+ST	5,10a	32,25a	62,90a	65,32ab
DMS	1,84	7,81	22,95	27,52
CV%	21,00	11,00	35,00	24,00

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

NI=Não Inoculado

NI+FR=Não Inoculado+fosfato de rocha

NI+ST=Não Inoculado+superfosfato triplo

Rh=Inoculado com Rhizobium

Rh+ST=Inoculado com Rhizobium+superfosfato triplo

Rh+FR=Inoculado com Rhizobium+fosfato de rocha

Rh+M=Inoculado com Rhizobium+Glomus mosseae

Rh+M+FR=Inoculado com Rhizobium+Glomus mosseae+fosfato de rocha

Rh+M+ST=Inoculado com Rhizobium+Glomus mosseae+superfosfato triplo

## Experimento II

Quando examinadas as raízes das plantas dos tratamentos inoculados com Glomus macrocarpum, verificou-se a ocorrência de vesículas e micélio característicos de infecção micorrízica no córtex radicular, comprovando-se o estabelecimento da infecção. Na TABELA 10 é apresentada a avaliação desta infecção, tomando-se por referência três graus: baixa (até 30% de infecção radicular), média (de 30 a 70% de infecção radicular) e alta (acima de 70% de infecção radicular). Os resultados mostram que a infecção micorrízica foi constatada apenas nos tratamentos inoculados com G. macrocarpum e que o tratamento Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo foi o que apresentou a menor infecção radicular (infecção média) dos três tratamentos inoculados com micorrizas VA. Nos tratamentos não inoculados com G. macrocarpum não foi constatada infecção micorrízica.

A presença de Rhizobium também foi observada, tendo os tratamentos inoculados com as bactérias mostrado nódulos coralóides, típicos de sabiã, semelhantes aos encontrados por VASCONCELOS et alii (1984) no Ceará. Apenas a Testemunha Não Inoculada exibia uma folhagem verde pálida e porte pequeno. O tratamento Não Inoculado + fosfato de rocha apresentava folhas verdes e porte pequeno, enquanto que o tratamento Não Inoculado + superfosfato triplo teve desenvolvimento normal e folhas verdes normais. Embora nestes tratamentos as plantas não houvessem sido inoculadas com Rhizobium, foi notado que, quando a disponibilidade de fósforo para a planta aumentava, esta perdia a clorose foliar e o porte pequeno que caracterizava a Testemunha Não Inoculada.

TABELA 10 - Observações relativas à cor e altura da parte aérea e à presença de nódulos e micorrizas VA nas plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	Cor das folhas	Altura das plantas (altura média em cm)	Nódulos na raiz	Infecção micorrizica VA
Não Inoculado	verde pálida	pequena (21,12)	-	-
Não Inoculado+fosfato de rocha	verde normal	pequena (23,75)	-	-
Não Inoculado+superfosfato triplo	verde normal	normal (29,62)	-	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	verde normal	intermediária(24,74)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +superfosfato triplo	verde normal	normal (28,12)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> +fosfato de rocha	verde normal	normal (31,12)	+	-
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u>	verde normal	normal (31,62)	+	alta
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> +fosfato de rocha	verde normal	normal (30,25)	+	alta
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> +superfosfato triplo	verde normal	normal (28,87)	+	média

(+) Presença de nódulos na raiz

(-) Ausência de nódulos ou infecção micorrizica na raiz

## Peso seco da parte aérea

Os resultados de peso seco da parte aérea das plantas do experimento II são mostrados na TABELA 11.

