

EFEITO DE DOSAGENS CRESCENTES DE FOSFATO DE ROCHA
SOBRE A NODULAÇÃO, INFECÇÃO MICORRÍZICA VESÍCULO-
ARBUSCULAR E CRESCIMENTO DE MUDAS DE ALGAROBA (Pro
sopis juliflora (SW.) DC.)

VÂNIA FELIPE FREIRE

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1986

Esta Dissertação faz parte dos requisitos exigidos pelo Departamento de Ciências do Solo do Centro de Agrárias da Universidade Federal do Ceará, para a obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

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

Vânia Felipe Freire

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/06/1986

Rogério Tavares de Almeida
Orientador

José Ilo Ponte de Vasconcelos

Fernando Felipe Ferreyra Hernandez



Ao meu esposo

À minha filha e

Aos meus pais

OFEREÇO

À minha avó "Joana"

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade oferecida à realização do Curso;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas de estudo concedidas;

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, na pessoa do Professor Mardônio Aguiar Coelho, pela colaboração e atenção dispensadas durante o Curso;

Ao Professor Rogério Tavares de Almeida, pelos ensinamentos iniciais de microbiologia, bem como pela orientação e apoio no planejamento e desenvolvimento da Dissertação;

Aos Professores José Ilo Ponte de Vasconcelos e Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, pelas sugestões e revisão dos originais;

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, pelos valiosos ensinamentos;

Aos colegas do Curso, pela amizade e incentivo;

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo, especialmente ao Sr. Antônio Luiz de Oliveira e a Gerson Brandão de Oliveira, pela ajuda na realização das análises químicas necessárias à avaliação dos experimentos;

À Vanildo Felipe Freire, pelo auxílio nos trabalhos de implantação e coleta dos experimentos;

À Sra. Clara Almeida Castelo Branco, pelo trabalho datilográfico, e

À todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização do presente trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS E TABELAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	4
MATERIAL E MÉTODOS	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
- Experimento I	
Altura das plantas	25
Peso seco da parte aérea	27
Conteúdo de Fósforo da parte aérea	30
Conteúdo de Nitrogênio da parte aérea	32
Peso seco de nódulos das plantas	35
- Experimento II	
Altura das plantas	38
Peso seco da parte aérea	40
Conteúdo de Fósforo da parte aérea	42
Conteúdo de Nitrogênio da parte aérea	44
Peso seco de nódulos das plantas	46
CONCLUSÕES	50
LITERATURA CITADA	52
ANEXOS - Experimento I	62
ANEXOS - Experimento II	69

LISTA DE QUADROS E TABELAS

	Página
QUADRO 1 - Descrição dos tratamentos usados nos experimentos I e II, Fortaleza, 1985.	17
QUADRO 2 - Percentagem e grau de infecção micorrizica VA das raízes das plantas dos experimentos I e II. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	23
TABELA 1 - Altura da parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	26
TABELA 2 - Peso seco da parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	29
TABELA 3 - Conteúdo total de fósforo da parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	31
TABELA 4 - Conteúdo total de nitrogênio da parte aérea das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha.	34
TABELA 5 - Peso seco de nódulos das plantas do experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	36

TABELA 6 - Peso seco, altura, conteúdos totais de fósforo e nitrogênio da parte aérea e peso seco de nódulos das plantas do experimento I. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	37
TABELA 7 - Altura da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	39
TABELA 8 - Peso seco da parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	41
TABELA 9 - Conteúdo total de fósforo da parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	43
TABELA 10- Conteúdo total de nitrogênio da parte aérea das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	45
TABELA 11- Peso seco de nódulos das plantas do experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	48
TABELA 12- Peso seco, altura, conteúdos totais de fósforo e nitrogênio da parte aérea e peso seco de nódulos das plantas do experimento II. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.	49

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de dosagens crescentes de fosfato de rocha sobre a nodulação, infecção micorrízica VA e crescimento de mudas de algaroba (Prosopis juliflora (SW.) DC.)

Foram instalados dois experimentos em casa-de-vegetação, localizada no Campus do Pici, Fortaleza, Ceará. Em ambos os experimentos foi adotado um delineamento estatístico inteiramente casualizado, com 16 tratamentos e 5 repetições. Foram utilizadas sementeiras com solo esterilizado em autoclave, para o Experimento I e sementeiras com solo não esterilizado, para o Experimento II. O solo usado foi um Podzol Bruno Acinzentado, com 10ppm de fósforo e pH 6,0, procedente do Campus do Pici. A inoculação foi realizada em duas etapas, sendo a primeira com o fungo micorrízico VA Glomus macrocarpum na sementeira, por ocasião da sementeira, e a segunda, durante o transplante, 8 dias após a sementeira, para sacos de polietileno contendo solo não esterilizado, o mesmo empregado para as sementeiras, realizada através de uma suspensão contendo uma mistura das estirpes de Rhizobium sp. UFC-987.52, UFC-992.52 e UFC-1001.52, aplicada junto às raízes das plântulas. Como fonte de fósforo solúvel foi empregado o superfosfato triplo na dosagem equivalente a 400kg de P₂O₅/ha e, como fonte de fósforo de baixa solubilidade, fosfato de rocha, em dosagens crescentes numa proporção de 5%, 10%, 30% e 50% do peso total do solo. As plantas dos experimentos foram adubadas semanalmente com solução nutritiva de Hewitt isenta de nitrogênio e fósforo, e irrigadas com água corrente. Os experimentos foram colhidos 120 dias após o plantio inicial, ocasião em que foram avaliados os seguintes parâmetros: peso seco, altura, conteúdos de fósforo e nitrogênio da parte aérea das plantas e peso seco de nódulos. Foram observados, ainda, o grau de infecção micorrízica e a nodulação.

As maiores respostas em crescimento, infecção micorrízica VA e nodulação das mudas, em ambos os experimentos, foram verificadas quando o fosfato de rocha foi empregado nas dosagens de 10% e 30%. A dosagem de 50% de fosfato de rocha tendeu a reduzir a infecção micorrízica VA. A inoculação com Rhizobium sp. e Glomus macrocarpum foi eficaz em aumentar a nodulação e o desenvolvimento das plantas, em ambos os experimentos, sendo seus efeitos equivalentes aos de adubações nitrogenada e fosfatada, respectivamente. Deve-se ressaltar o efeito do fósforo, estimulando a nodulação, aumentando os conteúdos de nitrogênio e fósforo da parte aérea e o crescimento das mudas de algaroba em ambos os experimentos.

ABSTRACT

Two experiments were conducted under greenhouse conditions to evaluate the effect of increasing rock phosphate levels on nodulation, VA mycorrhizal infection and growth of algarroba (Prosopis juliflora (SW.) DC.). A completely randomized design with 16 treatments and 5 replications was adopted for both experiments. Trays containing a grayish brown podzolic soil with 10ppm of phosphorus and pH 6.0 were used for the establishment of plants and VA mycorrhizal infection. The soil was autoclaved for Experiment I and non-autoclaved for Experiment II. The inoculation with VA endophyte Glomus macrocarpum was done during tray seeding. A mixture of Rhizobium sp. strains UFC-987.52, UFC - 992.52 and UFC-1001.52 was applied to the roots of the seedlings after transplanting the seedlings to plastic bags containing non-autoclaved soil in both experiments. Superphosphate was used as available phosphorus source (400kg P₂O₅/ha) and rock phosphate as a low available phosphorus source with increasing concentrations of 5%, 10%, 30% and 50%, on a weight soil basis. The experiments were irrigated weekly with nutritive Hewitt's solution without N and P. After 120 days the plants were harvested and dry weight of root nodules, height, nitrogen and phosphorus contents and dry weight of shoots were determined. It was also observed no nodulation and VA mycorrhizal infection. The results showed that when 10% and 30% rock phosphate were used the highest growth, VA mycorrhizal infection and nodulation were obtained. Treatment with 50% rock phosphate reduced the VA mycorrhizal infection.

Inoculations with Rhizobium sp. and G. macrocarpum were efficient, increasing nodulation and growth of the plants in both experiments.

Treatments additioned elemental sulphur showed no consistent results. Plants grown in trays with sterilized soil showed higher initial development than those in trays containing non-sterilized soil. Phosphorus estmulated nodulation, nitrogen and phosphorus contents of shoots and growth of plants in both experiments.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial e o conseqüente aumento na demanda de alimentos é, atualmente, o grande problema da humanidade. A partir daí, surge o grande desafio para os pesquisadores da ciência agrônômica em prover a agricultura com técnicas de manipulação de seus recursos naturais e que promovam o aumento na produção de alimentos por unidade de área cultivada.

O estudo da microbiologia do solo tem oferecido resultados satisfatórios e microrganismos do solo são manipulados de forma que seus benefícios às propriedades do solo sejam incrementados, afetando direta e indiretamente a produtividade das plantas.

No Nordeste brasileiro, a existência de solos potencialmente pobres, especialmente em nitrogênio e fósforo, torna necessário o uso de adubação mineral ou orgânica, economicamente inviável, na maioria dos casos, face aos altos custos dos insumos e à falta de apoio das instituições financeiras aos nossos agricultores. Desta forma é imprescindível buscar fontes alternativas, tais como plantas e associações microbianas simbióticas que favoreçam a fertilidade do solo e produtividade das culturas de maneira prática e econômica.

Dentre os grupos de microrganismos que vivem em simbiose com vegetais superiores, destacam-se os fungos que, associados às raízes das plantas, formam uma associação benéfica conhecida como micorrizas vesículo-arbusculares (micorrizas VA) e as bactérias do gênero Rhizobium, que se associam às raízes de leguminosas e promovem a fixação do nitrogênio atmosférico, favorecendo o desenvolvimento das plantas e o enriquecimento do solo.

A importância das leguminosas está vinculada principalmente à faculdade que essas plantas apresentam de fixar o nitrogênio atmosférico, através da associação simbiótica que ocorre entre suas raízes e bactérias do gênero Rhizobium. No processo ocorre a redução de N_2 a NH_3 , e a energia requerida para as reações é fornecida diretamente pela fotossíntese da planta, em contraste com o que ocorre na produção de fertilizantes minerais, onde são gastas elevadas quantidades de combustível. (DÜBEREINER, 1978).

O potencial das leguminosas para a produção de lenha, madeira, forragem e usos diversos, já foi demonstrado, sendo que elas podem competir com vantagens em crescimento e produtividade com as espécies não leguminosas cultivadas (EUA, 1980).

A família das leguminosas é composta por três subfamílias: Caesalpinioideae, Papilionoideae e Mimosoideae, sendo que a essa última pertence a planta objeto do presente estudo. A algaroba, (Prosopis juliflora (SW.) DC.), tem porte arbóreo, é de ocorrência predominantemente tropical, adaptando-se bem a regiões de baixa pluviosidade. Apresenta crescimento rápido, além de ser uma planta com características xerófilas, não perde as folhas na seca e possui a vantagem de se desenvolver bem em solos de baixa fertilidade como é o caso da região do polígono das secas aqui no Nordeste brasileiro (BARROS, 1981).

Segundo NOBRE¹ (1982), a produção de alimentos para os animais e para o homem, a deposição permanente de matéria orgânica no solo, a barreira formada contra a erosão, a grande tolerância aos solos salinos, o suporte à criação apícola, o consórcio com outras culturas do semi-árido, como a palma forrageira e o capim "Buffel", a arborização e a viabilidade de sua exploração como importante essência florestal, entre outros, são fatores que justificam plenamente qualquer esforço no sentido de se racionalizar e expandir o cultivo da algaroba nesta região. BRAGA (1960) considera a algaroba como de grande valor no melhoramento dos pastos do Nordeste.

O presente trabalho tem como objetivo testar o efeito

de dosagens crescentes de fosfato de rocha, sobre a nodulação, infecção micorrízica VA e crescimento de mudas de algaroba.

REVISÃO DE LITERATURA

A importância prioritária das leguminosas na agricultura está na capacidade que essas plantas apresentam de enriquecer o solo com nitrogênio proveniente da atmosfera e pela mobilização de outros elementos que são extraídos eficientemente por elas (DÖBEREINER, 1967). Essa conversão de nitrogênio molecular N_2 da atmosfera em NH_3 nas plantas é realizada com a energia fornecida pela fotossíntese, o que significa uma grande economia de combustível que seria gasto na manufatura de um adubo nitrogenado mineral (DÖBEREINER, 1978).

Árvores fixadoras de nitrogênio podem contribuir para a alta produção de proteína, uso eficiente da água e nutrientes e proteção contra a erosão dos solos. Elas podem adicionar grandes quantidades de nitrogênio ao sistema (acima de 500 kg/ha/ano de N) e, ao mesmo tempo, retornar ao horizonte superficial o K, Ca e Mg das camadas mais profundas do solo (FRANCO, 1984).

Dentro da família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, encontramos a algaroba, denominação popular que se refere a várias espécies florestais pertencentes ao gênero Prosopis que ocorrem, em sua maioria, nas proximidades da Costa do Pacífico da América do Sul, no Chile e Peru, assim como nas regiões secas do Paraguai, Bolívia e Argentina (GALVÃO, 1982).

AZEVEDO (1955), citando BURKART (1952), refere-se à ocorrência de, aproximadamente, quarenta espécies de Prosopis distribuídas em três continentes (Ásia, África e América) dotadas de regiões quentes, de baixo regime pluviométrico e irregular distribuição de chuvas. Assinala que a algarobeira consegue ultrapassar a estiagem sem perder as folhas, produzindo satisfatoriamente, fato incomum na quase totalidade das espécies forrageiras do Nordeste brasileiro.

No Nordeste do Brasil a algarobeira (Prosopis juliflora (SW.) DC.) foi introduzida há exatamente quarenta anos, sendo considerada uma das espécies vegetais de maiores potencialidades econômicas para o semi-árido nordestino (NOBRE, 1982).

CORREA (1926) descreve, botanicamente, a algarobeira (Prosopis juliflora (SW.) DC.) como: árvore de caule tortuoso de 6 a 8m de altura, dotada de espinhos axilares, isolados ou geminados de 6 a 8 cm de comprimento, raras vezes inerme; casca pardo-avermelhada, fendida, escamosa e grossa; folhas bipenadas, 1 juga, poucas vezes 2, folíolos com 6 a 30 jugos, linear oblongos, separados entre si, por longo raque; flores amarelo-pálidas dispostas em espigas axilares cilíndricas, de 7cm, o fruto é uma vagem achatada, um tanto curvada e comprida, com depressões entre as sementes, medindo até 20 cm de comprimento.

De acordo com citações de AZEVEDO (1955), BRAGA (1960) e GOMES (1961), a expansão do gênero Prosopis, no Nordeste brasileiro, ocorreu, inicialmente, no Estado de Pernambuco, em 1942 (no município de Serra Talhada); no Rio Grande do Norte em 1947 (na Fazenda São Miguel, município de Angicos) e no Ceará em 1954. As primeiras sementes de algarobeira plantadas na região teriam sido trazidas do Peru e, em menor escala, do Sudão.

Considerada como a essência florestal ideal para a região Nordeste, a algarobeira apresenta crescimento rápido e mantém-se sempre verde e em frutificação nas mais severas condições de solo e de déficit hídrico, enriquecendo o solo de nitrogênio proveniente do ar atmosférico. É uma planta de extrema rusticidade, adaptando-se a solos paupérrimos, excessivamente arenosos, salitrados e em solos pedregosos (GOMES, 1961). VALDÍZIA (1972) afirma que os solos de alta fertilidade não são adequados para o cultivo de algarobeira, pois nesses solos a planta destina maior parte de suas reservas à formação de folhas e ramos, em detrimento da produção de vagens. Portanto, é recomendável cultivá-la em solos de média a baixa fertilidade com o objetivo de reduzir a copa e aumentar a produção de vagens.

FELKER (1984), numa revisão feita no período compreendido entre 1980 e 1983, para áreas semi-áridas, obteve muitas informações sobre a produção de vagens, fixação de N_2 em condições naturais e nutrição mineral desta Mimosoideae. Os resultados iniciais obtidos em pequenas parcelas indicaram uma produção de biomassa de Prosopis entre 10 a 13 toneladas de peso seco por hectare/ano. AZEVEDO (1960), OTERO (1961), BUZO et alii (1972), ALVES (1972) e VALDÍZIA (1978) assinalam a grande variação de produtividade da algarobeira numa mesma e em diferentes áreas de cultivo. AZEVEDO (1960) e OTERO (1961) salientam que, no Rio Grande do Norte, foram obtidas produções anuais de vagens de algaroba em torno de 6.000 kg/ha, com uma média de 15kg/árvore de cinco anos. Segundo GOMES (1961), no Peru a vagem de algaroba é considerada um alimento concentrado e, juntamente com as ramas, constituem a maior fonte de alimentação para os animais nas épocas secas.

GOWDA & RAMASWAMY (1960) informam que, na Índia, a algarobeira recebe especial atenção como espécie recuperadora de terras áridas e erodidas. Seus modestos requerimentos de solo e umidade, rápido crescimento e potencialidade para grandes produções a baixo custo, têm-se notabilizado naquele país, sendo amplamente cultivada em determinadas áreas. AZEVEDO (1955), WASSEL et alii (1972) e GOMES (1977) referem-se à algaroba como importante alimento humano e animal no Peru, Chile, Argentina, Brasil e Norte da Nigéria. Assinalam a utilização da algaroba na forma de pão, "café", refresco, aluá, aguardente e farinha, esta última dotada de grande riqueza de cálcio, tiamina (vitamina B_1) e riboflavina (vitamina B_2).

A ocorrência de nódulos, nas leguminosas não é um fenômeno generalizado. Das 45 espécies do gênero Prosopis, pelo menos 12 já foram observadas com nódulos (ALLEN, 1981; FELKER & CLARK, 1980). WILSON (1939), citado por FRANCO (1982), foi o primeiro a observar plantas do gênero Prosopis com nódulos, sendo que só recentemente, BAYLEY (1976) observou uma correlação entre a abundância destes e o crescimento das plantas.

FELKER & CLARK (1980) mediram a atividade da nitrogena

se pela redução do acetileno, de 12 espécies de Prosopis noduladas por uma estirpe de Rhizobium isolada de algaroba, incluindo entre elas Prosopis grandulosa var. Torreyana Benson e P. velutina (Woot.) Sarg. A eficiência da simbiose variou com a espécie e com a variedade dentro da espécie.

Sendo a algaroba uma planta introduzida, importante se torna buscar estirpes de Rhizobium específicas e eficientes. Além disso, a experiência com outras espécies mostram que, mesmo com plantas cultivadas por muitos anos no mesmo local, apenas 20 a 30% dos nódulos formados por estirpes nativas são efetivos, enquanto que nas mesmas condições esta percentagem pode ser aumentada para 60 a 80% de nódulos efetivos, com uma inoculação bem feita (RAO et alii, 1982). Em algaroba, a presença de Rhizobium específico e efetivo na planta jovem através de inoculação, torna-se importante, pois evidências do trabalho de FELKER & CLARK (1982) indicam que os nódulos se deslocam para o subsolo, acompanhando as raízes, onde a atividade microbiana e, conseqüentemente, a presença do Rhizobium autóctone é restrita. O Rhizobium que produz nódulos em algaroba é de crescimento lento, produzindo reação alcalina em meio YMA (extrato de levedura e manitol agarizado), típico do Rhizobium da soja e do grupo "COWPEA" (FRANCO, 1982).

Estudando o desempenho de dezenove estirpes de Rhizobium sp., em simbiose com Prosopis juliflora, plantada em areia de rio não esterilizada, VASCONCELOS et alii (1984a) observaram que todas as plantas estavam noduladas. Todavia, entre os tratamentos inoculados, três estirpes mostraram-se superiores em relação às demais, UFC-987.52, UFC-992.52 e UFC-1001.52, credenciando-as na seleção de estirpes para a produção de inoculantes para a algaroba no Nordeste brasileiro.

ALLOS & BARTHOLOMEU (1955), citados por GUSS & DÖBE - REINER (1972), afirmam que altos níveis de nitrogênio mineral reduzem o número de nódulos, inibindo o seu desenvolvimento e a fixação simbiótica.

RUSCHEL et alii (1974) verificaram que a utilização

de fertilizantes nitrogenados prejudicou a nodulação de soja, porém sem inibir completamente a função da nitrogenase nos nódulos desenvolvidos. Contudo, notaram que as plantas que receberam nitrogênio como fertilizante tiveram um aumento no seu conteúdo total de nitrogênio em relação às que não o receberam, podendo isto ser um indicativo de um efeito sinérgico entre a absorção do nitrogênio do solo e a fixação do nitrogênio atmosférico.

A algaroba, além de fixar o nitrogênio atmosférico em simbiose com bactérias do gênero Rhizobium, se associa simbioticamente com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (VAS CONCELOS et alii, 1984b).

SCHENCK & HINSON (1973), trabalhando com soja, verificaram que a inoculação com fungos micorrízicos VA, aumentou a produção de nódulos. Evidências sugerem que a infecção micorrízica pode elevar a taxa de fixação do nitrogênio por Rhizobium em leguminosas. Contudo, até agora, não existem evidências de que fungos micorrízicos VA sejam capazes de fixar nitrogênio, e tem-se frequentemente, observado que deficiência de nitrogênio pode ocorrer mesmo em plantas micorrizadas e sob condições controladas. A propósito, BAYLIS (1959; 1967) registra uma pequena percentagem de nitrogênio em plantas micorrizadas de Griselinia, Podocarpus, Coprosma, Pittoporum e Myrsine, contudo ROSS & HARPER (1970) e ROSS (1971) encontraram significativa concentração de nitrogênio em soja micorrizada.

SMITH E DAFT (1977), trabalhando com Medicago sativa, verificaram que a inoculação conjunta de fungos micorrízicos VA e Rhizobium produziu efeitos positivos sobre o crescimento da planta. Todavia, os resultados indicam a importância do fator tempo no desenvolvimento desta tríplice simbiose. Como as leguminosas requerem elevado nível de fósforo para que se desenvolva o processo de nodulação é provável que a infecção micorrízica possa afetar o processo de nodulação e também regular a resposta micorrízica nas leguminosas. MOSSE (1977), mostrou evidências de que a inoculação micorrízica VA, associada a suprimento de rocha fosfatada, estimula o crescimento e a

nodulação de leguminosas. O mecanismo pelo qual as micorrizas VA estimulam o desenvolvimento de leguminosas, é sem dúvida através do aumento da assimilação de fósforo pelas raízes, todavia as micorrizas VA proporcionam efeitos secundários de natureza ainda desconhecida (ASIMI, 1980).

CRUSH (1974) comprovou que diversas leguminosas apresentam melhor nodulação e mais elevada atividade da nitrogênase, bem como maiores peso seco e conteúdo de fósforo, quando associadas com o fungo micorrízico VA (Glomus sp.).

Em condições naturais, o maior efeito da colonização micorrízica nas leguminosas é o aumento na absorção de fósforo (LOPES et alii, 1983). O suprimento de fósforo em níveis crescentes aumenta a fixação de nitrogênio em trevo subterrâneo, pelos seus efeitos sobre a leguminosa e não na bactéria associada ou no funcionamento dos nódulos (ROBSON et alii, 1981).

Nodulação, fixação do nitrogênio pelo Rhizobium e o aumento do conteúdo de nitrogênio na planta, necessitam de energia na forma de ATP, que é incrementada pela maior absorção de fósforo, através da associação micorrízica VA e da adição de adubos fosfatados (GIBSON, 1976).

A associação micorrízica vesículo-arbuscular sendo o tipo mais comum de associação benéfica existente entre fungos e raízes de plantas, tem sua importância vinculada principalmente à sua capacidade de aumentar a assimilação de diversos nutrientes pelo sistema radicular das plantas superiores, notadamente o fósforo (MOSSE, 1973). Esse aumento na absorção de fósforo e outros nutrientes pelas plantas micorrizadas deve-se a um aumento na área de absorção proporcionado pelas hifas do fungo micorrízico. Como consequência desse aumento na absorção, principalmente do fósforo, nota-se um melhor desenvolvimento da planta hospedeira (GERDEMANN, 1968). Estima-se que com hifas de 2mm de comprimento de 25µm de diâmetro, a absorção é incrementada sessenta vezes se a difusão for o fator limitante (BIELESKI, 1973).

A constatação da presença dos fungos micorrízicos VA no córtex radicular apresenta uma certa dificuldade, uma vez que o fungo praticamente não causa alterações visuais nas raízes. Além disso, sendo um simbiote obrigatório, o fungo não cresce em meios de cultura normalmente usados para o isolamento de fungos do solo ou de raízes. Para se verificar a colonização, as raízes têm que ser devidamente clarificadas, coradas e observadas microscopicamente (PHILLIPS & HAYMAN, 1970). No solo, a presença do fungo é constatada através de peneiramento por via úmida e observações microscópicas do material retido nas peneiras (GERDEMANN & NICHOLSON, 1963) e pela centrifugação em sacarose (JENKINS, 1964).