Os tratamentos Inoculados com Rhizobium + fosfato de rocha, Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + fosfato de rocha diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, sendo o tratamento Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum o que apresentou maior peso seco da parte aérea das mudas de sabiã. Isto evidencia a importância da associação conjunta de Rhizobium e Glomus macrocarpum e os resultados concordam com os encontrados por LOPES et alii (1980) que afirmam ser G. macrocarpum uma espécie eficiente em leguminosas. Os tratamentos Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo apresentaram valores de peso seco menores do que o tratamento com a inoculação conjunta de rizóbio e a micorriza VA apenas, embora não tenham diferido estatisticamente. Tal fato revela uma tendência a diminuição da infecção micorrízica a medida que a disponibilidade de fósforo aumenta e pode ser comprovada pela mais baixa infecção micorrízica apresentada pelo tratamento Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo (ver TABELA 10). Os tratamentos Não Inoculado + superfosfato triplo e Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo não diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, porém apresentaram uma tendência a maior produção de matéria seca quando comparados com a Testemunha Não Inoculada.

TABELA 11 - Médias de quatro repetições dos dados de peso seco da parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	g/parcela	%
Não Inoculado	1,46 *	100,00
Não Inoculado + fosfato de rocha	1,70c	117,00
Não Inoculado + superfosfato triplo	2,53abc	173,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	2,45abc	161,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + superfosfato triplo	2,61abc	182,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + fosfato de rocha	3,07	210,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u>	3,58a	245,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + fosfato de rocha	3,10ab	212,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + superfosfato triplo	2,59abc	177,00

DMS = 1,22

CV = 20,00%

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

### Altura da parte aérea

Os resultados de altura da parte aérea das plantas do experimento II encontram-se na TABELA 12.

Os tratamentos Não Inoculado + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + fosfato de rocha, Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum, Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, sendo que os tratamentos melhores foram Inoculado com Rhizobium + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum. A inoculação com G. macrocarpum em interação com Rhizobium estimulou o crescimento das plantas em intensidade idêntica à determinada pelo tratamento Inoculado com Rhizobium + fosfato de rocha. Os tratamentos Não Inoculado + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium foram idênticos à Testemunha Não Inoculada o que se deve ao baixo teor de fósforo existente no solo, necessário à fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, aliado à liberação extremamente lenta do fósforo do fosfato natural e à carência também de nitrogênio no solo.

Os resultados dos tratamentos Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo foram idênticos, evidenciando, assim, uma provável redução da eficiência do fungo pela presença do alto teor de fósforo solúvel adicionado ao solo. Estes resultados concordam com os obtidos por Menge et alii (1978).

### Conteúdo de fósforo na parte aérea

Os resultados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento II são mostrados na TABELA 13.

TABELA 12 - Médias de quatro repetições dos dados de altura das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	cm/parcela	%
Não Inoculado	21,12d *	100,00
Não Inoculado + fosfato de rocha	23,75cd	112,00
Não Inoculado + superfosfato triplo	69,62ab	140,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	24,74cd	117,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + superfosfato triplo	28,12abc	133,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + fosfato de rocha	31,12a	152,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u>	31,62a	150,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + fosfato de rocha	30,25ab	143,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + superfosfato triplo	28,87abc	137,00

DMS = 5,57

CV = 8,00 %

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Os tratamentos Não Inoculado + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + fosfato de rocha, Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, tendo os tratamentos Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo apresentado os maiores valores de conteúdo de fósforo na parte aérea. O tratamento Inoculado com Rhizobium não diferiu estatisticamente da Testemunha Não Inoculada, sugerindo ter sido a nodulação afetada pelo baixo teor de fósforo do solo. A inoculação conjunta de Rhizobium e Glomus macrocarpum duplicou o conteúdo de fósforo na parte aérea em relação à Testemunha Não Inoculada, embora não tenham diferido estatisticamente.

#### Conteúdo de nitrogênio na parte aérea

Os resultados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do experimento II encontram-se na TABELA 14.

Os tratamentos Inoculado com Rhizobium + superfosfato triplo, Inoculado com Rhizobium + fosfato de rocha, Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum, Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + fosfato de rocha e Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum + superfosfato triplo diferiram estatisticamente da Testemunha Não Inoculada. Estes resultados comprovam que a maior disponibilidade de fósforo estimula a nodulação e que, em plantas inoculadas com Rhizobium e Glomus macrocarpum, o efeito da inoculação micorrízica foi equivalente ao de uma adubação com superfosfato triplo.

TABELA 13 - Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	mg/parcela	%
Não Inoculado	5,24c *	100,00
Não Inoculado + fosfato de rocha	13,31bc	216,00
Não Inoculado + superfosfato triplo	17,59ab	336,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	6,30c	120,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + superfosfato triplo	21,52a	411,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + fosfato de rocha	16,97ab	324,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u>	11,44bc	218,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + fosfato de rocha	19,11a	365,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + superfosfato triplo	20,60a	393,00

DMS = 7,65

CV = 22,00%

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

TABELA 14 - Médias de quatro repetições dos dados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	mg/parcela	%
Não Inoculado	21,88c*	100,00
Não Inoculado + fosfato de rocha	32,14c	147,00
Não Inoculado + superfosfato triplo	48,07abc	220,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u>	41,84abc	191,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + superfosfato triplo	56,03ab	256,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + fosfato de rocha	59,95a	274,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u>	60,03a	274,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + fosfato de rocha	58,34ab	267,00
Inoculado com <u>Rhizobium</u> + <u>Glomus macrocarpum</u> + superfosfato triplo	54,39ab	249,00

DMS = 27,32

CV = 23,00%

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

TABELA 15 - Médias de quatro repetições dos dados de peso seco, altura e conteúdo de fósforo e nitrogênio da parte aérea das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

Tratamento	Peso seco g/parcela	Altura cm/parcela	Conteúdo de fósforo mg/parcela	Conteúdo de nitrogênio mg/parcela
NI	1,46 *	21,12d	5,24c	21,88c
NI+FR	1,70c	23,75cd	13,31bc	32,14bc
NI+ST	2,53abc	29,62ab	17,59ab	48,07abc
Rh	2,35bc	24,75bcd	6,30c	41,84abc
Rh+ST	2,61abc	28,12abc	21,52a	56,03ab
Rh+FR	3,07ab	31,12a	16,97ab	59,95a
Rh+M	3,58a	31,62a	11,44bc	60,03a
Rh+M+FR	3,10ab	30,25ab	19,11a	58,34ab
Rh+M+ST	2,59abc	28,87abc	20,60a	54,39ab
DMS	1,22	5,57	7,65	27,32
CV%	20,00	8,00	22,00	23,00

(\*) Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

NI= Não Inoculado

NI+FR= Não Inoculado+fosfato de rocha

NI+ST= Não Inoculado+superfosfato triplo

Rh= Inoculado com Rhizobium

Rh+ST= Inoculado com Rhizobium+superfosfato triplo

Rh+FR= Inoculado com Rhizobium+fosfato de rocha

Rh+M= Inoculado com Rhizobium+Glomus macrocarpum

Rh+M+FR= Inoculado com Rhizobium+Glomus macrocarpum  
+ fosfato de rocha

Rh+M+ST= Inoculado com Rhizobium+Glomus macrocarpum  
+ superfosfato triplo

## CONCLUSÕES

O sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.) é uma planta de grande rusticidade e ainda muito pouco estudada quanto às suas necessidades nutricionais e associações com microrganismos.

No presente trabalho os resultados das inoculações com dois fungos formadores de micorrizas VA e de bactérias do gênero Rhizobium, além de adubações fosfatadas, permitem as seguintes conclusões:

1 - Devido ao baixo teor de fósforo do solo, uma maior disponibilidade deste elemento para a planta, em virtude da adubação fosfatada, influenciou diretamente a associação Rhizobium-sabiã, estimulando a nodulação e a fixação do nitrogênio atmosférico;

2 - Glomus mosseae não se mostrou eficiente, inclusive não sendo detectada infecção nas raízes das plantas inoculadas;