A persistência de determinado fungo no solo depende das condições climáticas e edáficas do local. MIRANDA (1981), estudando a ocorrência dos fungos micorrízicos VA em solos de cerrado no Distrito Federal, observou que eles ocorrem naturalmente no solo, e sua multiplicação, assim como o provável benefício da associação micorrízica na absorção de fósforo pelas plantas, estaria vinculada a condições adequadas de manejo e uso do solo. Por outro lado, existem razões para se suspeitar que há certa especificidade entre o endófito e a planta hospedeira. Conseqüentemente, antes da introdução de fungos micorrízicos VA, é necessário conduzir testes de adaptação às condições ambientais, estudos de afinidade pela planta hospedeira e ensaios comparativos de eficiência entre a espécie alienígena e população indígena (MOSSE, 1973). O crescimento das plantas pode ser mais estimulado em solos contendo elevada população de esporos do que em solos com poucos esporos, podendo o mesmo ser incrementado pela população nativa ou, ainda, pela introdução de espécies que sejam mais eficientes em relação a um determinado hospedeiro (DAFT & NICHOLSON, 1969 b; SCHENCK & HINSON, 1973).

ALMEIDA et alii (1985), em experimento visando a seleção de fungos micorrízicos VA para a inoculação em algaroba, envolvendo 9 fungos micorrízicos VA introduzidos e indígenas, observaram um melhor desempenho de Glomus macrocarpum

(introduzido) e Gigaspora sp. (indígena) com relação ao grau de infecção micorrízica e peso seco da parte aérea das plantas inoculadas.

MENDES FILHO (1985), trabalhando com sabiá (Mimosa caesalpiniaefolia Benth, verificou que o fungo micorrízico Glomus macrocarpum, foi eficiente na associação simbiótica com referida leguminosa, tendo seu efeito, em plantas inoculadas com Rhizobium, sido equivalente ao de uma adubação química fosfatada.

A esterilização do solo geralmente pode beneficiar o desenvolvimento das plantas, devido às modificações químicas que causa no solo, especialmente aumentando o conteúdo de NH_4^+ e promovendo uma intensa decomposição da matéria orgânica, bem como a eliminação de patógenos e de bactérias nitrificadoras (DOMMARGUES et alii, 1979). A inoculação de fungos micorrízicos VA pode ser mais favorecida em solo esterilizado do que em solo não esterilizado, podendo isto ser atribuído principalmente a menor competição com outros microrganismos do solo (ISLAM, 1977).

MOSSE et alii (1969), trabalhando com plantas inoculadas em sementeira esterilizada, verificaram que após o transplante para o solo não esterilizado, as plantas inoculadas com fungos micorrízicos VA cresceram mais do que as plantas não inoculadas. Afirmam, também, que a inoculação de um solo não esterilizado pode beneficiar o crescimento das plantas quando a população de endófitos nativos é pequena ou de baixa eficiência. Experimentos em vasos, com solo não esterilizado, têm sido usados como um passo preliminar para a inoculação em campo, fornecendo informações sobre o estabelecimento do endófito e sua habilidade de utilizar o fósforo adicionado ao solo como fertilizante (MOSSE, 1981).

MOSSE (1973a) cita que muitas plantas absorvem mais fósforo e crescem melhor em solos contendo pouco fósforo disponível, quando são inoculadas com endófitos vesículo-arbusculares.

Plantas micorrizadas crescendo em solos deficientes em nutrientes, particularmente o fósforo, têm sido encontradas com elevado conteúdo de fósforo total e, em alguns casos, elevada percentagem de fosfato, ao contrário de plantas não micorrizadas. Trabalhos têm sido dirigidos no sentido de se analisar o meio pelo qual este aumento na absorção de fósforo ocorre (TIKER, 1975).

Em experimentos em casa-de-vegetação, MIRANDA et alii (1984), observaram que a associação com micorrizas VA decresce com o aumento da dose de fósforo aplicada. Os incrementos em rendimento de matéria seca e absorção de fósforo pelas plantas infectadas, em solo natural e esterilizado, ocorrem somente com baixa dose de fósforo aplicado.

MOSSE (1973b) observou uma redução no grau de infecção das raízes pelos fungos micorrízicos VA em níveis mais elevados de fósforo disponível no solo. Isso sugere a necessidade de melhor identificação do nível da adubação fosfatada em que a associação endomicorrízica permitiria melhor eficiência de absorção de fósforo pela planta.

ISLAM et alii (1980), estudando o efeito sobre o caupi, da inoculação micorrízica e adubação fosfatada, observaram que a aplicação de fosfato reduziu o grau de infecção micorrízica durante o subsequente crescimento das plantas no campo. Nodulação, fixação de nitrogênio e utilização de fosfato de rocha foram aumentadas pela inoculação com fungos micorrízicos VA em experimentos de vasos.

SILVA et alii (1984), estudando o efeito de dosagens crescentes de fosfato de rocha e de fosfato solúvel sobre a nodulação, infecção micorrízica VA e o desenvolvimento de mudas de bracatinga, sabiã e algaroba, constataram que a mistura fosfato de rocha - solo arenoso, na proporção de 4:1 favoreceu a altura e o peso seco da parte aérea dessas plantas, sendo que a nodulação e a percentagem de infecção micorrízica VA em algaroba foram reduzidas nos tratamentos com altas concentrações de fosfato de rocha.

CARDOSO (1985), estudando o efeito de fungos micorrízicos VA isolados e em combinação com fosfato de rocha, sobre o desenvolvimento da soja e a simbiose soja-Rhizobium, verificou que tanto a micorriza quanto o fosfato de rocha conduziram a aumentos de pesos da matéria seca da parte aérea das plantas, de sementes, do número e peso de nódulos e da concentração de fósforo na matéria seca das plantas.

Estudos sobre o efeito residual de uma adubação fosfatada merecem especial atenção, pois a relação existente entre a dose de fósforo aplicada e seu efeito residual ainda não está bem estabelecida. YOST et alii (1979), em experimentos de campo, com milho, observaram que em doses mais baixas de fósforo e efeito residual do superfosfato simples foi menor do que em doses mais elevadas. O efeito residual pode ser diferente quando se consideram fontes de fósforo de baixa solubilidade comparadas às solúveis. No caso dos fosfatos naturais sua solubilidade aumenta com o passar do tempo, sendo seu efeito refletido pelo aumento da produtividade das culturas (ENGELTAD et alii, 1974 & GOEDERT, 1983, citados por GOEDERT & SOUSA, 1984). O comportamento quanto ao efeito residual de uma fonte solúvel e outra pouco solúvel pode ser semelhante se a espécie com a qual se está avaliando este efeito for uma cultura perene (GOEDERT & SOUSA, 1984).

Uma característica do solo que influi bastante numa adubação fosfatada é o pH. A acidez produzida na rizosfera das plantas fixadoras de N pode aumentar a eficiência da utilização de fosfatos naturais pouco solúveis, tanto para culturas intercalares, como para culturas de sucessão (FRANCO, 1984). Dados de OLIVEIRA (1981) indicam que o aumento do pH incrementou os efeitos imediatos e residuais do superfosfato triplo. Este comportamento do pH em função do efeito imediato e residual para fontes de fósforo solúvel é de tendência inversa ou de pouca influência quando comparada com fontes pouco solúveis. GOEDERT & LOBATO (1980) observaram uma tendência de redução na eficiência do fosfato natural com o aumento do pH, na cultura da soja.

Resultados recentes de SILVA et alii (1983a) mostraram diferenças entre espécies de leguminosas em acumular P, quando crescendo em solo com alta capacidade de fixação deste elemento ou onde foi adicionado fosfato pouco solúvel. Esta diferença poderia ser explicada por diferenças na acidez da rizosfera. A grande vantagem neste sistema seria que o fosfato solubilizado na rizosfera seria imediatamente absorvido pela raiz, diminuindo a possibilidade de imobilização de fósforo em óxidos de Fe e Al, principalmente em solos com alta capacidade de fixação de fósforo.

MOSSE et alii (1976) observaram que a combinação de Glomus fasciculatus e rocha fosfatada aumentou a nodulação e fixação de N, bem como o crescimento e absorção de P em estilosantes, quando este era plantado em solo de cerrado com baixo nível de fósforo. Verificaram, ainda, que somente as plantas inoculadas com fungos micorrízicos VA foram hábeis para nodular em condições de solo deficiente em fósforo. ARIYARATNE (1979), estudando o crescimento e a nodulação de Pueraria e Stylosanthes e, também, a atividade da nitrogenase em Pueraria, observou que, num solo tratado com brometo de metila, o crescimento das plantas foi maior naquelas que foram infectadas com fungos micorrízicos VA ou que receberam elevadas quantidades de fosfato de rocha, na base de 500mg/kg de solo.

GOEPFERT (1971), em experimento conduzido com um Podzólico Vermelho-Amarelo, constatou um efeito estimulante do fósforo no aumento de peso seco dos nódulos e no rendimento da soja. FRANÇA & CARVALHO (1970), observando o desenvolvimento de cinco leguminosas em solos de cerrado, verificaram que a deficiência de fósforo promoveu a redução do peso de nódulos, teor de nitrogênio e massa seca de todas as plantas. A aplicação de nitrogênio mineral reduziu o peso dos nódulos, embora tenha levado o teor deste elemento na parte aérea.

CRISÓSTOMO & ALBUQUERQUE (1971) verificaram que a deficiência de fósforo causou a diminuição no peso seco, nitrogênio total e nodulação em siratro (Macroptilium atropurpureum DC.) cultivado em quatro tipos de solos do Ceará.

GATES (1974) constatou a importância do fósforo na nodulação e crescimento de Stylosanthes humilis H.B.K., observando, também, que o referido elemento incrementou a assimilação do nitrogênio, enquanto que a adição de enxofre, aparentemente não influenciou o crescimento das plantas.

SILVA et alii (1983b), com o objetivo de verificar se a adição de enxofre poderia favorecer uma melhor liberação de fósforo não solúvel do Fosfato de Patos de Minas, utilizado em dose média de 2 vezes o P_2O_5 total observaram que a adição de enxofre ao Fosfato de Patos, nas doses de 20, 40 e 80g/cova de enxofre, proporcionou um aumento em até 46% de produção em relação à aplicação somente do Fosfato de Patos. Conforme ALEXANDER (1977), o processo de oxidação do enxofre elementar fundamenta-se na atuação de bactérias, especialmente do gênero Thiobacillus, que promovem a acidificação do solo com a consequente liberação de fósforo solúvel existente no fosfato de rocha.

MATERIAL E MÉTODOS

Para se avaliar o efeito de dosagens crescentes de fosfato de rocha sobre a nodulação, infecção micorrízica VA e crescimento da algaroba (Prosopis juliflora (SW.) DC.), foram instalados dois experimentos em casa-de-vegetação, localizada no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.

Para ambos os experimentos, foi utilizado um Podzólico Bruno Acinzentado, textura arenosa média (LIMA et alii, 1980), proveniente do Campus do Pici, Fortaleza, com 10ppm de fósforo disponível, conforme análise do Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

Foi adotado um delineamento estatístico inteiramente casualizado, com 16 tratamentos e 5 repetições, em dois experimentos distintos (Quadro 1). Os resultados foram avaliados estatisticamente pelos testes "F" e Tukey aos níveis de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente (ALBUQUERQUE, 1980).

Os experimentos foram conduzidos simultaneamente e sob as mesmas condições ambientais. As sementes de algaroba foram escarificadas com ácido sulfúrico comercial 65°Bé, por um período de 5 minutos e, em seguida, imersas em uma solução de hipoclorito de sódio por 10 minutos, para a eliminação de agentes contaminantes, após o que foram lavadas em água destilada.

A semeadura processou-se inicialmente em bandejas - sementeiras, verificando-se nesta fase do trabalho a diferenciação entre os dois experimentos, ou seja, a utilização de sementeira com solo esterilizado para o experimento I e sementeira com solo não esterilizado, para o experimento II, de acordo com o Quadro 1.

QUADRO 1 - Tratamentos realizados em solo Podzólico Bruno A cinzentado, textura arenosa média, não esterilizado, cultivado com Algaroba (Prosopis juliflora (SW.) DC.), utilizando-se plântulas oriundas de sementeira esterilizada (Exper. I) e plântulas oriundas de sementeira não esterilizada (Exper. II). Fortaleza, 1985.

T R A T A M E N T O S

Solo não inoculado e não adubado (Testemunha)
 Solo não inoculado e adubado com Uréia (80kg/ha de N)
 Solo não inoculado e adubado com Enxofre (153kg/ha de Enxofre elementar)
 Solo não inoculado e adubado com Superfosfato triplo (400kg/ha de P₂O₅ total)
 Solo não inoculado e adubado com Fosfato de rocha (400kg/ha de P₂O₅ total)
 Solo inoculado com Rh.
 Solo inoculado com G.m.
 Solo inoculado com Rh. + G.m.
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%
 Solo inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S

Rh. - Rhizobium sp., mistura das estirpes: UFC-987.52, UFC-992.52 e UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

S - Enxofre elementar

A esterilização do solo utilizado na sementeira do experimento I foi realizada em autoclave por 2 horas, à uma temperatura de 120°C e 1 atm de pressão, e sua utilização só ocorreu 2 semanas após este processo.