3 - Glomus macrocarpum foi eficiente na associação simbiótica com sabiã, tendo seu efeito, em plantas inoculadas com Rhizobium, sido equivalente ao de uma adubação química fosfatada;

4 - A inoculação conjunta de Rhizobium e Glomus macrocarpum apresentou-se promissora para a produção de mudas de sabiã mais vigorosas, sendo portanto, recomendada, e

5 - A quantidade de fosfato de rocha a ser aplicada deve ainda ser investigada em trabalhos subsequentes, a fim de que sejam estabelecidos o nível ideal e a época de adubação das mudas que maximize a eficiência da associação tripartite sabiã-Rhizobium-Glomus macrocarpum.

## LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J. J. L. Estatística Experimental. Departamento de Estatística e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Ceará. 109p. (Mimeografado). 1980.
- ALLEN, O. N. Experiments in Soil Bacteriology. Minneapolis, Burgess Publ. Co., 1957. 177p.
- ALLEN, M. F.; W. K. SMITH; S. M. MOORE & M. CHRISTENSEN. Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal and non mycorrhizal Bouteloua gracilis. New Phytol., 88: 683-693, 1981.
- ASIMI, S. Intections entre les endomycorrhizes, le Rhizobium et le phosphore du sol chez la soja (Glycine max (L) Merrill, Var. ansoy). These du Docteur, 3<sup>ème</sup> cycle em Biologie Appliquée. Université de Dijon. 32p. 1979.
- \_\_\_\_\_ ; V. GIANINAZZI-PEARSON & S. GIANINAZZI. Influence of increasing soil phosphorus levels and interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and Rhizobium in soybeans. Can. J. Bot., 58: 2200-2205, 1980.
- BAREA, J. M.; R. AZCON & D. S. HAYMAN. Possible synergistic interactions between Endogone and phosphate-solubilizing bacteria in low phosphate soils. In: SANDERS, F. E.; B. MOSSE; P. B. TINKER, ed. Endomycorrhizas. Academic Press, London, 1975. p.409-417.
- BIELESKI, R. L. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. Ann. Rev. Plant Physiol., 24:225-252, 1973.
- BLACK, C. A. Methods of Soil Analysis - Part II. American Society of Agronomy. 1975. p.1149-1178.

- BONETI, R.; L. A. OLIVEIRA & F. M. M. MAGALHÃES. População de Rhizobium spp. e ocorrência de micorriza VA em cultivos de essências florestais. Pesq. Agropec. Bras. 19 (SN) :137-142, 1984.
- BOWEN, G. D. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P., ed. Tropical Mycorrhiza Research. Oxford University Press, Oxford, 1980. p.165-190.
- BRAGA, R. Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará. Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará, 1960. 540p.
- CARLING, D. E.; M. F. BROWN & R.A. BROWN. Colonization rates and growth responses of soybean plants infected by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Can. J. Bot., 57 (11) : 1169-1172, 1979.
- CHAPMAN, H. D. & P. F. PRATT. Methods of analysis for soils plants and water. California University. Division of Agriculture Sciences. 1961. p.161-174.
- COSTA, M.G. O Sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.). Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias. Bol. Técnico Nº 4, 1983.
- CRUSH, J. R. Plant growth responses to vesicular- arbuscular mycorrhiza. VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. New Phytol., 73(4): 743-749, 1974.
- DAFT, M. J. & A. A. EL-GIAMI. Effects of Glomus infections on three legumes. In: SANDERS, F. E.; B. MOSSE, P. B. TINKER., ed. Endomycorrhizas. Academic Press, London, 1975. p.582-592.
- \_\_\_\_\_. Studies on nodulated and mycorrhizal peanuts. Ann. Appl. Biol., 83: 273-276, 1976.
- DÖBEREINER, J. Efeito da inoculação de sementeiras de sabiã (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.) no estabelecimento e desenvolvimento de mudas no campo. Pesq. Agropec. Bras. 2: 301-305, 1967.
- \_\_\_\_\_. Nodulação e fixação de nitrogênio em leguminosas florestais. Pesq. Agropec. Bras. 19(SN): 83-90, 1984.

- DOMMERGUES, Y. Mycorrhizes et fixation d'azote. Anales de Edafologia e Agrobacteriologia, 35: 1039-1056, 1976.
- FOX, R. L. & B. T. KANG. Some major problems of tropical soils. In: Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. College of Tropical Agricultural Agricultural Miscellaneous Publication 145. p.183-211.1976.
- FRANCO, A. A. Fixação do nitrogênio em árvores e fertilidade do solo. Pesq. Agropec. Bras., 19(SN):253-261, 1984.
- GERDEMANN, J. W. & T. H. NICOLSON. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc., 46:235-244, 1963.
- \_\_\_\_\_. Vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: TORREY, J. G.; D. T. CLARKSON, ed. The development and function of roots. New York, Academic Press, 1975. p.575-591.
- \_\_\_\_\_. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. Phytopath., 6:397-418, 1968.
- HABISH, H. A. & A. A. MAHDI. Effect of soil moisture on nodulation of cowpea and hyacinth bean. J. Agr. Sci., 86(3) : 553-560, 1976.
- HALLIDAY, J. Integrated approach to nitrogen fixing tree germplasm development. Pesq. Agropec. Bras., 19(SN): 91-117, 1984.
- HARDIE, K. & L. LEYTON. The influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth and water relations of red clover. I. In phosphate deficient soil. New Phytol., 89 : 599-608, 1981.
- HEWITT, E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Technical Communication 22, 2nd. ed. Commonwealth Agricultural Bureau, London, 547p. 1966.
- HOWELER, R. H. The effect of mycorrhizal inoculation on the phosphorus nutrition of Cassava. In: RUSSEY, R. S.; K. IGUE; Y. R. MEHTA, ed. The soil root system in relation to Brazilian Agriculture. Londrina, IAPAR, 1981. p. 243-258.

- JARDIM FREIRE, J. R. Alguns fatores limitantes na simbiose de Rhizobium e as leguminosas forrageiras de clima temperado. Universidade Federal do Rio Grande do-Sul, Porto Alegre. 8p. (Mimeografado). 1970.
- JONES, F. R. A mycorrhizal fungus in the root of some legumes and some other plants. J. Agric. Res., 29 : 459-470 , 1924.
- JONES, R. J. Yield potential for tropical pasture legumes. In: Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. College of Tropical Agriculture Miscellaneous Publication 145. 1976.
- KANG, T.; R. ISLAM; F. E. SANDERS & A. AYANABA. Effect of Phosphate fertilization with VA-mycorrhizal fungi on performance of Cassava (Manihot esculenta Crantz) grown on an alfisol. Field Crops Res., 3 : 84-89, 1980.
- LIN, G. Nodulation of tropical legumes in Singapore. Trop. Agr., 54 (2): 143-147, 1977.
- LOPES, E. S.; E. OLIVEIRA & A. M. L. NEPTUNE. Efeito de espécies de micorrizas vesicular-arbusculares no siratro (Macroptilium atropurpureum). Bragantia, 39: 241-245. 1980.
- \_\_\_\_\_.; E. OLIVEIRA & N.C. SCHENCK. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee plantations in central São Paulo State, Brasil, Turrialba, 33(4) : 417-422, 1983 a .
- \_\_\_\_\_.; J. O. SIQUEIRA & L. ZAMBOLIM. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. Rev. Bras. Ci. Solo, 7(1): 1-19, 1983.
- LOTT, W. L.; J. P. NERY; J. R. GALLO & J. C. MEDCALF. Leaf analysis technique in coffee research. IBEC Research Institute, BUI. Nº 9. 1956.
- MENGE, J. A.; LEMBRIGHT & E. L. JOHNSON. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. Proc. Soc. Citriculture, 1: 129-132. 1977.