A inoculação com fungos micorrízicos VA foi procedida nas sementeiras, que tinham capacidade para 21kg de solo. A quantidade de inóculo utilizado por sementeira foi de 3kg de inóculo (porções de solo contendo raízes infectadas e esporos de Glomus macrocarpum multiplicado em Stylosanthes humilis H. B. K.), distribuído em faixas no interior da sementeira, cobertas com solo, sobre as quais se plantou as sementes. O inóculo foi posicionado cerca de 4cm, aproximadamente, abaixo do local do plantio das sementes. O fungo micorrízico utilizado como inóculo foi a espécie Glomus macrocarpum, selecionada com base nos resultados obtidos em casa-de-vegetação (ALMEIDA et alii (1985)).

Decorrido um período inicial de 8 dias após a germinação das sementes, as platinhas foram selecionadas de acordo com a uniformidade de tamanho e vigor e transplantadas para sacos de polietileno, contendo 3kg de solo não esterilizado, o mesmo empregado para as sementeiras, e os fertilizantes. Transplantou-se 2 plantas por saco de polietileno de modo que as plântulas tivessem suas raízes envolvidas pelo bloco de solo que continha o inóculo micorrízico VA.

Os fertilizantes usados foram misturados ao solo, de acordo com os tratamentos indicados no Quadro 1. Como fertilizantes fosfatados foram empregados:

- Superfosfato triplo, com 45% de P_2O_5 solúvel, como fonte de fósforo de alta solubilidade, na dosagem equivalente a 400 kg de P_2O_5 total por hectare (SUBRAMANIAM & GOPALA REDDI, 1979).

- Fosfato de rocha, com 35,93% de P_2O_5 total e 4,40 e 0,20% de solubilidade em ácido cítrico e água, respectivamente, como fonte de fósforo de baixa solubilidade, empregado na dosagem de 400kg de P_2O_5 total por hectare (0,05%) e nas

seguintes concentrações: 5%, 10%, 30% e 50% do peso total do solo. Para cada uma destas concentrações foi empregado um tratamento semelhante, associado com enxofre elementar, numa proporção equivalente a 153kg/ha (CUNE, 1981). O fertilizante nitrogenado utilizado foi a uréia, na dosagem de 80kg/ha de N.

Após o transplântio, foi realizada a inoculação com Rhizobium sp., adicionado ao solo na forma de uma mistura de três estirpes: UFC-987.52, UFC-992.52 e UFC-1001.52, consideradas, as mais eficientes para a algaroba de acordo com VASCONCELOS et alii (1984a). Referidas estirpes foram desenvolvidas em meio "79" líquido (ALLEN, 1957), com azul de bromotimol e mantidas sob agitação durante 4 dias, à temperatura ambiente. A inoculação foi feita colocando-se 2 ml da mistura inoculante líquida, na base de cada planta.

Decorridos 15 dias, após o plantio inicial, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas 1 planta por saco. Durante o desenvolvimento das plantas, estas foram supridas semanalmente com solução nutritiva de Hewitt (HEWITT, 1966), insenta de nitrogênio e fósforo, na proporção de 5ml por quilo grama de solo.

A irrigação dos experimentos foi procedida periodicamente com água de abastecimento do Campus do Pici, mantendo-se, a umidade do solo, próximo à capacidade de campo.

A temperatura do solo, tomada às 10 e às 15 horas, foi medida de duas a três vezes por semana, durante o período que duraram os experimentos. Estes foram conduzidos de janeiro a maio de 1985 e tiveram uma duração de 120 dias, do plantio à colheita, ocasião em que foram avaliados os seguintes parâmetros: altura das plantas, peso seco da parte aérea, conteúdo de fósforo total na parte aérea (CHAPMANN & PRATT, 1961), conteúdo de nitrogênio total na parte aérea (LOTT et alii, 1956), peso seco de nódulos e percentagem de infecção micorrízica VA (PHILLIPS & HAYMANN, 1970), complementada pelos critérios de ASIMI (1979).

A presença dos fungos micorrízicos VA nas plantas, foi comprovada através da observação de vesículas, arbúsculos e micélio, característicos desta infecção no córtex radicular. Os dados sobre infecção micorrízica VA foram avaliados, em termos percentuais, tomando-se por referência três graus: baixo (até 29% de infecção radicular), médio (de 30 a 69% de infecção radicular) e alto (acima de 70% de infecção radicular).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Experimento I, em que foi feito o plantio em sementeira com solo esterilizado, observou-se, aparentemente, um maior incremento no desenvolvimento inicial das plântulas, sendo esse efeito menor no Experimento II, em que a semeadura foi realizada em uma sementeira com solo não esterilizado. Este maior estímulo inicial no desenvolvimento das plantas do Experimento I pode ser atribuído à ausência de competição por nutrientes pelos microrganismos do solo esterilizado, concordando com MOSSE et alii (1969).

Os resultados obtidos com a análise estatística de cada parâmetro estão discriminados nos Anexos dos Experimentos I e II e mostram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade. Os valores médios de cada parâmetro avaliado, encontram-se nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 para o Experimento I e nas Tabelas 8, 9, 10 e 11 para o experimento II. Na Tabela 6 são mostrados todos os dados referentes ao Experimento I, enquanto os dados em conjunto do Experimento II encontram-se na Tabela 12.

Os valores da temperatura do solo, que foi medida durante o tempo em que duraram os experimentos, variaram de 25-35°C, faixa de temperatura esta, tolerável, tanto para o fungo quanto para a bactéria (SCHENCK & SCHRODER, 1974) e (MINCHIN et alii, 1976).

Por ocasião da colheita dos experimentos, foram registradas a presença de nodulação e infecção micorrízica VA em todos os tratamentos, inclusive nas plantas não inoculadas com Rhizobium e fungos micorrízicos VA, indicando uma infecção natural dos microrganismos do solo, concordando com VASCONCELOS et alii (1984b), que constataram a ocorrência de algaroba nodulada eficientemente em diversos solos do Ceará, as

sociada à infecção de fungos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares.

Os dados sobre a percentagem e grau de infecção micorrízica VA nas raízes das plantas dos Experimentos I e II, encontram-se no Quadro 2.

Embora todas as plantas dos dois experimentos tenham mostrado colonização radicular, os maiores índices de infecção micorrízica VA, ocorreram nos tratamentos Fosfato de rocha 5% e 10%, 30% e 30% + S para o Experimento I e Fosfato de rocha 10% e 10% + S, 30% e 30% + S para o Experimento II. Os tratamentos inoculados com Rhizobium sp., Inoculado com Glomus macrocarpum e Inoculado com Rhizobium sp. + Glomus macrocarpum, apresentaram valores médios de infecção radicular em ambos os experimentos.

Baixos a médios valores de infecção radicular, foram encontrados nos tratamentos em que foi feita uma adubação com Superfosfato triplo e adubação com Fosfato de rocha na dosagem de 50% para ambos os experimentos. Isso sugere uma redução no grau de infecção das raízes pelos fungos micorrízicos VA em função dos elevados teores de fósforo no solo (MOSSE, 1973). O mecanismo que atua na relação entre a infecção de raízes pelos fungos micorrízicos VA e as doses de fósforo aplicadas ao solo não é bem conhecido, mas já se preconiza que esteja relacionado ao nível interno de fósforo na planta (MENGE et alii, 1978).

Acréscimo significativo do rendimento de matéria seca e de absorção de fósforo, foi verificado tanto nas plantas da sementeira com solo natural quanto nas plantas da sementeira com solo esterilizado, em função do aumento da adubação fosfatada. As plantas inoculadas absorveram mais fósforo e produziram mais matéria seca do que as não inoculadas. Esse comportamento foi semelhante para os solos da sementeira com solo não esterilizado e da sementeira com solo esterilizado.

QUADRO 2 - Percentagem e grau de infecção micorrízica VA das raízes das plantas dos Experimentos I e II. Médias de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II	
	(%)	(GRAU)	(%)	(GRAU)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	15	Baixo	12	Baixo
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	40	Médio	52	Médio
Não Inoculado e Adubado com S	42	Médio	32	Médio
Não Inoculado e Adubado com SFT	18	Baixo	20	Baixo
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05% (ra)	35	Médio	22	Baixo
Inoculado com Rh.	60	Médio	48	Médio
Inoculado com G.m.	68	Médio	28	Baixo
Inoculado com Rh. + G.m.	60	Médio	50	Médio
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	79	Alto	64	Médio
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	76	Alto	60	Médio
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	78	Alto	72	Alto
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	75	Alto	74	Alto
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	72	Alto	70	Alto
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	73	Alto	71	Alto
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	36	Médio	30	Médio
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	40	Médio	20	Baixo

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de Rocha

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

Observações visuais da quantidade, tamanho, posição em relação às raízes e eficiência, esta aferida, sobretudo, pela coloração interna (presença de leghemoglobina) dos nódulos, registraram a presença de nódulos eficientes em todos os tratamentos, inclusive naqueles não inoculados com Rhizobium sp. o que demonstra a atuação da população de rizóbios nativos infectando eficientemente as plantas. Com relação às estirpes de Rhizobium sp. da algaroba utilizadas no presente trabalho, verificou-se que as mesmas apresentam crescimento rápido e são produtoras de ácido (SOMASEGARAN & HOBEN, 1985), discordando de FRANCO (1982). A análise estatística dos dados de peso seco de nódulos, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, comprovou que os mais elevados graus de nodulação foram registrados nos tratamentos em que o fosfato de rocha foi utilizado nas dosagens de 30% e 10%, para os Experimentos I e II, respectivamente, associado à inoculação conjunta de Rhizobium sp. e Glomus macrocarpum. Referidos tratamentos foram estatisticamente diferentes da Testemunha que apresentou os menores valores de peso seco de nódulos. Acredita-se que o efeito benéfico dos fungos micorrízicos VA no processo de nodulação, está associado ao melhor estado nutricional da planta devido à transferência de fósforo adicionado ao solo, através da associação micorrízica VA (ASAI, 1944).

A adição de enxofre elementar, na maioria dos parâmetros analisados, apresentou resultados inconsistentes com relação à infecção micorrízica, nodulação e crescimento das plantas. GATES (1974) também observou que o enxofre tinha pouca influência sobre as plantas com relação à nodulação. Esses resultados despertam interesse e poderão ser investigados em trabalhos futuros.

EXPERIMENTO I

ALTURA DE PLANTAS

Os dados de altura das plantas do Experimento I encontram-se na Tabela 1.

Os menores valores de altura de plantas foram verificados no tratamento Testemunha (54,20cm). Todos os tratamentos Inoculados e Não Adubados apresentaram valores médios superiores ao tratamento Testemunha, contudo não foram estatisticamente diferentes deste, conforme análise estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os tratamentos Inoculados e Adubados com Fosfato de rocha em níveis crescentes de 5%, 10%, 30% e 50%, com e sem Enxofre, foram os que apresentaram os maiores valores de altura de plantas e foram estatisticamente diferentes da testemunha. Dentre os níveis de fosfato de rocha acima citados podemos destacar o Fosfato de rocha 10% + S, com um valor médio de 86,40cm de altura de plantas, seguido dos tratamentos Fosfato de rocha 30% (81,60cm) e Fosfato de rocha 30% + S (80,80cm), demonstrando, com isso, o efeito de elevado teor de Fosfato de rocha, aliado à inoculação conjunta de Rhizobium sp. e Glomus macrocarpum.

Os tratamentos Inoculado com Rhizobium sp. e Inoculado com Glomus macrocarpum não apresentaram diferença estatística significativa dos tratamentos Não Inoculados e Adubados com Nitrogênio e Não Inoculado e Adubado com Superfosfato triplo, respectivamente.

TABELA 1 - Altura da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Médias de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Altura (cm)	Altura Relativa (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	54,20f*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	71,00bcdef	131,00
Não Inoculado e Adubado com S	65,40cdef	121,00
Não Inoculado e Adubado com SFT	74,40abcde	137,00
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05% (ra)	63,20def	117,00
Inoculado com Rh.	67,20bcdef	124,00
Inoculado com G.m.	68,00bcdef	125,00
Inoculado com Rh. + G.m.	61,60ef	114,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	80,40abcd	148,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	71,80abcde	132,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	73,20abcde	135,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	86,40a	159,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	81,60ab	150,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	80,80abc	149,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	76,40abcd	141,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	74,40abcde	137,00
CV	11,32	
DMS	18,04	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

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

PESO SECO DA PARTE AÉREA

Na Tabela 2 observam-se os dados referentes à produção de matéria da parte aérea das plantas do Experimento I.

O tratamento testemunha apresentou o menor peso seco da parte aérea (1,98g), diferindo estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade dos demais tratamentos, com exceção dos tratamentos Não Inoculado e Adubado com Fosfato de rocha (ra), Não Inoculado e Adubado com Enxofre elementar e Inoculado apenas com Rhizobium.

O máximo incremento no peso seco foi obtido no tratamento em que foi utilizada a inoculação de Rhizobium e Glomus macrocarpum juntamente com Fosfato de rocha 10% + S, que apresentou 5,38g de matéria seca, seguido dos tratamentos Fosfato de rocha 30% e 30% + S. Isso concorda com o trabalho de SILVA et alii (1984), envolvendo a associação Rhizobium-Micorriza VA-Algaroba, segundo o qual o crescimento das mudas de algaroba foi favorecido por essa associação, aliada a elevados níveis de Fosfato de rocha, adicionados ao solo.

Houve um incremento significativo de rendimento de matéria seca em função da inoculação e adubação com Fosfato de rocha nos níveis de 5%, 10%, 30% e 50% com e sem enxofre, que foram equivalentes ou superiores ao verificado no tratamento Adubado com Superfosfato triplo, demonstrando que o fósforo fornecido às plantas, apesar de oriundo de uma fonte não prontamente disponível, supriu as exigências nutricionais das mudas de algaroba.

Os tratamentos Inoculado com Rhizobium sp. e Inoculado com Glomus macrocarpum apresentaram rendimento de matéria seca estatisticamente semelhantes aos apresentados pelos tratamentos Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio e Não Inoculado e Adubado com Superfosfato triplo, respectivamente que entre os tratamentos Não Inoculados foram os que apresentaram os maiores valores de peso seco das plantas, demonstrando, com isso, a importância dos macronutrientes nitrogênio e fósforo e, con

comitantemente, da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos VA, no aumento da produção de matéria seca das plantas.

TABELA 2 - Peso seco da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Peso Seco (g)	Peso Seco Relativo (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	1,89g*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	4,08bcde	215,00
Não Inoculado e Adubado com S	2,74fg	145,00
Não Inoculado e Adubado com SFT	4,56abcd	241,00
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05% (ra)	2,81efg	149,00
Inoculado com Rh.	3,14efg	166,00
Inoculado com G.m.	3,62def	191,00
Inoculado com Rh. + G.m.	3,95cdef	209,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	5,03abcd	266,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	4,60abcd	243,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	4,03bcde	213,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	5,38a	285,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	5,25ab	279,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	5,18abc	274,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	4,74abcd	243,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	4,54abcd	440,00
CV	12,29	
DMS	1,28	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

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

CONTEÚDO DE FÓSFORO DA PARTE AÉREA

Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes ao conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento I, analisados estatisticamente, considerando-se o teste de Tukey com 5% de probabilidade.

O tratamento que apresentou o menor conteúdo de fósforo, foi a testemunha (3,85mg), destacando-se com maior conteúdo de fósforo o tratamento Adubado com Superfosfato triplo (24,36mg), seguido dos tratamentos Adubado com Fosfato de rocha 50% (23,26mg) e 30% + S (21,24mg), sendo o tratamento Inoculado e Adubado com Fosfato de rocha 50%, estatisticamente igual ao tratamento Adubado com Superfosfato triplo.

A concentração de fósforo na parte aérea foi significativamente menor nas plantas inoculadas apenas com Rhizobium (4,55mg) e apenas com Glomus macrocarpum (6,13mg), quando comparadas com a das plantas inoculadas conjuntamente com Rhizobium sp. + Glomus macrocarpum (8,59mg), sugerindo que os dois sistemas simbióticos, representados pelo rizóbio e pelo fungo micorrízico VA, interagindo sinergicamente, favoreceu o crescimento e o conteúdo de fósforo das plantas (MOSSE et alii, 1976).

Tais resultados confirmam a influência do nível de fósforo no solo, assim como o estímulo da inoculação com micorrizas vesículo-arbusculares sobre o conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas.

O enxofre elementar adicionado a alguns tratamentos, parece não ter influenciado o conteúdo de fósforo total da parte aérea, no entanto, plantas que receberam adubação nitrogenada, apresentaram um certo incremento no seu conteúdo de fósforo da parte aérea, o que é explicado pela interação entre os dois nutrientes.

TABELA 3 - Conteúdo total de fósforo na parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Conteúdo de P (mg)	Conteúdo Relativo (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	3,85h*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	6,38fg	165,71
Não Inoculado e Adubado com S	5,16gh	134,00
Não Inoculado e Adubado com SFT	24,36a	632,72
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05% (ra)	4,43h	115,06
Inoculado com Rh.	4,55h	118,18
Inoculado com G.m.	6,13g	159,22
Inoculado com Rh. + G.m.	8,59f	223,11
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	10,91e	283,37
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	14,90d	374,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	10,19e	264,67
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	14,04d	364,67
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	17,97c	466,75
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	21,24b	551,68
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	23,26a	604,15
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	17,39c	451,68
CV	6,10	
DMS	11,57	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m.- Glomus macrocarpum

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

CONTEÚDO DE NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA

A Tabela 4 mostra os dados de conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do Experimento I.

Os tratamentos que apresentaram as maiores médias de conteúdo de nitrogênio foram os tratamentos Fosfato de rocha 30% + S e 30+ com 241,22 e 241,01mg de nitrogênio, respectivamente. Referidos tratamentos, embora não diferindo estatisticamente entre si, foram significativamente diferentes dos demais tratamentos, segundo o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Esses dados confirmam trabalho de GIBSON (1976), segundo o qual a nodulação, fixação do nitrogênio pelo Rhizobium e o conseqüente aumento do conteúdo de nitrogênio na planta, necessitam de energia na forma de ATP, que é incrementada pela maior absorção de fósforo, proporcionado pelas micorrizas VA associadas à adubação com fosfatos.

Os tratamentos Inoculados e Adubados com Fosfato de rocha nos níveis de 5%, 5% + s, 10%, 10% + S, 50% e 50% + S apresentaram teores de nitrogênio na parte aérea mais elevados do que os apresentados pelos tratamentos Não Inoculados, com exceção do tratamento Adubado com Superfosfato triplo ao qual foram estatisticamente semelhantes. Isso mostra que em elevados níveis, o fósforo adicionado ao solo, na forma de fosfato de rocha, favoreceu a nodulação e o conseqüente conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas.

O tratamento que apresentou os menores valores de conteúdo de nitrogênio foi a Testemunha, que apresentou diferença estatística de todos os tratamentos, com exceção dos tratamentos Não Inoculado e Adubados com Enxofre e Não Inoculado e Adubado com Fosfato de rocha (ra).

As plantas do Tratamento Adubado com Nitrogênio tiveram um maior incremento no conteúdo de nitrogênio da parte aérea em relação à testemunha, embora não diferindo estatisticamente do tratamento inoculado apenas com Rhizobium sp. o mesmo ocorreu com o tratamento Inoculado com Glomus macrocarpum que

não apresentou diferença estatística significativa do tratamento Não Inoculado e Adubado com Superfosfato triplo, indicando um efeito equivalente da inoculação do Rhizobium em relação à adubação com nitrogênio e de Glomus macrocarpum quando comparado à adubação com Superfosfato triplo.

TABELA 4 - Conteúdo total de nitrogênio na parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Conteúdo	Conteúdo
	de N (mg)	Relativo (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	63,99i*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	138,80gf	216,90
Não Inoculado e Adubado com S	100,23hi	156,63
Não Inoculado e Adubado com SFT	200,54bcde	313,39
Não Inoculado e Adubado com FR 0,50%(ra)	93,28hi	145,77
Inoculado com Rh.	113,46gh	177,30
Inoculado com G.m.	164,41ef	256,93
Inoculado com Rh. + G.m.	168,77def	263,74
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	204,70bcd	319,89
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	203,77bcd	315,77
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	183,38cde	286,57
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	223,39b	349,10
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	241,01a	376,63
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	241,22a	376,96
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	207,64bc	324,48
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	197,83bcde	309,15
CV	9,93	
DMS	38,50	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m.- Glomus macrocarpum

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

PESO SECO DE NÓDULOS

Com relação ao peso seco dos nódulos das plantas do Experimento I os resultados são apresentados na Tabela 5.

Os maiores valores de peso seco de nódulos ocorreram nos tratamentos que receberam Superfosfato triplo e nos tratamentos em que o Fosfato de rocha foi utilizado nos níveis de 30% e 30% + S. Referidos tratamentos foram estatisticamente diferentes, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, do tratamento Testemunha, contudo, embora apresentando valores médios superiores, não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos inoculados apenas com Rhizobium sp. e inoculado apenas com Glomus macrocarpum apresentaram valores de peso seco de nódulos menores que o tratamento Inoculado com Rhizobium + Glomus macrocarpum conjuntamente. Isso evidencia o efeito desses dois microrganismos, interagindo sinergicamente, todavia não está bem definido se o efeito benéfico dos fungos micorrízicos VA na fixação simbiótica do nitrogênio em leguminosas é devido ao melhor estado nutricional da planta colonizada, ou se outro fator pode estar envolvido LOPES et alii (1980). ASIMI et alii (1980) sugeriram que a micorriza VA tem efeito sobre a bactéria, além do efeito indireto devido a maior absorção de fósforo.

Com exceção da Testemunha, que apresentou os menores valores de peso seco de nódulos, todos os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. No entanto pode-se observar que o peso seco de nódulos foi incrementado naqueles tratamentos em que foram feitas inoculação e adubação com elevados níveis de fosfato, concordando com dados de ROBSON et alii (1981), segundo os quais o suprimento de fósforo associado à inoculação com fungos micorrízicos VA, aumentam a produção de nódulos e conseqüentemente a fixação de nitrogênio atmosférico.

TABELA 5 - Peso seco de nódulos das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Peso seco de nódulos (g)	Peso seco Relativo (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	0,052b*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	0,106ab	204,00
Não Inoculado e Adubado com S	0,098ab	188,00
Não Inoculado e Adubado com SFT	0,124a	238,00
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05%(ra)	0,084ab	161,00
Inoculado com Rh.	0,086ab	165,00
Inoculado com G.m.	0,094ab	181,00
Inoculado com Rh. + G.m.	0,114ab	219,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	0,088ab	169,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	0,098ab	188,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	0,114ab	219,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	0,128a	246,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	0,146a	281,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	0,138a	265,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	0,134a	252,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	0,126a	245,00
CV	26,60	
DMS	0,06	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

(*) - Tratamentos seguidos de uma mesma letra não difere entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 6 - Peso seco, altura da parte aérea, conteúdos totais de nitrogênio e fósforo da parte aérea, peso seco de nódulos das plantas do Experimento I. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

	Peso Seco	Altura	Conteúdo de P	Conteúdo de N	Peso Seco de Nódulos
	(g)	(cm)	(mg)		(g)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	1,89g*	54,20f	3,85h	63,99i	0,052b
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	4,08bcde	71,00bcdef	6,38fg	138,80gf	0,106ab
Não Inoculado e Adubado com S	2,74fg	65,40cdef	5,16gh	100,23hi	0,098ab
Não Inoculado e Adubado com SFT	4,56abcd	74,40abcde	24,36a	200,54bcde	0,124a
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05% (ra)	2,81efg	63,20def	4,43h	43,28hi	0,084ab
Inoculado com Rh.	3,14efg	67,20bcdef	4,55h	113,46gh	0,086ab
Inoculado com G.m.	3,62def	68,00bcdef	6,13g	164,41ef	0,094ab
Inoculado com Rh. + G.m.	3,95cdef	61,60ef	8,59f	168,77def	0,114ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	5,03abcd	80,40abcd	10,91e	204,70bcd	0,088ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	4,60abcd	71,80abcde	14,90d	203,77bcd	0,098ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	4,03bcde	73,20abcde	10,19e	183,38cde	0,114ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	5,38a	86,40a	14,04d	223,39b	0,128a
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	5,25ab	81,60ab	17,97c	241,01a	0,146a
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	5,18abc	80,80abc	21,24b	241,22a	0,138a
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	4,74abcd	76,40abcd	23,26a	207,64bc	0,134a
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	4,54abcd	74,40abcde	17,39c	197,83bcde	0,126a
CV	12,29	11,32	9,93	6,10	26,60
DMS	1,28	18,04	38,50	1,57	0,06

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

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

ra - Recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp, estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. Glomus macrocarpum

EXPERIMENTO II

ALTURA DE PLANTAS

A Tabela 7 mostra os resultados obtidos para a altura das plantas do Experimento II.

A análise estatística, segundo o teste de Tukey com 5% de probabilidade, revelou maior incremento na altura da parte aérea das plantas (85,80cm) no tratamento que recebeu Fosfato de rocha 30% + S, apresentando diferença estatística significativa com relação à Testemunha, aos tratamentos Não Inoculados e Adubado com Enxofre elementar, Fosfato de rocha (ra), Fosfato de rocha 5%, 5% + S e dos tratamentos Inoculados e Não Adubados.

O tratamento testemunha foi o que apresentou a menor média de altura de plantas (54,20cm), sendo estatisticamente diferente dos tratamentos Adubado com Fosfato de rocha nos níveis de 10%, 10% + S, 30%, 30% + S, 50% e Adubado com Superfosfato triplo.

Os tratamentos Inoculado com Rhizobium sp. e Inoculado com Glomus macrocarpum foram eficientes em aumentar o crescimento em altura das plantas, embora não diferindo estatisticamente da testemunha, mostrando-se equivalentes a uma adubação com nitrogênio mineral e Superfosfato triplo, respectivamente.

A exemplo do que ocorreu no Experimento I, as plantas adubadas com Enxofre elementar não apresentaram nenhuma diferença no seu desenvolvimento, em relação às plantas que não foram adubadas com esse nutriente.

TABELA 7 - Altura da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Altura (cm)	Percentagem Relativa (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	54,20c*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	71,00abc	131,00
Não Inoculado e Adubado com S	62,60bc	115,00
Não Inoculado e Adubado com SFT	74,40ab	137,00
Não Inoculado e Adubado com FR 0,50%(ra)	63,20bc	117,00
Inoculado com Rh.	62,00bc	114,00
Inoculado com G.m.	65,00bc	120,00
Inoculado com Rh. + G.m.	67,00bc	124,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	67,00bc	124,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	65,40bc	121,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	74,00ab	136,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	72,00ab	133,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	76,80ab	142,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	85,80a	158,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	72,40ab	133,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	69,40abc	128,00
CV	11,24	
DMS	17,45	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

(*) - Tratamentos seguidos da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

PESO SECO DA PARTE AÉREA

Os dados de produção de matéria seca da parte aérea das plantas do Experimento II são mostrados na Tabela 8.

O máximo incremento no peso das plantas ocorreu no tratamento Fosfato de rocha 30% + S (5,51g), seguido dos tratamentos Fosfato de rocha 30% com 5,06g e 10% com 4,92g. Nestes tratamentos pode-se observar que, a exemplo do que ocorreu com o Experimento I, o peso seco da parte aérea das plantas apresentou significativo incremento com a adição de níveis crescentes de Fosfato de rocha em associação com o fungo micorrízico VA, Glomus macrocarpum, e bactérias do gênero Rhizobium. Contudo, ao nível de 50% de Fosfato de rocha, ocorreu uma tendência a uma diminuição no peso seco da parte aérea das mudas de algaroba, devido, possivelmente, a uma redução da infecção micorrízica, à medida que a disponibilidade de fósforo aumenta e pode ser comprovada pela baixa infecção micorrízica observada nos tratamentos Adubado com Fosfato de rocha nos níveis de 50% e 50% + S e Superfosfato triplo.

Os tratamentos Inoculado com Rhizobium sp. e Inoculado com Glomus macrocarpum apresentaram peso seco da parte aérea estatisticamente iguais aos apresentados pelos tratamentos Adubado com Nitrogênio e Adubado com Superfosfato triplo, respectivamente.

O tratamento Testemunha foi o que menor peso seco apresentou com uma média de 1,89g, embora não diferindo estatisticamente dos tratamentos Adubado com Enxofre, Adubado com Fosfato de rocha (ra) e dos tratamentos Inoculados mas não Adubados.

TABELA 8 - Peso seco da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Peso Seco (g)	Peso: Seco Relativo (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	1,89e*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	4,08bcd	216,00
Não Inoculado e Adubado com S	2,72de	144,00
Não Inoculado e Adubado com SFT	4,56abc	241,00
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05%(ra)	2,81de	149,00
Inoculado com Rh.	3,05cde	161,00
Inoculado com G.m.	3,14cde	166,00
Inoculado com Rh. + G.m.	3,07cde	162,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	4,91ab	260,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	3,76bcd	199,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	4,92ab	260,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	5,06ab	339,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	5,81a	307,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	4,37abcd	231,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	4,40abcd	233,00
CV	19,65	
DMS	1,74	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

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

CONTEÚDO DE FÓSFORO DA PARTE AÉREA

Os dados de conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento II encontram-se na Tabela 9.

O maior conteúdo de fósforo total na parte aérea das plantas foi verificado no tratamento Adubado com Superfosfato triplo, seguido dos tratamentos Inoculado com Rhizobium sp. + Glomus macrocarpum e Inoculado e Adubado com Fosfato de rocha 30%, sendo o tratamento Adubado com Superfosfato triplo o único que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

Os tratamentos Inoculados e Adubados com Fosfato de rocha nos níveis de 5%, 10% e 50% com e sem Enxofre e o tratamento Adubado com Nitrogênio, apresentaram resultados equivalentes entre si. Referidos tratamentos foram estatisticamente diferentes da testemunha, que foi o tratamento que apresentou os menores valores de conteúdo de fósforo na parte aérea, com média em torno de 3,85mg de fósforo por parcela.

As plantas dos tratamentos que não foram Inoculados nem Adubados com fosfatos apresentaram redução no seu conteúdo de fósforo da parte aérea em relação àquelas que foram Inoculadas e Adubadas com Superfosfato ou Fosfato de rocha em níveis crescentes.

A Inoculação com Rhizobium sp. e a Inoculação com Glomus macrocarpum foram eficientes em aumentar o crescimento e o conteúdo de fósforo das plantas, sendo estatisticamente diferentes da testemunha e equivalentes aos tratamentos em que se utilizou fosfato de rocha nos níveis de 5%, 10% e 50%, com e sem Enxofre. Esse fato pode ser uma indicação de que solos de baixa fertilidade podem ser beneficiados pela utilização de fertilizantes fosfatados mais baratos como é o caso do fosfato de rocha, aliada à inoculação com fungos micorrízicos VA, minimizando, dessa forma, a deficiência de fósforo nos solos e promovendo o aumento da fixação biológica do nitrogênio em leguminosas.

TABELA 9 - Conteúdo total de fósforo na parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Conteúdo de P (mg)	Conteúdo Relativo (%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	3,85f*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	6,38d	165,71
Não Inoculado e Adubado com S	4,95ef	128,57
Não Inoculado e Adubado com SFT	24,36a	632,72
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05%(ra)	4,43ef	115,06
Inoculado com Rh.	6,97cd	181,03
Inoculado com G.m.	8,59bc	223,11
Inoculado com Rh. + G.m.	10,45b	211,42
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	8,75bc	227,27
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	7,16c	185,97
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	8,61bc	223,63
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	6,50d	168,83
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	9,35b	232,85
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	8,82bc	229,09
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	6,26de	162,59
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	6,48d	168,31
CV	4,69	
DMS	17,26	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - Recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC - 1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

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

CONTEÚDO DE NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA

Os resultados referentes ao conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas do Experimento II encontram-se na Tabela 10.

O tratamento Testemunha foi o que apresentou os menores valores de conteúdo de nitrogênio total na parte aérea com 63,95mg, diferindo estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade dos demais tratamentos com exceção do tratamento Não Inoculado e Adubado com Fosfato de rocha (ra), que apresentou um valor médio de conteúdo de nitrogênio de 93,28mg.

O maior incremento no conteúdo de nitrogênio, foi registrado no tratamento Fosfato de rocha 30% + S, com um valor médio de 257,72mg, seguido dos tratamentos Fosfato de rocha 30% sem Enxofre com 221,86mg e Fosfato de rocha 10% com 220,68mg de N.

O tratamento Inoculado com Rhizobium sp. apresentou valores de conteúdo de nitrogênio, estatisticamente semelhantes ao tratamento Inoculado com Glomus macrocarpum, contudo esses dois tratamentos diferiram estatisticamente do tratamento em que se fez a inoculação conjunta do Rhizobium sp. + Glomus macrocarpum.

Os tratamentos Inoculados com Rhizobium sp. + Glomus macrocarpum + Fosfato de rocha nos níveis de 50%, 10% e 5%, com e sem Enxofre, bem como o Não Inoculado e Adubado com Superfosfato triplo, apresentaram incrementos significativos, no conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas, em relação aos tratamentos em que não se utilizou inoculação nem adubação com N e P. O fato indica a importância do suprimento de fósforo no desenvolvimento das plantas e, indiretamente, no conteúdo de nitrogênio da parte aérea das plantas através do processo de fixação do nitrogênio.

TABALA 10 - conteúdo total de nitrogênio na parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Conteúdo	Conteúdo
	de N	Relativo
	(mg)	(%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	63,95i*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	138,82ef	216,90
Não Inoculado e Adubado com S	117,68gh	184,01
Não Inoculado e Adubado com SFT	200,54c	313,39
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05%(ra)	93,28i	145,77
Inoculado com Rh.	115,95h	181,31
Inoculado com G.m.	113,46h	177,30
Inoculado com Rh. + G.m.	133,82fg	209,26
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	209,74bc	327,76
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	170,49de	266,43
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	220,68b	344,86
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	183,19de	286,27
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	221,86b	346,71
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	257,72a	402,75
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	181,55de	283,71
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	188,04cd	293,85
CV	11,20	
DMS	2,04	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m. - Glomus macrocarpum

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

PESO SECO DE NÓDULOS

Os resultados do peso seco dos nódulos das plantas do Experimento II encontram-se na Tabela 11.

Nesse experimento foi observado que, para o parâmetro peso seco de nódulos, as melhores respostas foram verificadas nos tratamentos Adubado com Superfosfato triplo (0,124g) e Inoculado e Adubado com Fosfato de rocha nos níveis de 10% com 0,128g, 10% + S com 0,126g e 30% + S com 0,122g. Esses tratamentos foram estatisticamente diferentes da testemunha, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Observou-se a partir desses dados, que as plantas que receberam uma inoculação conjunta de Rhizobium sp. + Glomus macrocarpum + Fosfato de rocha, nos níveis acima citados, apresentaram um incremento de peso seco de nódulos equivalente às plantas adubadas com Superfosfato triplo, sendo este um dos tratamentos que mais estimularam o peso seco dos nódulos, por ser o fósforo um dos elementos chave do processo de nodulação.

O tratamento Inoculado com Rhizobium sp., embora não diferindo estatisticamente da Testemunha, mostrou um incremento no peso seco de nódulos, sendo, este efeito, semelhante ao apresentado pelo tratamento Adubado com Nitrogênio, enquanto o tratamento Inoculado com Glomus macrocarpum, também, não diferiu estatisticamente do tratamento Adubado com Superfosfato triplo. Isto indica um efeito equivalente entre a inoculação com Rhizobium sp. e a adubação nitrogenada e da inoculação com Glomus macrocarpum e a adubação com Superfosfato triplo, respectivamente.

Inoculação conjunta dos dois microssimbiontes Rhizobium sp. + Glomus macrocarpum, também, foi altamente eficiente, favorecendo a nodulação, crescimento, bem como os teores de N e P das plantas (ROSS & HARPER, 1970).

O tratamento Não Inoculado e Adubado com Superfosfato triplo mostrou-se estatisticamente diferente do tratamento Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha), com relação ao peso seco de nódulos, indicando um efeito marcante do fósforo na população de rizóbios nativos existentes no solo não esterilizado e, conseqüentemente, sobre a nodulação.

TABELA 11 - Peso seco de nódulos das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

TRATAMENTOS	Peso seco	Peso seco
	de Nódulos	Relativo
	(g)	(%)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	0,052b*	100,00
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	0,106ab	204,00
Não Inoculado e Adubado com S	0,080ab	154,00
Não Inoculado e Adubado com SFT	0,124a	238,00
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05%(ra)	0,084ab	161,00
Inoculado com Rh.	0,090ab	173,00
Inoculado com G.m.	0,086ab	165,00
Inoculado com Rh. + G.m.	0,104ab	200,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	0,104ab	200,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	0,088ab	169,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	0,128a	246,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	0,126a	242,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	0,112ab	215,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	0,122a	235,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	0,114ab	219,00
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	0,116ab	223,00
CV	29,41	
DMS	0,06	

S - Enxofre elementar

SFT - Superfosfato triplo

FR - Fosfato de rocha

ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52

G.m.- Glomus macrocarpum

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

TABELA 12 - Peso seco, altura da parte aérea, conteúdos totais de fósforo e nitrogênio da parte aérea, peso seco de nódulos das plantas do Experimento II. Média de 5 repetições. Fortaleza, 1985.

	Peso Seco	Altura	Conteúdo de P	Conteúdo de N	Peso Seco de Nódulos
	(g)	(cm)	(mg)		(g)
Não Inoculado e Não Adubado (Testemunha)	1,89e*	54,20c	3,85f	63,95i	0,052b
Não Inoculado e Adubado com Nitrogênio	4,08bcd	71,00abc	6,38d	138,82ef	0,106ab
Não Inoculado e Adubado com S	2,72de	62,60bc	4,95ef	117,68gh	0,080ab
Não Inoculado e Adubado com SFT	4,56abc	74,40ab	24,36a	200,54c	0,124a
Não Inoculado e Adubado com FR 0,05%(ra)	2,81de	63,20bc	4,43ef	93,28i	0,084ab
Inoculado com Rh.	3,05cde	62,00bc	6,97cd	115,95h	0,090ab
Inoculado com G.m.	3,14cde	65,00bc	8,59bc	113,46h	0,086ab
Inoculado com Rh. + G.m.	3,07cde	67,00bc	10,45b	133,82fg	0,104ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5%	4,92ab	67,00bc	8,75bc	209,74bc	0,104ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 5% + S	3,76bcd	65,40bc	7,16c	170,49de	0,088ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10%	4,92ab	74,00ab	8,61bc	220,68b	0,128a
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 10% + S	4,56abc	72,00ab	6,50d	183,19de	0,126a
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30%	5,06ab	76,00ab	9,35b	221,86b	0,112ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 30% + S	5,81a	85,80a	8,32bc	257,72a	0,122a
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50%	4,37abcd	72,40ab	6,26de	181,55de	0,114ab
Inoculado com Rh. + G.m. + FR 50% + S	4,40abcd	69,40abc	3,82f	188,04cd	0,116ab
CV	19,65	11,24	4,69	11,20	29,41
DMS	1,74	17,45	17,26	2,04	0,06

S - Enxofre elementar
 SFT - Superfosfato triplo
 FR - Fosfato de rocha
 ra - recomendação de adubação

Rh. - Rhizobium sp., estirpes UFC-987.52, UFC-992.52, UFC-1001.52
 G.m. - Glomus macrocarpum
 (*) - Tratamentos seguidos de uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da avaliação dos dois Experimentos permitem as seguintes conclusões:

1. Nas plantas em que foi feito o plantio em sementeiras com solo esterilizado (Experimento I), sendo posteriormente transplantadas para o solo não esterilizado, aparentemente, ocorreu um maior incremento no seu crescimento inicial em relação às plantas em que foi procedido o plantio em sementeira com solo não esterilizado (Experimento II);

2. As maiores respostas no crescimento das mudas foram verificadas quando o fosfato de rocha foi utilizado nas dosagens de 5%, 10% + S e 30% para o Experimento I e 30% e 30% + S para o Experimento II;

3. A nodulação e o conteúdo de nitrogênio nas plantas foram maiores quando o fosfato de rocha foi utilizado nas dosagens de 30% e 30% + S para o Experimento I e 10% e 30% + S para o Experimento II;

4. A infecção micorrízica VA decresceu quando se empregou a dosagem de 50% de fosfato de rocha, em ambos os experimentos;

5. As inoculações com Rhizobium sp. e com Glomus macrocarpum foram eficazes em aumentar a nodulação e o desenvolvimento das plantas em ambos os experimentos, sendo seus efeitos e equivalentes aos das adubações nitrogenada e fosfatada, respectivamente;

6. O Enxofre elementar, na maioria dos parâmetros analisados, apresentou resultados inconsistentes, o que sugere estudos mais apurados;

7. Deve-se destacar o efeito do fósforo, estimulando a

nodulação, inclusive a realizada pelos rizóbios autóctones, aumentando os conteúdos de nitrogênio e de fósforo da parte aérea e o crescimento das mudas nos dois experimentos, e

8. A dosagem de fosfato de rocha que favoreceu de maneira mais uniforme os parâmetros analisados, em ambos os experimentos, foi a de 30% de fosfato de rocha, juntamente com a inoculação conjunta de Rhizobium sp. e Glomus macrocarpum, podendo ser uma das dosagens recomendadas para trabalhos visando estudar o efeito desta fonte fosfatada em condições de campo.

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.J.L. Estatística Experimental. Departamento de Estatística e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Ceará. 109p. 1980. (Mimeografado).
- ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. 2nd. ed. John Wiley, New York, 1977. 467p.
- ALLEN, M. F.; SMITH, W. K.; MOORE, S. M. & CHRISTENSEN, M. Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal and non-mycorrhizal Bouteloua gracilis. New Phytol., 88: 683-693. 1981.
- ALLEN, O. N. Experiments in Soil Bacteriology. Burgess Publ. Co., Minneapolis, 1957. 177p.
- ALLEN, O. N. & ALLEN, E. K. The Leguminosae. Mc'Millan. Publ. Letd, London, 1981. 812p.
- ALMEIDA, R.T.; FREIRE, V.F. & VASCONCELOS, I. Seleção de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares para a inoculação em algaroba, Prosopis juliflora (SW.)DC. Soc. Bras. Ciên. Solo. XX Cong. Bras. de Ciên. do Solo. Campinas, p. 64, 1985.
- ALVES, A.Q. Algaroba, uma experiência válida. Secretaria de Agricultura, Industria e Comercio, João Pessoa, 1972. 20p.
- ARIYARATNE, W. A.; YOGARATNAM, N, & WAIDYANATHA, S. Mycorrhizal infection on growth and nitrogen fixation of Pueraria and Stylosanthes and uptake of phosphorus from two rock phosphate. New Phytol. 82: 147-152. 1979.
- ASAI, T. Uber die mykorrhizenbildung des leguminosen-pflanzer. Jap. J. Bot., Amani, 13: 465-485. 1944.
- ASIMI, S. Interactions entre les endomycorrhizes, le Rhizobium et le phosphore du sol chez la soja (Glycine max (l.)

- Merril, Var. ansoy). Thèse du Docteur, 3^{ème} cycle em Biologie Appliquée. Université de Dijon. 1979. 32p.
- ASIMI, S.; GIANINAZZI-PEARSON, V. & GIANINAZZI, S. Influence of increasing soil phosphorus levels on interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and Rhizobium in soybeans. Can. J. Bot., Ottawa, 58: 2200-2205. 1980.
- AZEVEDO, G. de. Algaroba. S.A.F.P.A., Natal, 1955. 13p.
- AZEVEDO, G. de. Algaroba. SIA, Rio de Janeiro, 1960. 34p. (SIA 843).
- AZEVEDO, G. de. Vagens de algarobeira na alimentação humana. SIA, Rio de Janeiro. 1965. 4p. (SIA 12).
- BARROS, N.A.T. de. Substituição do melão de cana-de-açúcar pelo fruto da algarobeira na alimentação de carneiros. A-reia. 1981. 51 p. (Tese de Mestrado).
- BAYLEY, A.W. Nitrogen fixation in honey mesquite seedlings. J. Range Manage, 29: 479-481, 1976.
- BAYLIS, G. T.S. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth of Griselinia littoralis (Cornaceae). New Phytol., 58: 274-280. 1959.
- BAYLIS, G.T.S. Experiments on the ecological significance of phycomycetous mycorrhizas. New Phytol., 66: 231-243. 1967.
- BERTHEAU, Y.; GIANINAZZI-PEARSON, V. & GIANINAZZI, S. Development et expression de l'association endomycorrhizienne chez le blé. I. Mise en evidence d'un effect variétal. Ann. Amélior. Plante, Paris, 30 (1): 77-79. 1980.
- BRAGA, R. Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará. Imprensa Oficial do Ceará, Fortaleza, 1960. 540p.
- BUZO, J.; ÁVILA, R. & BRAVO, O.F. Efecto de la substitución progresiva de sorgo por vaina de mesquite en la alimentación de los borregos. Técnica Pecuária en Mexico, 20: 23-27. 1972.
- CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de micorriza vesículo-arbuscular e fosfato-de-rocha na simbiose soja-Rhizobium. Rev. bras. Ci. Solo, 9: 125-130. 1985.

- CHAPMAN, H. D. & PRATT, D.F. Methods of analysis for soil plants and waters. University of California Division of Agricultural Sciences, Berkeley, p. 161-174. 1961.
- CORREA, M. P. Dicionário de Plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Imprensa Oficial, Rio de Janeiro, p. 68-69, 1926.
- CRISÓSTOMO, L.A. & ALBUQUERQUE, J.J.L. Nutrição mineral do siratro, Phaseolus atropurpureus D.C.; em quatro tipos de solos no Ceará. Ciê. Agrôn., Fortaleza, 1(2): 109-114. 1971.
- CRUSH, J.R. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. New Phytol., 73: 743-752. 1974.
- CUNE, Mc. Enxofre para as plantas. Revista Livroceres, São Paulo, 6 (14): 06-10, 1981.
- DAFT, M.J. & NICOLSON, T.H. Effect of Endogone mycorrhiza on plant growth. III. Influence of inoculum concentration on growth and infection in tomato. New Phytol., 68: 953-961. 1969.
- 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.
- DÖBEREINER, J.; BURRIS, R.H.; HOLLAENDER, A.; FRANCO, A.A.; NEIRA, C.A. & SCOTT, D. B. (eds.) Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. Plenum Press, New York, p. 13-24. 1978.
- DÖBEREINER, J. Nodulação e fixação de nitrogênio em leguminosas florestais. Pesq. agrop. bras., Brasília, 19: 83-90. 1984.
- DOMMARGUES, Y. R.; DIEM, H. G. & GANRY, F. The effect of soil microorganisms on plant productivity, ICRAF SOIL WORKING GROUP, Nairobi, p. 26-31. 1979.

- ENGELSTAD, D.P.; JUGSUGIND, A.D. & DATTA, S.K. Response by flooded rice to phosphate rocks varying in citrate solubility. Soil Sci. Soc., 38: 524-529. 1974.
- EUA. NATIONAL ACADEMY OF CIENCES. Firewood crops shrub and tree species for energy production. Washington, 1980. 237p.
- FELKER, P. & CLARK, P. R. Nitrogen fixation (acetylene reduction) and cross inoculation in 12 Prosopis (mesquite) species. Plant and Soil, 57: 177-186. 1980.
- FELKER, P. & CLARK, P.R. Position of mesquite (Prosopis spp.) nodulation and nitrogen fixation (acetylene reduction) in 3m long photophysically simulated soil colmns. Plant and Soil, 64: 297-305. 1982.
- FELKER, P. Legume trees in semi-arid and arid areas. Pesq. a grop ec. bras., Brasília, 19: 47-59. 1984.
- FOX, R. L. & KANG, B.T. Some major problems of tropical soils. In: Exploiting the legume - Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. College of Tropical Agricultural. Miscelaneous Publication. p. 183-211. 1976.
- FRANÇA, G. E. & CARVALHO, M.M. Ensaio Exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5: 147-153. 1970.
- FRANCO, A.A. Fixação de N₂ atmosférico em Prosopis juliflora (SW.) DC. Ann. Simpósio Brasileiro sobre Algaroba, nº 1, Natal, p.319-329. 1982.
- FRANCO, A.A. Fixação de Nitrogênio em árvores e fertilidade do solo. Pesq. agropec. bras., Brasília, 19: 253-261. 1984.
- GALVÃO, A.P.M. A Experimentação florestal da EMBRAPA/IBDF / PNPF no Nordeste brasileiro: A pesquisa com a algaroba. Ann. Simpósio Brasileiro sobre Algaroba, nº 1, Natal, p. 237-256. 1982.

- GATES, C.T. Nodule and plant development in Stylosanthes humilis HBK. Symbiotic response to phosphorus and sulphur. Aust. J. Bot., 22 (1): 45-55. 1974.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc., 46: 235-246. 1963.
- GERDEMANN, J.W. The effect of mycorrhiza on the growth of maize. Micologia, 56: 342-349. 1964.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. Phytopathology, 6: 397-419. 1968.
- GERDEMANN, J.W. & TRAPPE, J.M. The Endogonaceae of the Pacific Northwest. Mycologia memoir nº 5, 1974. 76p.
- GIBSON, A.H. Limitation to nitrogen fixation in legumes. In: NEWTON, W.E. & NYMAN, O.J. (eds.) Proceedings of the International Symposium of Nitrogen Fixation 1. University Press, Washington, p. 400-428. 1976.
- GILMORE, A.E. The influence of endotrophic mycorrhizae on the growth of peach seedlings. J. Am. Soc. Hort. Sci., 96: 35-38. 1971.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Brasília, 15 (3): 311-318. 1980.
- GOEDERT, W.J. Avaliação do efeito residual de fosfatos naturais em solos de cerrado. Pesq. agropec. bras., 18 (5): 499-509. 1983.
- GOEDERT, J.W. & SOUSA, G.M.D. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. Anais do Simpósio sobre fertilizantes na Agricultura Brasileira. EMBRAPA, Brasília, p. 255-289. 1984.
- GOEFFERT, C. F. Importância do fósforo na nodulação e no rendimento da soja (Glycine max). Agron. Sulriograndense, Porto Alegre, 7 (1): 5-9. 1971.
- GOMES, P. A Algarobeira. SIA, Rio de Janeiro. 1961. 49p. (SIA 865).

- GOMES, P. Forragens fartas na seca. Ed. Nobel, 4 ed., São Paulo, 1977. 233p.
- GOWDA, R.D. & RAMASWAMY, M. N. The utilization of Prosopis juliflora. Indian Forestar, p.432-434. 1960.
- GUSS, A. & DOBEREINER, J. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio em feijão (Phaseolus vulgaris). Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., Rio de Janeiro, 7: 37-92. 1972.
- HAYMAN, D. S. Endogone spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. Trans. Br. Mycol. Soc., 54 (1): 53-63. 1970.
- HEWITT, E.J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Commonwealth Agricultural Bureau, London. 1966. 547p. (Technical Communication 22).
- ISLAM, R. Effect of several Endogone spore types on the yield of Vigna unguiculata. Internat. Inst. Trop. Agric., Ibadan, Nigéria. 1977. 19p.
- ISLAM, R.A.; AYANABA, A. & SANDERS, F.E. Response of cowpea (Vigna unguiculata) to inoculation with VA mycorrhizal fungi and to rock phosphate fertilization in some unsterilized Nigerian soils. Plant and Soil, 54: 107-117. 1980.
- JENKINS, W.R.A. Rapid centrifugal - flotation technique for separating nematodes from soil. Plant. Dis. Rep., 48: 692. 1964.
- LIMA, F.A.M.; MOREIRA, E.G.S. & IPIRAJÁ, F.W.F. - Contribuição ao estudo de solos do município de Fortaleza. III. Classificação de um solo. Relatório de pesquisas do Departamento de Engenharia Agrícola e Edafologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. 1974. 7p. (Mimeografado).
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E. & NEPTUNE, A.M.L. Efeito de espécies de micorrizas vesicular-arbusculares no Siratro (Macroptilium atropurpureum). Bragantia, 39: 241-245. 1980.

- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O. & ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. Rev. bras. Ci. Solo, 7: 1-19.1983.
- LOTT, W.L.; NERY, J.P.; GALLO, J.R. & MEDCALF, J.C. Leaf analysis technique and coffee research, IBEC Research Institute, 1956. (Bulletin 9).
- MENDES FILHO, P.F. Efeito da Interação Rhizobium, micorrizas VA e fosfatos no desenvolvimento de mudas de sabiã, Mimosa caesalpiniaefolia Benth., Fortaleza, 1985. 54p. (Tese de Mestrado).
- MENGE, J.; STERILE, D.; JOHNSON, E.L.V.; BAGYARAJ, D.J. & LEONARD, R.T. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition for mycorrhizal infection. New Phytol., 575-578. 1978.
- MENGE, J.A.; JARREL, W.M.; LABANAUSKAS, C.K.; OJALA, J.C.; HUSZAR, C.; JOHNSON, E.L.V. & SIBERT, D. Predicting mycorrhizal dependency of troyer citrange on Glomus fasciculatus in California citrus soils and nursery mixes. Soil Sci. Soc. Am. J., 46: 762-768. 1982.
- MINCHIN, F.R.; HUXLEY, P.A. & SUMMERFIELD, R.J. Effect of root temperature on growth and yield in cowpea (Vigna unguiculata) Exp. Agr., 12 (13): 279-288. 1976.
- MIRANDA, J.C.C. Ocorrência de fungos endomicorrízicos nativos em um solo de cerrado do Distrito Federal e sua influência na absorção de fósforo por Brachiaria decumbens Stapf., Rev. bras. Ci. Solo, 5: 102-105. 1981.
- MIRANDA, J.C.C.; SOUSA, D.H.G. & MIRANDA, L.N. Influência de fungos endomicorrízicos vesículo-arbusculares na absorção de fósforo e rendimento da matéria seca da plantas de Sorghum bicolor. Rev. bras. Ci. Solo, 8: 31-36. 1984.
- MOSSE, B.; HAYMAN, D.S. & IDE, G.J. Growth responses of plants in unsterilized soils to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza. Nature, London, 224: 1031-1032. 1969.

- MOSSE, B. Effects of different Endogone strains on the growth of Paspalum notatum. Nature, London, 239: 221-223. 1972.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. Ann. Rev. Phytopathology, 11: 171-196. 1973a.
- MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. In soil given additional phosphate. New Phytol., 72: 127-136. 1973b.
- MOSSE, B.; POWELL, O. L. & HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol., 76: 331-342. 1976.
- MOSSE, B. The role of mycorrhiza in legume nutrition on marginal soils. In: VINCENT, J.N.; WHITNEY, A.S. & BOSE, J. (eds.). Exploiting the legume - Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Coop. Ext. Serv., College of Trop. Agric., Univ. of Hawaii. p. 275-292. 1977. (Mic. Pub. 145).
- OLIVEIRA, E.L. Influência da calagem e do revolvimento do solo nos efeitos imediatos e residuais da adubação fosfatada. Porto Alegre, 1981. 74p. (Tese de Mestrado).
- OTERO, J.R. Informações sobre algumas plantas forrageiras. SIA, Rio de Janeiro, 1961. 320p. (Série Didática, 11).
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection. Trans.Br. Mycol. Soc., 55: 158-161. 1970.
- RAO, N.S.S.; SEN, A.N. & DADARWAL, K.R. Rhizobium research in India. Ann. 12th. Int. Congr. Soil Science, New Delhi, p. 211-224. 1982.
- ROSS, J.P. & HARPER, J.A. Effect of Endogone mycorrhiza on soybean yields. Phytopathology, 60: (1) 552-556. 1970.
- ROBSON, A.D.; O'HARA, G.W. & ABBOTT, L.K. Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by subterranean clover (Trifolium subterraneum L.) Aust. J. Plant Physiol., 8: 427-436. 1981.

- RUSCHEL, A.P.; RUSCHEL, R.; ALMEIDA, D.L. & SUHET, A.R. Influência do nitrogênio mineral e orgânico na fixação simbiótica de nitrogênio em soja. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., Rio de Janeiro, 9: 125-129. 1974.
- SAFIR, G.R.; BOYER, J.S. & GERDEMANN, J.W. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybeans. Plant. Physiol., 49: 700-705. 1972.
- SCHENCK, N.C. & HINSON, K. Response of nodulating and non-nodulating soybeans to a species of Endogone mycorrhiza. Agron. J., 65: 849-850. 1973.
- SCHENCK, N. C. & SCHRODER, V.N. Temperature responses of Endogone mycorrhiza on soybeans roots. Mycologia, 66: 601-605. 1974.
- SILVA, E.M.R.; ALMEIDA, D.L. de; FRANCO, A.A. & DÖBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. Rev. bras. Ci. Solo, 9: 85-88. 1985.
- SILVA, O.A.; BARROS, U.V.; FIGUEIREDO, J.P. & SANTINATO, R. Efeito da adição de enxofre ao fosfato natural de Patos no plantio do cafeeiro. Anais do 10º Congr. de Pesquisa Cafeeira, Poço de Caldas, p. 200-202. 1983b.
- SILVA, E.R. da; FARIAS, S.M. de; CAPELO, E.F.C. & ASCONEGUI, M.A.M. de. Produção de Mudas noduladas de leguminosas florestais em substrato contendo até 80% do volume com fosfato de rocha. Pesq. agropec. bras., Brasília, 19, : 283-291. 1984.
- SOMASEGARAN, P. & HOBEN, H.J. Methods in legume - Rhizobium technology. NIFTAL and MIRCEM, University of Hawaii. 1985. 367p.
- SMITH, S.E. & DAFT, M.J. Interactions between growth, phosphate content and nitrogen fixation in mycorrhizal and non-mycorrhizal Medicago sativa. Aust. J. Plant Physiol., 4: 403-413. 1977.
- SUBRAMANIAM, K. & GOPALA REDDI, G. 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. & LEE, D.L. (eds.) Symbiosis Proc. 29th. Symp. Soc. Ex. Biol. Cambridge University Press. p. 325-350. 1975.
- VALDÍZIA, S.V. El Algaroba, um espécie florestal prometedor para los trópicos aridos. Ministério de Agricultura, Peru, 1972. 4p. (Boletim de Divulgação, 32).
- VALDÍZIA, S.V. El Algaroba uma espécie florestal prometedora para los trópicos aridos. Ministério da Agricultura, Peru, 1978. 20p. (Mimeografado).
- VASCONCELOS, I., ALMEIDA, R.T. & MENDES FILHO, P.F. Desempenho de dezenove estirpes de Rhizobium sp. em simbiose com Prosopis juliflora (SW.) DC., algaroba. Ciên. Agron., Fortaleza, 15 (1/2): 151-154. 1984a.
- VASCONCELOS, I., ALMEIDA, R.T. & MENDES FILHO, P.F. Ocorrência de rizóbios e endomicorrizas em leguminosas arbóreas e arbustivas do Estado do Ceará. Ciên. Agron., Fortaleza, 15 (1/2): 45-52, 1984b.
- WASSEL, G.M.; RIZK, A.M. & ABDEL-BARY, E.F. Phytochemical investigation of Prosopis juliflora DC. Flavonoids and free sugars. Qual. Plant. Matter.Veg., 22 (1): 119-121. 1972.
- YOST, R.S.; KANPRATH, E.J.; LOBATO, E. & NADERMAN, G. Phosphorus response of corn on an oxisol as influenced by rates and placement. Soil Sci. Soc. Amer., 43: 338-343. 1979.

A N E X O S - E X P E R I M E N T O I

ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA ALTURA, PESO SECO, CONTEÚDO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO DA PARTE ÁEREA E PESO SECO DE NÓDULOS DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO I, FORTALEZA, CEARÁ, 1986.

A N V A - ALTURA DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO I.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	5328,35	355,22	5,54 ⁺⁺
Resíduo	64	4100,40	64,07	
TOTAL	79	9428,75		

CV - 11,32

DMS - 25,20

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A - PESO SECO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO I.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	78,45	5,23	20,50 ⁺⁺
Resíduo	64	16,33	0,25	
TOTAL	79	94,78		

CV - 12,29

DMS - 1,28

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A - CONTEÚDO DE FÓSFORO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DO
EXPERIMENTO I.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	3940,81	262,72	535,00 ⁺⁺
Resíduo	64	31,43	0,49	
TOTAL	79	3972,24		

CV - 6,10

DMS - 1,57

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A - CONTEÚDO DE NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS
DO EXPERIMENTO I.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	223817,9	14921,1	51,1 ⁺⁺
Resíduo	64	18681,41	291,89	
TOTAL		242499,31		

CV - 9,93

DMS -38,50

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A . - . PESO SECO DE NÓDULOS DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO I.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	0,057	0,0038	4,47 ⁺⁺
Resíduo	64	0,055	0,00085	
TOTAL	79	0,112		

CV - 26,60

DMS - 0,065

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N E X O S - E X P E R I M E N T O II

ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA ALTURA, PESO SECO, CONTEÚDO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA E PESO SECO DE NÓDULOS DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO II, FORTALEZA, CEARÁ, 1986.

A N V A - ALTURA DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO II.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	4003,2	266,88	4,45 ⁺⁺
Resíduo	64	3838,0	59,97	
TOTAL	79	7841,20		

CV - 11,24

DMS - 17,45

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A - PESO SECO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO II.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	85,54	5,70	9,5 ⁺⁺
Resíduo	64	38,81	0,60	
TOTAL	79	124,35		

CV - 19,65

DMS - 1,74

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A - CONTEÚDO DE FÓSFORO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO II.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	1690,90	112,72	137,4 ⁺⁺
Resíduo	64	52,73	0,82	
TOTAL	79	1743,60		

CV - 11,20

DMS - 2,04

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A - CONTEÚDO DE NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO II.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	218082,4	14538,8	247,6 ⁺⁺
Resíduo	64	4050,5	58,70	
TOTAL	79	222132,9		

CV - 4,69

DMS - 17,26

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A N V A - PESO SECO DE NÓDULOS DAS PLANTAS DO EXPERIMENTO II.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Tratamento	15	0,032	0,0021	2,28 ⁺⁺
Resíduo	64	0,059	0,00092	
TOTAL	79	0,091		

CV - 29,41

DMS - 0,068

(++) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.