- MENGE, J. A.; D. STERILE; E. L. V. JOHNSON; D. J. BAGYARAJ & R. T. LEONARD. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition for mycorrhizal infection. New Phytol., 80: 575-578, 1978.
- MOSSE, B. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. Nature, 179:922-924, 1957.
- \_\_\_\_\_. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. Ann. Rev. Phytopath., 11: 171-196, 1973.
- \_\_\_\_\_. The role of mycorrhiza in phosphorus solubilization. In: Anais da IV Conferência Internacional Global of Applied Microbiology, São Paulo, Brasil, 1973. p.543-561.
- \_\_\_\_\_. C.L. POWELL & D. S. HAYMAN. Plant growth and responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VAM, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol., 76: 331-342, 1976.
- \_\_\_\_\_. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii Inst. for Tropical Agric. and Human Resources Bull. N° 194. 82p. 1981.
- MINCHIN, F. R.; P. A. HUXLEY & R. J. SUMMERFIELD. Effect of root temperature on growth and yield in cowpea (Vigna unguiculata) Exp. Agr., 12(13): 279-288, 1976.
- PEARSON, V. & P. B. TINKER. Measurement of phosphorus fluxes in the external hyphae of endomycorrhizas. In: SANDERS, F. E.; B. MOSSE; P. B. TINKER, ed. Endomycorrhizas. London, Academic Press, 1975. p.277-287.
- PHILLIPS, J. M. & D. S. HAYMAN. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular - arbuscular fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc., 55: 158-161, 1970.
- PINCHINAT, A. M. The role of legumes in tropical America. In: Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. College of Tropical Agriculture Miscellaneous Publication 145. p.171-182, 1976.

- READ, D. J.; H. K. KOUCHEKI & J. HODGSON. Vesicular- arbuscu- lar mycorrhiza in natural vegetation systems. New Phytol., 77: 641-653, 1976.
- REEVES, F. B.; D. WAGNER; T. MOORMAN & J. KIEL. The role of endomycorrhizae in the semi-arid west. I. A comparison of incidence of mycorrhizae in severely disturbed vs natural environments. Amer. J. Bot., 66(1): 6-13, 1979.
- REID, C. P. & G.D. BOWEN. Effectes of soil moisture on VA mycorrhiza formation and root development in Medicago. In: HARLEY, J. L.; R. SCOTT-RUSSEL, ed. The Soil Root Interface. London, Academic Press, 1979. p.211-219.
- SALINAS, J. G. & P. A. SANCHES. Soil-Plant relationships affecting varieties and species differences in tolerance to low available soil phosphorus. Cienc. Cult., 28: 156-168, 1976.
- SAMUEL, G. Note on the distribution of mycorrhiza. Trans. Proc. Soc. S. Australia, 50:245-246, 1926.
- SCENCK, N. C. & V. N. SCHRODER. Temperature response of Endo one mycorrhiza on soybean roots. Mycologia, 66: 600 - 605, 1974.
- SILVA, E. R.; S.M. FARIA; E. F. C. CAMPELO & M. A. M. ASCONE GUI. Produção de mudas noduladas de leguminosas flores tais contendo até 80% do volume com fosfato de rocha. Pesq. Agropec. Bras., 19(SN): 183-191, 1984, 1984.
- SIQUEIRA, J. O.; D. H. HUBBEL & N. C. SCHENCK. Spores germination and germ tube growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus in vitro. Mycologia, 74: 952-959, 1982.
- SMITH, S. E. & M. J. DAFT. Interactions between, phosphate content and nitrogen fixation in mycorrhizal and nom - mycorrhizal Medicago sativa. Aust. J. Plant Physiol., 4: 403-413, 1977.
- \_\_\_\_\_. D. J. D. NICHOLAS & F. A. SMITH. Effect of early mycorrhizal infection on nodulation and nitrogen fixation in Trifolium subterraneum L. Aust. J. Plant Physiol., 6: 305-311, 1979.

- SUBRAMANIAM, K. & G. GOPALA REDDI, Availability of phosphorus in rock phosphate with respect to level of application and particle size. Bull. Indian Soil Sci., (12): 516 - 518, 1979.
- TINKER, P. B. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on higher plants. In: JENNINGS, D. H.; D. L. LEE, ed. Symbiosis-Proc. 29th Symp. Soc. E. p. Biol. Cambridge University Press, 1975. p.325-350, 1975.
- TISDALL, J. M. & J. M. OADES. Stabilization of soil aggregates by the root system of ryegrass. Aust. J. Soil Res. 17: 429-441, 1979.
- TRAPPE, J. M. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. Ann. Rev. Phytopath., 15:203-222,1977.
- UEHARA, G. An overview of the soils of the arable tropics. In : Exploiting the legume-Phizobium symbiosis in tropical agriculture. College of Tropical Agriculture Miscellaneous Publication 145. p. 67-80, 1976.
- VASCO CELOS, I.; R.T. ALMEIDA; P. F. MENDES FILHO & C. M. U. LANDIM. Comportamento de 13 estirpes de Rhizobium sp. em simbiose com sabiã, Mimosa caesalpiniaefolia Benth. (Ciência Agronômica. Fortaleza, no Prelo). 1984.
- WAGNER, G. H.; G. M. KASSIN & S. MARTYNIUK. Nodulation of annual Medicago by strains of R. meliloti in a commercial inoculant as influenced by soil phosphorus and pH. Plant and Soil, 50: 81-89, 1978.
- WAIDYANATHA, U. P de S.; N. YOGARATMEN, & W. A. ARIAYARATNE. Mycorrhizal infection on growth and nitrogen fixation of Pueraria and Stylosanthes and uptake of phosphorus from two rock phosphate. New Phytol., 82(1): 147-152, 1979.
- YOST, R.S. & R. L. FOX. Contribution on mycorrhizae to the P nutrition of crops growing on an oxisol. Agr. J., 71: 903-908, 1979.

ANEXOS

## ANEXO A

ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO, ALTURA E CON  
TEÚDOS DE FÓSFORO E NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS  
DO EXPERIMENTO I, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL, 1984.

Análise de variância dos dados de peso seco da parte aérea das plantas do experimento I, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	50,38	6,29	10,48**
resíduo	27	16,46	0,60	
Total	35	66,84		

CV = 21,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Análise de variância dos dados de altura das plantas do experimento I, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	588,5	73,56	6,84**
resíduo	27	290,5	10,5	
Total	35	879,0		

CV = 11,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Análise de variância dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento I, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	16288,0	2036,0	21,93**
resíduo	27	2506,32	92,82	
Total	35	18794,32		

CV = 35,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Análise de variância dos dados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do experimento I, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	7747,99	968,49	7,25**
resíduo	27	3603,07	133,44	
Total	35	11351,06		

CV = 24,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

## ANEXO B

ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO, ALTURA E CONTEÚDOS DE FÓSFORO E NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO II, FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL, 1984.

Análise de variância dos dados de peso seco da parte aérea das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	14,19	1,77	6,8**
resíduo	27	7,13	0,26	
Total	35	21,32		

CV = 20,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Análise de variância dos dados de altura das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	425,76	53,22	9,72**
resíduo	27	147,88	5,47	
Total	35	573,64		

CV = 8,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Análise de variância dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	1183,77	147,97	14,33**
resíduo	27	278,71	10,32	
Total	35	1462,48		

CV = 22,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Análise de variância dos dados de conteúdo de nitrogênio, na parte aérea das plantas do experimento II, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1984.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
tratamento	8	5886,5	735,81	5,59**
resíduo	27	3552,88	131,58	
Total	35	9439,38		

CV = 23,00%

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade