

SELEÇÃO DE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E EFEITOS DA INOCULAÇÃO
RHIZOBIUM JAPONICUM – *GLOMUS MACROCARPUM*, BAIXA DOSAGEM DE FÓSFORO E
CALAGEM NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA TROPICAL (*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL).

Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes

C 342459
DISPONÍVEL

UAC

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-Graduação em
Agronomia, Área de Concentração de Solos e Nutrição de Plantas como Requi-
sito Parcial para Obtenção do Grau de Mestre. Universidade Federal do Ceará

T
631.4
N926s
1994
ex. 2

SAU

UFC/BU/BCT 23/05/1997



R598313 Selecao de estirpes de rizobios
C342459 e efeito
T631.4 N926s

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Fortaleza, 1994

UFC/BU/BCT 23 Mai 1997



R598313 Selecao de estirpes de rizobios e efeito
C342459

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

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

~~LUIS~~ ALFREDO PINHEIRO LEAL NUNES

Dissertação Aprovada em:

ROGÉRIO TAVARES DE ALMEIDA, Ph.D.
Orientador

JOSÉ ILO PONTE ~~DE~~ VASCONCELOS, Titular

~~PAULO FURTADO MENDES FILHO, MS~~

VERA LÚCIA BAIMA FERNANDES, MS

Ao meu Pai: Alfredo Alberto

À minha Mãe: Teresinha

Aos meus Irmãos: Luís Jorge, Luiza Lourdes, Luís Alberto
e Luciana

Aos meus Avós: Maria Luiza (*in memoriam*) e
Gonçalo (*in memoriam*)

À minha Esposa: Regiane

Dedico

Agradecimentos

A Deus, que me iluminou intensamente, em todos os momentos;

À Companhia de Desenvolvimento Agropecuário do Piauí (CIDAPI), pela oportunidade oferecida à realização do curso;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa durante o curso;

Ao Professor Rogério Tavares de Almeida, pela precisa orientação e valiosos ensinamentos transmitidos;

Aos Professores José Ilo Ponte de Vasconcelos, Paulo Furtado Mendes Filho e Vera Lúcia Baima Fernandes, pelos esclarecimentos e sugestões apresentadas;

Ao Engenheiro-Agrônomo José de Arimatéia Lacerda de Jesus e à estudante de Agronomia Maria Rozélia Ribeiro de Sousa, pelo auxílio nos trabalhos de seleção de estirpes;

Aos colegas do Curso, em especial a José Uiana Bezerra de Menezes (*in memoriam*), pela sincera amizade e incentivo durante esses anos;

Aos Professores e funcionários do Departamento de Ciências do Solo, especialmente à Engenheira-Agrônoma Vânia Felipe Freire, cujos esclarecimentos prestados contribuíram enormemente para a realização deste trabalho;

A outros que eu possa ter esquecido e a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a execução deste trabalho, a minha sincera gratidão.

Sumário

LISTA DE TABELAS _____	vii
RESUMO _____	ix
ABSTRACT _____	xi
1. INTRODUÇÃO _____	1
2. REVISÃO DE LITERATURA _____	3
2.1. A Soja no Nordeste _____	3
2.2. Seleção de Estirpes _____	4
2.3. Simbiose <i>Rhizobium</i> – Planta _____	5
2.4. Simbiose Fungos Micorrízicos – Planta _____	8
2.5. Interação <i>Rhizobium</i> – Fungos Micorrízicos _____	10
2.6. Efeito da Calagem sobre a Interação <i>Rhizobium</i> – Fungos Micorrízicos _____	11
3. MATERIAL E MÉTODOS _____	14
3.1. Teste de Seleção de Estirpes _____	14
3.2. Efeitos da Inoculação, Adubação Fosfatada e Calagem _____	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	18
4.1. Teste de Seleção de Estirpes _____	18
4.2. Efeitos da Inoculação, Adubação Fosfatada e Calagem _____	21
4.2.1. Experimento I _____	21
4.2.1.1. Altura da parte aérea _____	21
4.2.1.2. Peso da matéria seca da parte aérea _____	22
4.2.1.3. Conteúdo de nitrogênio da parte aérea _____	23
4.2.1.4. Conteúdo de fósforo da parte aérea _____	24
4.2.1.5. Percentagem de colonização micorrízica arbuscular e nodulação das raízes _____	25
4.2.1.6. Número de esporos no solo _____	26
4.2.2. Experimento II _____	27
4.2.2.1. Altura da parte aérea _____	27

4.2.2.2.	Peso da matéria seca da parte aérea _____	28
4.2.2.3.	Conteúdo de nitrogênio da parte aérea _____	29
4.2.2.4.	Conteúdo de fósforo da parte aérea _____	30
4.2.2.5.	Percentagem de colonização micorrízica arbuscular e nodulação das raízes _____	31
4.2.2.6.	Número de esporos no solo _____	32
5.	CONCLUSÕES _____	34
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	35
ANEXOS	_____	45
	Anexos A – Seleção de Estirpes _____	45
	Anexos B – Experimento I _____	46
	Anexos C – Experimento II _____	48

Lista de Tabelas

TABELA 01 – Descrição dos tratamentos usados nos Experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	15
TABELA 02 – Característica físicas e químicas do solo de Regeneração-Pi utilizado nos Experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	16
TABELA 03 – Médias de pH, temperaturas mínimas e máximas do solo nos Experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	18
TABELA 04 – Nodulação em soja tropical observada sob condições de laboratório. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	19
TABELA 05 – Peso da matéria seca e altura da parte aérea do teste de seleção de estirpes e percentagens relativas à testemunha. Média de 03 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	20
TABELA 06 – Peso dos nódulos secos e número de nódulos do teste de seleção de estirpes e percentagens relativas à testemunha. Média de 03 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	20
TABELA 07 – Altura da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	21
TABELA 08 – Peso da matéria seca da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições, Fortaleza, Ceará, 1993 _____	22
TABELA 09 – Conteúdo de nitrogênio das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	23
TABELA 10 – Conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	24
TABELA 11 – Percentagem de colonização micorrízica e presença de nódulos nas raízes das plantas do Experimento I. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	25
TABELA 12 – Número de esporos no solo do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	26
TABELA 13 – Altura da parte aérea das plantas do Experimento II e percen-	

tagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	28
TABELA 14 – Peso da matéria seca da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	29
TABELA 15 – Conteúdo de nitrogênio da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	30
TABELA 16 – Conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	31
TABELA 17 – Percentagem de colonização micorrízica e presença de nódulos nas raízes das plantas do Experimento II. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	32
TABELA 18 – Número de esporos no solo do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993 _____	33

Resumo

O objetivo deste trabalho foi selecionar estirpes de *Rhizobium japonicum* adaptadas ao trópico semi-árido e avaliar os efeitos da inoculação conjunta de *Rhizobium japonicum* – *Glomus macrocarpum*, da baixa dosagem de fósforo e da calagem no desenvolvimento da soja tropical.

Os trabalhos foram realizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, e o teste de seleção de estirpes realizou-se sob condições de laboratório, em câmara de crescimento, utilizando-se tubos de cultura contendo solução de Norris agarizada, isenta de nitrogênio. Referidos tubos receberam adubação a cada 10 dias com a solução de Norris, na proporção de 10ml/tubo. Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 15 tratamentos e 03 repetições. As estirpes 392-A, 381-A, 123-B e 701-A se mostraram mais eficientes em aumentar o crescimento e o peso seco da parte aérea das plantas, além de induzirem a uma melhor nodulação das raízes.

Foram, também, instalados dois experimentos em casa-de-vegetação. Em ambos, foi adotado um delineamento experimental inteiramente casualizado, cada um com 09 tratamentos e 05 repetições. As parcelas constaram de 2 plantas em sacos pretos de polietileno contendo 3kg de um Latossolo Amarelo, procedente do município de Regeneração-Pi, com 5ug/cm³ de fósforo e pH 4,3 (Experimento II). No Experimento I o pH do solo foi corrigido para 6,4, utilizando-se 10g de cálcio dolomítico 30 dias antes do plantio. Uma mistura das estirpes que se destacaram no teste de seleção foram inoculadas nas sementes enquanto que o fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* foi aplicado, na forma de esporos, em papel de filtro e colocado diretamente no solo 5cm abaixo das sementes. Como fonte de fósforo utilizou-se superfosfato triplo na dosagem equivalente a 0,36g/parcela. Semanalmente, foi aplicada em cada tratamento, exceto na Testemunha Não Inoculada, solução nutritiva de Hewitt, isenta de nitrogênio e fósforo.

As plantas dos dois experimentos foram colhidas aos 45 dias após o plantio, ocasião em que foram avaliados o peso da matéria seca, altura, conteúdo de fósforo e nitrogênio da parte aérea das plantas, o grau de colonização micorrízica, a nodulação das raízes e o número de esporos do solo.

A baixa dosagem de fósforo empregada concorreu para aumentar a eficiência da espécie micorrízica *Glomus macrocarpum*, o número de esporos micorrízicos no solo e a absorção de fósforo pelas plantas, estimulando a nodulação das raízes nas plantas inoculadas e, conseqüentemente, favorecen-

do a fixação do nitrogênio atmosférico e o crescimento da soja nos dois experimentos. A calagem realizada evidenciou-se como uma prática indispensável à eficiência da inoculação com *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum*, e ao desenvolvimento das plantas de soja em solos ácidos. A inoculação conjunta de *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum* foi melhor que cada simbiote inoculado individualmente.

Abstract

The purpose of this work was to select efficient strains of *Rhizobium japonicum* adapted to the semi-arid tropic and to evaluate the effects of the jointly inoculation of *Rhizobium japonicum* - *Glomus macrocarpum*, low dosage of phosphorus and liming on the development of the tropical soybean (*Glycine max* (L.) Merrill).

The research was conducted on Campus of the Federal University of Ceará, and the selection of strains was developed under laboratory conditions, in a growth chamber and inoculated in culture tubes with Norris solution agarized, free of nitrogen. The tubes were fertilized every 10 days with Norris solution (10ml/tubes). A completely randomized experimental design was used with 15 treatments and 03 replicates. The strains 392-A, 381-A 123-B and 701-A were more efficient, improving significantly shoot dry weight and nodulation of the roots.

Two experiments were also settled in the greenhouse. In both experiments a completely randomized experimental design was used, each with 09 treatments and 05 replicates. The parcels consisted of black bags of polyethylen with 3kg of a Yellow Latosol, from Regeneração county, Piauí State, Brazil, containing 5ug/cm³ of phosphorus and pH 4.3 (Experiment II). In the Experiment I the pH of soil was corrected to 6.4 using dolomitic calcareous in the equivalent dosage of 10g/parcel, 30 days before seeding. A mixture of the best strains that were outstanding in the selection test was inoculated on seeds and the mycorrhizal fungus *Glomus macrocarpum* was applied, in the form of spores, on filter paper placed 5cm below seeds inoculated with *Rhizobium japonicum*. Triple superphosphate (0,36g/parcel) was used as a source of phosphorus. Everyweek the nutritive solution of Hewitt, free of nitrogen and phosphorus, was applied in each plastic bag, except in the non-inoculated control.

The plants of both experiments were harvested after 45 days. At that time height, dry weight, nitrogen and phosphorus contents of the shoots, percentage of mycorrhizal colonization, nodulation of the roots and the spore number of soil were determined.

Low dosage of phosphorus applied increased the number of spores of arbuscular mycorrhizal fungi, the absorption of phosphorus by plants, the rhizobial nodulation inoculated plants and, consequently, increasing nitrogen fixation and the development of soybean, in both experiments. Liming increased efficiency of the inoculation with *Rhizobium japonicum* and *Glomus macrocarpum* and the development of the plants in acid soil. Jointly inoculation of *Rhizobium japonicum* and *Glomus macrocarpum* was better than inoculation of each symbiont individually.

1. INTRODUÇÃO

A situação da produção agrícola mundial é desafiante, face ao aumento constante da população do globo, que deverá atingir 7,2 bilhões de habitantes no ano 2.000 (LOPES, 1981). Portanto, a necessidade da produção de alimentos para atendimento à demanda gerada pelo crescimento populacional tem conduzido os pesquisadores ao aprimoramento de técnicas, objetivando reduzir os custos de produção e o aproveitamento de solos considerados impróprios para a agricultura, devido a problemas de baixa fertilidade, erosão acentuada etc.

Os solos da região tropical, principalmente os da zona semi-árida, onde se inclui o Nordeste brasileiro, apresentam, em geral, baixas reservas de nutrientes e matéria orgânica, principal fonte de nitrogênio, fazendo-se necessário o emprego de fertilizantes, visando elevar a produção de alimentos. No entanto, com a escalada dos preços dos adubos, devido à crise energética, aliada à situação econômica deplorável porque passam os agricultores nordestinos e aos fatores ambientais adversos, a busca de fontes alternativas de nutrientes, sem prejuízo da produtividade, tornou-se um dos desafios principais na pesquisa agrícola brasileira. Dentre eles, pode-se recorrer à utilização dos recursos biológicos, com o uso de microrganismos capazes de suprir as necessidades nutricionais das plantas de modo a diminuir a dependência aos fertilizantes industrializados, principalmente nitrogenados e fosfatados e, deste modo, melhorar as condições produtivas do solo a um baixo custo.

Dentre os processos microbiológicos que ocorrem no solo, destacam-se a fixação do nitrogênio atmosférico pelas bactérias do gênero *Rhizobium*, que vivem em simbiose com as leguminosas, e as associações simbióticas de fungos em raízes de plantas, conhecidas como micorrizas arbusculares, responsáveis pela maior absorção de fósforo, água e outros nutrientes, sobretudo em solos de baixa fertilidade.

As bactérias do gênero *Rhizobium*, recentemente reclassificadas em *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium* (SOMASEGARAN & HOBEN, 1985), formam nódulos nas raízes e, em alguns casos, no caule das leguminosas, que fornecem à bactéria fotossintatos e recebem, em troca, produtos nitrogenados: aminoácidos e ureídeos. Neste trabalho, adotaremos a terminologia *Rhizobium japonicum* (KIRCHNER) BUCHANAN para as estirpes que nodulam soja (*Glycine max* (L.) Merrill).

Alguns estudos realizados por CARDOSO (1986), PAULA & SIQUEIRA (1987) e PAULA *et alii* (1990) comprovaram o efeito favorável do fungo micorrízico arbuscular *Glomus macrocarpum* Tul. & Tul. na nutrição e aproveitamento do fósforo pela soja. Este fato, associado à baixa efetividade dos fungos nativos, indica grande potencial para o

uso do fungo *Glomus macrocarpum* na sojicultura brasileira (SIQUEIRA & PAULA, 1986). Ademais, foi constatado que a inoculação conjunta *Rhizobium japonicum* – *Glomus macrocarpum* propicia uma nutrição bem equilibrada em relação ao nitrogênio e fósforo em plantas de soja, favorecendo um aumento de produção (SIQUEIRA & PAULA, 1989).

O objetivo do presente trabalho foi selecionar estirpes de *Rhizobium japonicum* adaptadas às condições do trópico semi-árido e dotadas de excepcional eficiência fixadora de nitrogênio em simbiose com a soja tropical, de modo que possam ser utilizadas, futuramente, em trabalhos de inoculações na sojicultura nordestina. Estudou-se, também, o efeito da inoculação conjunta de *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum*, da adubação fosfatada e da calagem, no desenvolvimento da soja tropical, visando avaliar os benefícios proporcionados pela inoculação e manejo do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A SOJA NO NORDESTE

Hoje, graças ao esforço da pesquisa e o conseqüente desenvolvimento da tecnologia, a soja pode ser cultivada em todo o território nacional, inclusive na região Nordeste que já se constitui num grande potencial de produção desta cultura, pois cerca de 20 milhões de hectares apresentam aptidão edafoclimática para o seu cultivo.

A introdução do cultivo da soja na região Nordeste tem trazido relevantes benefícios sociais, visto que o Centro Nacional de Pesquisa de Soja e demais entidades de pesquisa agrícola têm dado ênfase ao uso da soja na alimentação humana, com o intuito de aumentar a oferta de proteína de origem vegetal na região, onde a subnutrição atinge níveis alarmantes, contribuindo para elevar o índice de mortalidade, principalmente na população infantil. Além disso, o seu aproveitamento na indústria nordestina de óleos e rações para aves contribui para a geração de empregos diretos na agricultura.

As áreas de maior potencial encontram-se nos estados da Bahia, Piauí e Maranhão, onde o programa de difusão da cultura da soja é mais intenso, uma vez que os referidos Estados possuem extensas áreas de cerrado, aptos à referida cultura (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1981).

Segundo a EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1988), com a evolução da pesquisa, os resultados obtidos nesses três Estados, com a cultura da soja, foram satisfatórios com produções em torno de 3.000kg/ha., uma vez que pode-se obter com a referida cultura, em solos sob cerrado, rendimentos de até 4.000kg/ha. (DOBEREINER & DUQUE, 1980).

No Ceará, a cultura foi inicialmente introduzida na Ibiapaba, alcançando uma produção de 1.600kg/ha. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1987). Em seguida, expandida para os municípios de Russas, Barbalha, Maracanaú e Quixadá, não alcançou os resultados desejados, com produções inferiores a 2.000kg/ha. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1988). Atualmente, apesar do estado do Ceará não possuir uma produção significativa, a demanda de soja vem crescendo, em virtude do seu uso em rações para aves e gado leiteiro.

A fertilidade natural dos solos de cerrado é, em geral, muito baixa, com pH inferior a 5,5. Em 85% da área ocorre deficiência de matéria orgânica, os teores de cálcio e magnésio trocáveis, fósforo disponível e micronutrientes são baixos e a saturação

de bases inferior a 50%, verificando-se, ainda, alta acidez do solo, acompanhada por teores elevados de alumínio e manganês trocáveis que, passando para a solução do solo, são tóxicos às plantas (GALRÃO & LOPES, 1980 e MALAVOLTA & KLIEMANN, 1980), limitando a produção da soja no cerrado. Desta forma, torna-se necessário a correção dessas limitações através de calagem e adubação.

Contudo, a soja é uma leguminosa que sustenta, nas raízes, um duplo sistema simbiótico com bactérias diazotróficas do gênero *Rhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares os quais têm, respectivamente, a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e propiciar uma maior absorção de fósforo e outros nutrientes, sobretudo em solos pobres (BAREA & AZCÓN-AGUILAR, 1983).

2.2. SELEÇÃO DE ESTIRPES

O trabalho de seleção de rizóbios destinado ao preparo de inoculantes para leguminosas exige a busca contínua de novos materiais objetivando encontrar estirpes de elevada capacidade fixadora do N_2 atmosférico, além dos outros atributos imprescindíveis a um inoculante de alta qualidade.

O processo de seleção de estirpes constitui-se em um fator de primordial importância, uma vez que a interação planta-*Rhizobium* pode variar de acordo com as alterações de determinados fatores inerentes à variedade da planta hospedeira, à bactéria e ao solo (ARAÚJO & KUSTER, 1970). Dentre os fatores associados à planta e à bactéria, a especificidade hospedeira merece destaque.

As estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium* variam, enormemente, na sua capacidade total e eficiência em fixar N_2 atmosférico, apresentando alta especificidade para determinados grupos de leguminosas. Para VASCONCELOS & PAULA (1975), a especificidade dessas bactérias, em simbiose com as leguminosas, pode chegar até ao nível de cultivar sobretudo no caso das cultivares de soja que, quando associadas com as estirpes de *Rhizobium japonicum*, apresentam diferenças marcantes de comportamento em relação à nodulação e à fixação biológica de N_2 .

DOBEREINER *et alii* (1966) e VIDOR *et alii* (1972), também, encontraram grande diversidade de comportamento entre estirpes de *Rhizobium japonicum*, quando associadas com cultivares de soja. Os autores atribuíram esta especificidade hospedeira a fatores de natureza fisiológica e genética atuando entre os dois simbioses.

DIATLOFF & BROCKWELL (1976) verificaram que a estirpe de *Rhizobium japonicum* CB-1809 (SEMIA-586), apesar de ser altamente eficaz com a cultivar Hamptom, mostrou-se ineficiente em relação às cultivares Hardee e Geduld, induzindo a uma baixa nodulação.

VIDOR *et alii* (1979) e PERES & VIDOR (1980) reportaram a importância de estirpes de *Rhizobium japonicum* associarem-se com o maior número de hospedeiros da mesma espécie, promovendo, assim, uma boa nodulação e fixação biológica de N₂ com inúmeras cultivares, visto que estirpes eficientes para um número restrito de cultivares limitam sua utilização em inoculações no campo. OLIVEIRA & VIDOR (1984), em trabalhos de seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* em soja, encontraram diferenças entre elas, sendo que as estirpes INPA-037, SEMIA-51Re, SEMIA-587 e SEMIA-5019 apresentaram melhor comportamento quanto à eficiência fixadora de N₂ atmosférico e baixa especificidade hospedeira.

Além da capacidade de estabelecer uma simbiose eficiente com a maioria das cultivares da espécie hospedeira, o processo de seleção deve objetivar estirpes que possuam a habilidade de competir saprofiticamente com a microflora nativa, alta capacidade de persistir e colonizar o solo, eficiência comprovada em experimentos de campo e alta competitividade por sítios de infecção nodular, de modo que venham a proporcionar uma melhor nodulação e fixação do nitrogênio (FREIRE & VIDOR, 1978).

A competitividade por sítios de infecção deve ser considerada, uma vez que não teria sentido o uso de estirpes, sem que as mesmas possuíssem capacidade de competir com as estirpes nativas na formação dos nódulos. As estirpes SEMIA-587 e 29W (SEMIA-5019) são atualmente recomendadas nacionalmente para a inoculação em soja pela alta eficiência na fixação de nitrogênio e alto potencial competitivo por sítios de infecção nodular, principalmente em solos de cerrados (PERES, 1979; PERES *et alii*, 1981 e VARGAS *et alii*, 1981).

LIRA JÚNIOR *et alii* (1993) verificaram que a estirpe SEMIA-5079 mostrou, também, potencial competitivo para superar as estirpes já estabelecidas no solo, apresentando uma boa nodulação.

BRILL (1977) obteve um mutante de *Rhizobium japonicum* altamente eficiente em fixar N₂, responsável pelo aumento significativo no rendimento de grãos de soja no primeiro ano. Entretanto, o mesmo se mostrou incapaz de competir com as estirpes já existentes no solo nos anos subseqüentes.

Pesquisas mais recentes (VEJSADOVA *et alii*, 1992 e GUO *et alii*, 1993) revelaram que as estirpes D344 e Urbana, além de apresentar essas características desejáveis, concorrem, ainda, para aumentar a colonização das raízes por fungos micorrízicos, principalmente no estado de inflorescência.

2.3. SIMBIOSE *RHIZOBIUM*-SOJA

As leguminosas compõem a terceira maior família de plantas floríferas, sendo superada apenas pelas famílias das *Compositae* e *Orchidaceae* e, além da vantagem

da fixação do N_2 atmosférico, o que as torna auto-suficientes em nitrogênio, contribuindo para o enriquecimento de nitrogênio no solo e melhoria de uma série de propriedades físicas, químicas e biológicas dos horizontes superficiais (VIDOR *et alii*, 1983).

A fixação simbiótica utiliza a luz solar como fonte de energia, diferentemente da fixação química industrial que emprega combustíveis fósseis, constituindo-se, assim, em um processo econômico de se adicionar nitrogênio ao sistema solo-planta, visto que com a crise do petróleo, os preços dos fertilizantes nitrogenados atingiram patamares inacessíveis.

A importância econômica da pesquisa em fixação biológica de N_2 para o Brasil pode ser exemplificada pelos resultados obtidos com a soja, que, devido ao melhoramento vegetal e seleção de rizóbios adaptados, chegou a dispensar qualquer adubo nitrogenado economizando, anualmente, cifras superiores a um bilhão de dólares (DOBEREINER & DUQUE, 1980).

Embora uma série de trabalhos tenham demonstrado que o nitrogênio fixado pelo rizóbio é suficiente para que se obtenha boas produções, outras pesquisas têm acusado alguma resposta ao adubo nitrogenado, demonstrando que, em condições particulares, essa prática pode tornar-se vantajosa. Assim, as respostas de produção de soja, devido ao efeito da adubação nitrogenada têm sido contraditórias.

Segundo BEZDIZEK *et alii* (1974), vários fatores devem ser considerados no estudo da interação rizóbio-adubação nitrogenada, como por exemplo disponibilidade de nitrogênio no solo, época e local de aplicação dos fertilizantes, tipo de hospedeiro, inoculação e eficiência fixadora dos nódulos, entre outros. Os mesmos autores, estudando a influência da adubação nitrogenada na nodulação da soja, verificaram que a aplicação de fertilizantes nitrogenados, por ocasião do plantio, reduz, consideravelmente, a fixação de N_2 atmosférico na fase de crescimento.

LATHWELL & EVANS (1951) observaram que, quando esta adubação é feita no estado de inflorescência, a produção é incrementada.

Para alguns autores (ALLOS & BARTHOLOMEU, 1959; BERGENSEN, 1958 e FRANCO *et alii*, 1978), as plantas jovens de soja necessitam de certa quantidade de nitrogênio mineral, antes do funcionamento da simbiose, que segundo HARDY *et alii* (1971) se dá normalmente entre três e cinco semanas. Para estes autores nessa fase inicial do ciclo da planta, a demanda por nitrogênio é relativamente baixa, mas aplicações de pequenas quantidades de fertilizantes nitrogenados no solo poderiam estimular o crescimento inicial das plantas, o desenvolvimento do tecido nodular e a conseqüente fixação do N_2 atmosférico.

Por sua vez, VARGAS *et alii* (1982) citaram que a soja inicia o processo de fixação do N_2 atmosférico poucos dias após a emergência das plântulas e o mantém em nível elevado praticamente por todo o seu ciclo reprodutivo, indicando ser desnecessário o emprego de adubos nitrogenados para a referida cultura.

VIDOR *et alii* (1983) relataram que tanto o N₂ atmosférico quanto o nitrogênio combinado, são exigidos durante o ciclo inicial de crescimento, para a leguminosa alcançar um maior teto de produção. Contudo, são raros os trabalhos que registram algum benefício da adubação nitrogenada na produção de grãos de soja.

HATFIELD *et alii* (1974) obtiveram um aumento significativo no número de nódulos da soja com a aplicação de pequenas doses de nitrogênio, após a emergência das plantas, em um experimento conduzido em areia e solução nutritiva.

Um ensaio realizado por DOBEREINER & ARRUDA (1967) demonstrou que, desde que o teor de cálcio não seja limitante, a aplicação de pequenas doses de nitrogênio combinado pode contribuir para um aumento da nodulação.

Porém, a aplicação mesmo de pequenas doses de nitrogênio (10-20kg/ha) não é mais recomendada, pois, pesquisas desenvolvidas mais recentemente evidenciaram que, estando a soja bem nodulada, não há respostas, em termos de produção de grãos, à aplicação de quaisquer que sejam as doses do nitrogênio, concluindo que a correta utilização da prática de inoculação, juntamente com o nitrogênio do solo, seriam suficientes para suprirem as necessidades deste nutriente para a planta (BARNI *et alii*, 1977; BARNI *et alii*, 1978 e CAMPO & SFREDO, 1981).

Conduzindo experimentos com diferentes níveis de adubação nitrogenada associados à inoculação no desenvolvimento da soja, VASCONCELOS *et alii* (1974), verificaram que a produção de grãos foi independente das doses de nitrogênio e dependente da inoculação.

Para GIBSON (1974), citado por VIDOR *et alii* (1983), a adubação nitrogenada na soja retarda o desenvolvimento dos nódulos e, quando aplicada em concentrações pesadas, diminui o peso dos mesmos, podendo levá-los a senescência e, como consequência, a fixação de N₂ seria reduzida parcialmente.

FRANCO *et alii* (1978) demonstraram que a aplicação de adubos nitrogenados na cultura da soja aumentou o nitrogênio total contido na planta, mas não houve aumento da produção correspondente. Sem a aplicação do adubo, 40% do nitrogênio total da planta veio da fixação simbiótica e com aplicação de 150kg de N/ha, esse valor caiu para 16%, tornando-se assim o uso do adubo nitrogenado em soja uma prática antieconômica.

STREETER (1973) mostrou que, estando a soja eficientemente nodulada, a simbiose poderia suprir até 100% do nitrogênio total requerido pela soja.

Pesquisadores da EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979a) e PERES *et alii* (1981) alcançaram altos níveis de produtividade (superiores a 3.000kg/ha) de grãos de soja sem o uso de adubos nitrogenados. Para DOBEREINER & DUQUE (1980) pode-se obter, com a cultura da soja em solos sob cerrado, rendimentos de até 4.000kg/ha, dispensando-se a adubação nitrogenada.

O efeito prejudicial dos adubos nitrogenados sobre a fixação simbiótica pode ser explicado admitindo-se que a aplicação do adubo induz a síntese de mais proteína para o crescimento, desviando, para esse fim, os produtos da fotossíntese que normalmente iriam alimentar as bactérias do nódulo, diminuindo assim a fixação (ROSOLEM, 1982).

Outrossim, é importante ressaltar, também, que a aplicação de nitrogênio mineral aumenta a acidez do solo, causando, em consequência, redução na produção em cultivos sucessivos.

2.4. SIMBIOSE FUNGOS MICORRÍZICOS-PLANTA

A ocorrência de fungos micorrízicos nas raízes das plantas superiores é tão freqüente que as plantas que não interagem com esses fungos simbiotes constituem uma exceção na natureza (MARX & BRYAN, 1975). GERDEMANN (1968) mencionou que a distribuição das micorrizas arbusculares é generalizada no ambiente terrestre, tendo sido constatada na maioria dos *habitats* naturais, desde as regiões árticas até os trópicos.

Morfológica e anatomicamente, as micorrizas arbusculares são caracterizadas pela invasão inter e intracelular das células corticais das raízes das plantas pelas hifas do fungo, com formação de arbúsculos e, em alguns casos, vesículas e esporos característicos (ZAMBOLIM & SIQUEIRA, 1985).

FRANK (1885), citado por ZAMBOLIM & SIQUEIRA (1985), postulou que os fungos, quando colonizavam as raízes, exerciam a função de pêlos absorventes, através da formação de uma rede de hifas externas, contribuindo para uma melhor absorção de nutrientes e água do solo e translocando-os para as plantas. A absorção radicular é aumentada cerca de sessenta vezes pelo efeito das hifas (BIELESKI, 1973), que penetram no solo, aumentando a área de absorção e permitindo a exploração de nutrientes presentes além da zona de ação dos pêlos radiculares (SIQUEIRA, 1988).

Segundo MOSSE (1973), o efeito das micorrizas no aumento da produção vegetal tem sido atribuído à maior absorção de fósforo, zinco e cobre pelas plantas micorrizadas. O mecanismo de transferência destes nutrientes às plantas hospedeiras é pouco conhecido, mas, aparentemente, existe o envolvimento de enzimas específicas produzidas pelos fungos (GIANINAZZI & GIANINAZZI-PEARSON, 1979 e ALEXANDER & HARDY, 1981).

ROSS & HARPER (1970) foram os primeiros a investigar os efeitos benéficos das micorrizas arbusculares sobre a nutrição da soja, mostrando que os teores de fósforo em plantas micorrizadas eram 100, 50 e 27% maiores que os das plantas não micorrizadas e adubadas com superfosfato triplo, nas doses de 0, 22 e 80ug/cm³, res-

pectivamente. LOPES *et alii* (1980), estudando o efeito de espécies de micorrizas arbusculares em siratro, verificaram que, de modo geral, as maiores produções de matéria seca estão relacionadas com os maiores índices de colonização das raízes.

Estudos realizados (LOPES & SIQUEIRA, 1981; MOSSE, 1981; LOPES *et alii*, 1983 e ZAMBOLIM & SIQUEIRA, 1985) revelaram que os efeitos das micorrizas arbusculares eram mais acentuados em solos deficientes de fósforo disponível, e que as plantas exploravam, mais eficientemente, em tempo e espaço, a reserva de fósforo lábil do solo, apesar de terem acesso às mesmas formas de fósforo que as plantas não micorrizadas.

Outros trabalhos mostraram que, quando o fósforo era fornecido em quantidades superiores às requeridas para o crescimento ótimo das plantas, observava-se efeitos inibitórios no funcionamento e estabelecimento desta simbiose, bem como na dependência da planta hospedeira ao micotrofismo (MENGE *et alii*, 1978; MENGE, 1982 e SIQUEIRA, 1984). MOSSE (1973) comprovou que muitas plantas absorvem mais fósforo e crescem melhor em solos com baixo teor deste nutriente quando inoculadas com endófitos arbusculares.

MANJUNATH & BAGYARAJ (1984) e ALMEIDA *et alii* (1988), trabalhando com plantas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cultivadas em solo não esterilizado, com baixo conteúdo de fósforo e adubado com pequena quantidade de superfosfato triplo (22kg/ha), perceberam nitidamente o efeito da baixa dosagem de fósforo empregada favorecendo a percentagem de colonização micorrízica nas raízes, o processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico e, por conseguinte, incrementando o desenvolvimento das plantas. Outrossim, estes autores verificaram um aumento do peso seco e dos conteúdos de nitrogênio e fósforo da parte aérea, bem como do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares no solo.

PAULA *et alii* (1990) observaram que a introdução de populações efetivas de fungos micorrízicos arbusculares em solo sob condições subótimas de P_2O_5 , cultivado com soja, propiciou uma maior absorção de nitrogênio e fósforo, enquanto a produção de matéria seca e grãos apresentou resultados equivalentes à adição de $400\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P_2O_5 , concluindo que a presença dos fungos micorrízicos pode representar uma grande economia no uso de fertilizantes fosfatados.

SIQUEIRA & PAULA (1986) verificaram que a inoculação com *Glomus macrocarpum* em um solo sob cerrado, deficiente de fósforo e cultivado com soja, juntamente com a aplicação de $30\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P_2O_5 , propiciou uma produção similar à máxima que foi obtida quando se aplicou $240\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P_2O_5 sem micorriza, caracterizando assim, uma economia de $210\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P_2O_5 , devido à ação do *Glomus macrocarpum*. Ainda, segundo os citados autores, se os fungos micorrízicos pudessem ser manejados de modo a aumentar em apenas 20% a eficiência do fósforo, em solos sob cerrado deficiente deste nutriente, cerca de 1,0 bilhão de toneladas de P_2O_5 seriam economizadas.

2.5. INTERAÇÃO *RHIZOBIUM* – FUNGOS MICORRÍZICOS

A natureza dos efeitos benéficos dos fungos micorrízicos arbusculares na fixação simbiótica do nitrogênio em leguminosas não está, ainda, completamente elucidada. Sabe-se que a micorrização, através de seu efeito físico na extensão do sistema radicular das plantas, representa um importante mecanismo para a maximização na absorção de fósforo, favorecendo a fixação biológica do nitrogênio, visto que este processo possui um alto requerimento de fósforo, nutriente essencial nas transferências de energia nas células vivas. Assim, em condições de deficiência de fósforo, o próprio crescimento da planta fica afetado, contribuindo para uma redução na atividade do sistema simbiótico de fixação de nitrogênio.

Leguminosas com dupla simbiose – *Rhizobium* e micorrizas arbusculares – mostram maior nodulação, atividade da nitrogenase, concentração de leg-hemoglobina e teor de nitrogênio (CARLING *et alii*, 1978 e SILVEIRA & CARDOSO, 1987).

Evidências indicam que esses benefícios ocorrem em consequência do melhor estado nutricional da planta micorrizada e da exigência de fósforo para a formação dos nódulos, sendo isto um efeito secundário da micorriza sobre a fixação biológica do nitrogênio pelo *Rhizobium* (CRUSH, 1974; GIBSON, 1976; SMITH *et alii*, 1979 e ROBSON *et alii*, 1981). ASIMI *et alii* (1980) acreditam que a micorriza tem um efeito na bactéria de natureza ainda desconhecida, mas o efeito mais importante é, seguramente, devido a maior absorção de fósforo.

Em experimentos realizados com soja (BAGYARAJ *et alii*, 1979, ZAMBOLIM & SCHENCK, 1984 e CARDOSO, 1986) observaram que a interação *Rhizobium-Glomus* aumentou significativamente o peso e o número de nódulos, o peso seco e o conteúdo de nitrogênio da parte aérea e o peso seco do sistema radicular e das vagens.

VEJSADOVA *et alii* (1992) constataram que plantas de soja inoculadas com as estirpes de *Rhizobium japonicum* D344 e Urbana, em solos com baixos níveis de nitrogênio e fósforo, apresentaram uma maior atividade da nitrogenase, crescimento e produção de vagens, além de aumentos significativos na concentração de fósforo, cobre e zinco, na presença de fungo micorrízico do gênero *Glomus*.

PAULA & SIQUEIRA (1987) evidenciaram que o efeito benéfico da inoculação de *Glomus macrocarpum* sobre a fixação biológica do nitrogênio aumentou, linearmente, quando se aplicou doses de P_2O_5 até 60ug/cm^3 , em soja cultivada em solo virgem sob cerrado, observando um aumento de 100% no acúmulo de nitrogênio, em relação às plantas não micorrizadas. Em doses superiores a 120ug/cm^3 de P_2O_5 , os autores verificaram um decréscimo no benefício decorrente da atividade do fungo.

DAFT & EL-GIAHMI (1975) e ANTUNES *et alii* (1983) obtiveram sensíveis aumentos

no peso seco da parte aérea das plantas e dos nódulos, a proporção que aumentaram a concentração de esporos de fungos micorrízicos do gênero *Glomus* no solo.

BETHLENFALVAY & YODER (1981), conduzindo um experimento para avaliar o efeito da interação *Rhizobium-Glomus*-soja, em solução nutritiva, demonstraram que a diminuição do suprimento de fósforo causava, inicialmente, um menor desenvolvimento dos nódulos e, posteriormente, afetava o crescimento da planta.

BONETTI & DONALD (1984), estudando o efeito da inoculação de *Rhizobium*, micorrizas e aplicação de fósforo no desenvolvimento da soja em um Latossolo-Amarelo e sob condições de casa-de-vegetação, verificaram ser o fósforo o elemento que mais restringiu a nodulação e o crescimento da planta e que, nos tratamentos com solo esterilizado, sem aplicação deste nutriente e da micorriza, a nodulação foi ausente.

LOPES *et alii* (1980) constataram que, em condições de extrema deficiência de fósforo, a colonização com fungos micorrízicos é indispensável para o estabelecimento da nodulação em várias espécies de leguminosas. Portanto, fica evidente que a simbiose soja-*Rhizobium*-fungos micorrízicos é um sistema mais eficiente para extrair os nutrientes limitantes e suprir as necessidades das plantas, dispensando as adubações, principalmente em solos pobres, como é o caso dos cerrados.

2.6. EFEITO DA CALAGEM SOBRE A INTERAÇÃO *RHIZOBIUM*-FUNGOS MICORRÍZICOS

Diversos trabalhos ressaltam os efeitos benéficos da calagem na associação *Rhizobium-Glomus*-leguminosa.

SANCHES & SALINAS (1981) citaram que 50% dos solos da América Tropical são deficientes em cálcio, e que respostas de leguminosas à calagem têm sido obtidas, nestes solos, com muita frequência. ISWARAN *et alii* (1970) mencionaram que, apesar das leguminosas de clima tropical nodularem e se desenvolverem bem em condições de solos ácidos, a máxima fixação de nitrogênio pode ser obtida com moderada aplicação de calcário.

Dados experimentais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979a) têm demonstrado que a atividade microbiana em solos de cerrado é elevada, acentuadamente, com a aplicação de calcário. Para MALAVOLTA (1976) a faixa de pH entre 6,0 e 7,0 é a mais favorável para a maioria da microflora presente no solo.

A influência do pH pode ser direta, sobre a atividade da bactéria e, indireta, sobre a fisiologia da planta. Em pH abaixo de 5,5 há um aumento da disponibilidade de íons de manganês, ferro e alumínio, que são inibidores do *Rhizobium* e diminuem a disponibilidade de nutrientes essenciais como o fósforo, molibdênio e enxofre (ALEXANDER, 1977).

Alguns estudos demonstraram que o cálcio é necessário para o desenvolvimento dos tecidos meristemáticos nas raízes, bem como nos nódulos (ANDREW & NORRIS, 1961), proporcionando, desta maneira, um aumento no número e tamanho dos mesmos (DOBEREINER *et alii*, 1966).

De acordo com EPSTEIN (1975), o processo de infecção dos pêlos radiculares depende de uma certa concentração de cálcio no meio, sendo esta necessidade maior no início do desenvolvimento dos nódulos.

MCCALLA, citado por DE MOOY (1973), demonstrou que o cálcio é requerido pelo *Rhizobium* para a sua proliferação, bem como para uma nodulação eficiente, constando que esta cresceu proporcionalmente à adição de cálcio em solos com elevada acidez. Segundo o autor, nestes solos a nodulação é ausente ou, quando os nódulos se formam, não funcionam satisfatoriamente, apresentando tamanho reduzido e cor interna branca.

Outros trabalhos realizados (NEME, 1967; CARVALHO *et alii*, 1970 e JONES, 1970), em diferentes condições de solos tropicais, demonstraram que a aplicação de calcário apresentava efeito no aumento de produção de matéria seca e conteúdo de proteína na parte aérea e no incremento da população de *Rhizobium*. Ademais, a calagem neutraliza o excesso de alumínio e manganês tóxicos no solo, fornece cálcio e magnésio como nutrientes, aumenta a disponibilidade de fósforo e molibdênio através da liberação de formas adsorvidas nas partículas de solo, favorecendo, marcadamente, a simbiose em solos ácidos (VIDOR, *et alii*, 1983).

MASCARENHAS *et alii* (1982) revelaram que a calagem melhora as condições do ambiente do solo para a atuação das bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico que se desenvolvem nas raízes. Para os autores, essas bactérias atuam melhor quando a soma dos teores de cálcio e magnésio é igual ou superior a 3meq/100g em solos argilosos e 2,5meq/100g em solos arenosos.

LOWTHER & LONERAGAN (1968), trabalhando com trevo subterrâneo em solução nutritiva, concluíram que, em uma concentração de 720uM de cálcio, o número de nódulos triplicou e a distribuição tornou-se mais uniforme quando comparada com a da concentração de 246uM, onde os nódulos se limitavam a proximidade da base das raízes.

CABEDA & FREIRE (1968), em três solos estudados para duas cultivares de soja, observaram que a aplicação de calcário, recomendada para atingir pH 6,5, promoveu um aumento na fixação de nitrogênio de 17% a 73% para a cultivar Majós, e de 23% a 104%, para a cultivar Hill.

MASCARENHAS & MIYASAKI (1967); FREIRE *et alii* (1968); RUSCHEL & EIRA (1969); BAUMGARTNER *et alii* (1974) e SAMARÃO *et alii* (1986), trabalhando com soja, evidenciaram que a aplicação de cálcio propiciou um aumento na massa nodular, maior peso seco das plantas e, conseqüentemente, um aumento na fixação de N₂, melhorando, por conseguinte, as condições para a simbiose soja-*Rhizobium*.

Em geral, fungos micorrízicos do gênero *Glomus* comumente apresentam maior taxa de germinação e colonização radicular em solos que variam da neutralidade a alcalinidade e, raramente, estabelecem simbiose com plantas em solos com elevada acidez (LOPES *et alii*, 1982). GREEN *et alii* (1976) constataram, que a germinação de esporos de *Glomus mosseae* é favorecida por reações neutras e alcalinas, e diminui, rapidamente, em pH abaixo de 7,0.

MOSSE (1972), trabalhando com dois solos do cerrado brasileiro, verificou que plantas inoculadas com espécie de *Glomus* tiveram a produção de matéria seca duplicada quando o pH do solo foi elevado de 4,8 para 5,8; por sua vez, as plantas colonizadas por fungos nativos cresceram 5,6 vezes mais sob pH 5,8 que sob 4,8. SIQUEIRA *et alii* (1986) observaram que, tanto a colonização das raízes quanto a taxa de germinação de fungos do gênero *Glomus*, responderam positivamente com a elevação do pH e, negativamente, com a alta concentração e saturação de alumínio no solo, que parece ser o principal fator fungistático sobre a associação.

Não existe um pH determinado para o cultivo da soja, mas, considerando-se um grande número de referências pode-se destacar a faixa de pH no solo entre 5,5 e 7,0 como favorável ao seu desenvolvimento (DE MOOY *et alii*, 1966). RAJ *et alii* (1977) mostraram que as produções máximas da soja ocorreram quando se elevou o pH do solo ao redor de 6,0 ou o teor de Ca+Mg em torno de 3,0 meq/100ml de solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram desenvolvidos em duas etapas distintas, sendo uma em laboratório e a outra sob condições de casa-de-vegetação.

3.1. TESTE DE SELEÇÃO DE ESTIRPES

No laboratório de Microbiologia do solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará realizou-se o teste de seleção, utilizando-se 50 estirpes de rizóbio, isoladas de soja, em tubos de cultura contendo 30ml de solução de Norris agarizada, isenta de nitrogênio.

As sementes foram inoculadas com 0,1ml de suspensão bacteriana, com aproximadamente 7 dias de idade, e adubadas a cada 10 dias com solução nutritiva de Norris, isenta de nitrogênio, na proporção de 10ml/tubo. Referidos tubos foram colocados em suportes de madeira e levados à câmara de crescimento onde permaneceram por 45 dias. A câmara de crescimento foi iluminada artificialmente alternando-se períodos de 12 horas de luz e 12 horas de escuro. O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado.

Foram avaliados a coloração interna, forma e posição dos nódulos no sistema radicular, peso dos nódulos secos, número de nódulos, cor das folhas, altura e peso da matéria seca da parte aérea.

3.2. EFEITOS DA INOCULAÇÃO, ADUBAÇÃO FOSFATADA E CALAGEM

Esta etapa realizou-se em casa-de-vegetação, localizada no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, na qual foram instalados dois experimentos: num, o solo teve seu pH corrigido para a faixa de 6-7, através de calagem (Experimento I), e, no outro, o solo não recebeu calagem (Experimento II).

Os experimentos compreenderam nove tratamentos, constando de inoculações com *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum*, adubação mineral com baixa dosagem de fósforo (0,34g de superfosfato triplo/parcela) e adubação com NPK, conforme recomendação da análise de solo, nas seguintes dosagens: 2,3g/parcela de uréia; 0,68g/parcela de superfosfato triplo e 0,525g/parcela de cloreto de potássio. Os tratamentos estão descritos na Tabela 01. Foi adotado um delineamento experimental inteiramente ao acaso com 09 tratamentos e 05 repetições, sendo os resultados analisados estatisticamente pelos testes F e Tuckey ao nível de 5% de probabilidade (ALBUQUERQUE, 1980).

O solo utilizado foi um Latossolo Amarelo proveniente do cerrado piauiense, localizado no município de Regeneração-Pi, não esterilizado, que apresentou baixo teor de fósforo extraível e baixo pH (Tabela 02), conforme análise realizada no Laboratório de Solos do CCA/UFC, de acordo com os métodos descritos pela EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979b).

TABELA 01 – Descrição dos tratamentos usados nos Experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamentos
Não Inoculado
Não Inoculado + Adubado com NPK (ra)
Não Inoculado + SFT
Inoculado com Rh.
Inoculado com Rh. + SFT
Inoculado com Rh. + G.m.
Inoculado com G.m.
Inoculado com G.m. + SFT
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT

ra – recomendação de adubação
SFT – Superfosfato triplo
Rh. – *Rhizobium japonicum*
G.m. – *Glomus macrocarpum*

Os fertilizantes fosfatados usados foram incorporados ao solo dos vasos por ocasião da semeadura e inoculações, enquanto a calagem foi realizada 30 dias antes das mesmas, na dosagem de 10g de calcário/parcela.

As fontes de fósforo e cálcio utilizadas nos tratamentos foram superfosfato triplo, com 45% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico e calcário, com 37,8% de CaO e 14,7% de MgO, respectivamente.

A semeadura se processou em sacos pretos de polietileno contendo aproximadamente 3kg de solo, sendo que, inicialmente, foram plantadas três sementes por saco, deixando-se após o desbaste apenas duas plantas por parcela.

Nos tratamentos com *Rhizobium*, as sementes foram tratadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% e inoculadas com uma mistura das estirpes 392-A, 381-A, 123-B e 701-A que se destacaram no teste de seleção.

A inoculação com o fungo micorrízico foi realizada aplicando-se o inóculo, na forma de esporos, sobre papel de filtro e colocando diretamente no solo, a uma profundidade de 5cm abaixo das sementes. Foi usado como inóculo a espécie *Glomus*

macrocarpum proveniente do Banco de Inóculo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, na proporção de 70 esporos/parcela.

O pH do solo foi determinado na instalação e colheita dos experimentos em casa-de-vegetação. Foram, também, realizadas leituras periódicas das temperaturas do solo às 8,00h e 14,00h.

TABELA 02 – Algumas características físicas e químicas do solo de Regeneração-Pi, utilizado nos experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 1993.

Características	
Areia grossa (%).....	28,00
Areia fina (%).....	44,00
Silte (%).....	6,00
Argila (%).....	22,00
Classe textural.....	Franco argilo arenoso
Densidade aparente (g/cm ³).....	1,32
Umidade a 15 atm (%).....	8,10
Umidade a 1/3 atm (%).....	14,50
pH (H ₂ O).....	4,40
Condutividade elétrica (dS/m).....	0,30
Complexo Sortivo (cmol ⁽⁺⁾ /Kg de solo):	
Ca ²⁺	0,20
Mg ²⁺	0,10
Na ⁺	0,07
K ⁺	0,07
H ⁺ + Al ³⁺	4,00
Al ³⁺	1,30
Capacidade de troca de cátion (cmol ⁽⁺⁾ /kg de solo):	4,40
Saturação de bases (%).....	9,00
Saturação em Alumínio (%).....	25,30
Carbono orgânico (%).....	1,01
Matéria orgânica (%).....	1,74
Fósforo extraível (ug/cm ³).....	5,00

Durante os experimentos foi aplicada, semanalmente, nos sacos, exceto nos do tratamento da Testemunha Não Inoculada, solução nutritiva de Hewitt (1966), isenta de nitrogênio e fósforo, na proporção de 3ml por quilograma de solo. Além disso, procurou-se manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, utilizando-se água de abastecimento fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará.

Os experimentos tiveram uma duração de 45 dias após a semeadura, ocasião em

que foram analisados em cada parcela os seguintes parâmetros: altura, peso da matéria seca, conteúdos de fósforo e nitrogênio totais pelo método de (TEDESCO *et alii*, 1985) da parte aérea das plantas; percentagem de colonização micorrízica pelo método de coloração das raízes (PHILLIPS & HAYMANN, 1970), complementado pelo método de interseção das linhas (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980); número de esporos no solo pelo método de peneiramento via úmida (GERDEMANN & NICOLSON, 1963) e caracterização da nodulação das raízes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 03 estão registrados os valores médios das temperaturas, bem como o pH inicial e final do solo dos Experimentos I e II.

No Experimento I, em que foi realizada a calagem, observou-se um pH inicial de 6,0 e final de 6,4, faixa esta favorável à atuação das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (MASCARENHAS *et alii*, 1982), do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* (LOPES *et alii*, 1982) e ao desenvolvimento da soja (RAIJ *et alii*, 1977).

Os valores médios de temperatura mínima de 26°C e máxima de 35°C observados estão dentro da faixa tolerável tanto para o estabelecimento das associações com fungos micorrízicos (SCHENCK & SCHRODER, 1974), quanto para bactérias do gênero *Rhizobium* (HUNGRIA & FRANCO, 1988).

Os resultados de cada variável analisada encontram-se nas Tabelas 04, 05, e 06, para o teste de seleção de estirpes, nas Tabelas 07, 08, 09, 10, 11 e 12, para o Experimento I e nas Tabelas 13, 14, 15, 16, 17 e 18 para o Experimento II. As análises da variância dos parâmetros estudados são mostradas no Anexo A, para o teste de seleção de estirpes, no Anexo B, para o Experimento I e, no Anexo C, para o Experimento II. Pelas análises estatísticas pode-se observar, que houve diferenças significativas entre os tratamentos (ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey).

TABELA 03 – Valores médios de pH e temperaturas máximas e mínimas do solo nos Experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 1993.

Experimento	Temperatura (°C)		pH	
	Mínima	Máxima	Inicial	Final*
I	26,0	35,0	6,0	6,4
II	26,0	35,0	4,4	4,4

(*) O pH final representa a média relativa a todos os tratamentos uma vez que não houve drásticas variações entre eles.

4.1. TESTE DE SELEÇÃO DE ESTIRPES

Das 50 estirpes testadas, foram selecionadas 13 que se mostraram mais promissoras nas condições em que foi realizada a inoculação, sendo que deste total apenas as estirpes 392-A, 701-A, 381-A e 123-B se destacaram em nodular eficientemente as raízes e aumentar o peso da matéria seca e altura da parte aérea das plantas (Tabelas 04 e 45). Na Tabela 04 pode-se observar as características da nodulação em soja.

A Tabela 05 mostra os resultados médios relativos ao peso da matéria seca da parte aérea. As estirpes que apresentaram as melhores médias foram 102-A, 113-C, 211-A, 701-A, 352-B, 381-A, 123-B e 392-A, sendo as três últimas as únicas que diferiram estatisticamente da Testemunha sem nitrogênio.

A Testemunha sem nitrogênio apresentou a menor média de altura da parte aérea, embora só diferisse estatisticamente dos tratamentos com as estirpes 381-A, 701-A, 102-A, 123-B e 392-A como pode ser observado na Tabela 05.

As estirpes 123-B, 392-A, 701-A, 352-B e 508-A registraram os maiores valores de peso dos nódulos secos, diferindo estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade das três menores médias, observadas nas estirpes 351-B, 261-B e 101-A, (Tabela 06).

Os resultados referentes ao número de nódulos são mostrados na Tabela 06. As estirpes 392-A, 701-A, 381-A, 102-A e 123-B obtiveram os melhores resultados e diferiram estatisticamente das três menores médias, verificadas nas estirpes 351-A, 261-B e 101-A.

TABELA 04 – Características da nodulação em soja tropical observadas sob condições de laboratório. Fortaleza, Ceará, 1993.

Estirpes	Posição dos Nódulos	Cor dos Nódulos	Cor das Folhas	Forma dos Nódulos
508-A	P - S	Marrons	Verde	Esférica
113-C	P - S	Marrons	Verde	Esférica
392-A	P - S	Róseos	Verde	Esférica
704-A	P - S	Branços	Verde	Esférica
			Amarelada	
701-A	S	Marrons	Verde	Esférica
381-A	P	Róseos	Verde	Esférica
261-B	S	Branços	Amarelada	Esférica
102-A	P - S	Branços	Verde	Esférica
351-B	P - S	Branços	Verde	Esférica
			Amarelada	
211-A	S	Branços	Verde	Esférica
			Amarelada	
352-B	P - S	Marrons	Verde	Esférica
123-B	P - S	Marrons	Verde	Esférica
101-A	S	Branços	Verde	Esférica
			Amarelada	
TEST. c/N	-	-	Amarelada	-
TEST. s/N	-	-	Amarelada	-

P - Nódulos na raiz principal
 S - Nódulos na raiz secundária
 TEST. c/N - Testemunha nitrogenada
 TEST. s/N - Testemunha sem nitrogênio

TABELA 05 – Média dos dados relativos ao peso seco da matéria seca e altura das plantas, do teste de seleção de estirpes. Fortaleza, Ceará, 1993.

Estirpes	Peso da Matéria seca (g)	Percentual Relativo (%)	Altura (cm)	Percentual Relativo (%)
580-A	0,203 bcd*	169	31,43 abc*	166
113-B	0,210 abcd	175	31,33 abc	210
392-A	0,380 a	316	41,00 ab	215
704-A	0,183 bcd	152	27,66 abc	145
701-A	0,250 abcd	208	40,00 ab	165
381-A	0,290 abc	241	44,00 a	231
261-B	0,136 cd	113	22,00 bc	116
102-A	0,230 abcd	191	42,33 ab	223
351-B	0,163 cd	136	36,33 abc	191
211-A	0,210 abcd	175	31,00 abc	163
352-B	0,210 abcd	175	37,00 abc	195
123-B	0,330 ab	275	41,33 ab	217
101-A	0,183 cd	152	38,00 abc	200
TEST. c/N	0,156 cd	130	24,00 abc	126
TEST. s/N	0,120 d	100	19,00 c	100
	D.M.S. = 0,16		D.M.S. = 20,63	
	C.V. = 25,27		C.V. = 20,31	

TEST. c/N – Testemunha nitrogenada
 TEST. s/N – Testemunha sem nitrogênio

(*) Médias seguidas de uma mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

TABELA 06 – Média do peso dos nódulos secos e número de nódulos do teste de seleção de estirpes. Fortaleza, Ceará, 1993.

Estirpes	Peso dos Nódulos secos (g)	Número de Nódulos*
508-A	0,026 abc**	3,16 bcde**
113-C	0,022 bcd	2,97 def
392-A	0,031 ab	4,02 ab
704-B	0,022 bcd	2,84 de
701-A	0,028 abc	3,53 abcd
381-A	0,029 abc	4,14 a
261-B	0,014 d	2,11 f
102-A	0,024 bcd	3,43 abcd
351-B	0,017 d	2,53 ef
211-A	0,019 cd	2,65 def
352-B	0,026 abc	2,79 def
123-B	0,035 a	3,85 abc
101-A	0,015 d	2,34 ef
	D.M.S. = 0,01	D.M.S. = 0,89
	C.V. = 14,65	C.V. = 9,66

(*) – Dados transformados para x

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

4.2. EFEITOS DA INOCULAÇÃO, ADUBAÇÃO FOSFATADA E CALAGEM

4.2.1. EXPERIMENTO I

4.2.1.1. ALTURA DA PARTE AÉREA

Na Tabela 07 são apresentados os dados referentes à altura da parte aérea das plantas do Experimento I.

O tratamento Não Inoculado registrou a menor média relativa a altura da parte aérea, embora não tenha diferido estatisticamente dos tratamentos Não Inoculado + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Rhizobium japonicum* e Inoculado com *Glomus macrocarpum*.

O tratamento Inoculado apenas com *Rhizobium japonicum* apresentou valores significativamente inferiores quando comparado com os tratamentos Inoculados com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + Superfosfato Triplo.

Esses resultados concordam com os encontrados por PAULA & SIQUEIRA (1987), ao observarem que tanto a moderada adubação fosfatada quanto a presença do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* influenciam significativamente o crescimento, a nodulação e a quantidade de nitrogênio acumulado pela soja.

TABELA 07 – Altura da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamento	Altura (cm)	Altura relativa (%)
Não Inoculado	34,8 d *	100
Não In. + Adubado com NPK (ra)	45,9 abc	129
Não Inoculado + SFT	41,8 bcd	120
Inoculado com Rh.	39,0 cd	112
Inoculado com Rh. + SFT	48,3 ab	153
Inoculado com Rh. + G.m.	49,3 ab	139
Inoculado com G.m.	39,6 bcd	115
Inoculado com G.m. + SFT	44,2 bc	125
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	53,2 a	134
D.M.S. = 8,94		
C.V. = 9,78		

ra - Recomendação de adubação

SFT - Superfosfato Triplo

Rh. - *Rhizobium japonicum*

G.m. - *Glomus macrocarpum*

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

4.2.1.2. PESO DA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA

Os resultados referentes ao peso da matéria seca da parte aérea do Experimento I podem ser observados na Tabela 08.

O tratamento que mostrou menor rendimento relativo ao peso da matéria seca da parte aérea foi o Não Inoculado, apresentando-se semelhante aos tratamentos Inoculado com *Glomus macrocarpum*, Não Inoculado + Superfosfato Triplo e Inoculado com *Rhizobium japonicum*.

TABELA 08 - Peso da matéria seca da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1992.

Tratamento	Peso seco g/parcela	Peso seco relativo (%)
Não Inoculado	3,20 b*	100
Não In. + Adubado com NPK (ra)	6,07 a	189
Não Inoculado + SFT	4,01 b	125
Inoculado com Rh.	4,23 b	132
Inoculado com Rh. + SFT	6,20 a	194
Inoculado com Rh. + G.m.	6,22 a	193
Inoculado com G.m.	4,16 b	130
Inoculado com G.m. + SFT	5,57 a	174
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	6,59 a	206
D.M.S. = 1,06		
C.V. = 9,92		

ra - Recomendação de adubação
SFT - Superfosfato Triplo
RH. - *Rhizobium japonicum*
G.m. - *Glomus macrocarpum*

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

A baixa dosagem de fósforo empregada foi suficiente para incrementar a produção de matéria seca, quando associada à inoculação com *Rhizobium* e fungos micorrízicos, visto que nos tratamentos Inoculados com *Rhizobium japonicum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum*, Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo ocorreram os melhores resultados relativos ao peso da matéria seca da parte aérea, sendo semelhantes ao Não Inoculado + Adubado com NPK. Entretanto, neste último tratamento os gastos realizados com fertilizantes o torna inviável.

Tais resultados concordam com os trabalhos da EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979a) que evidenciaram uma melhor atividade microbiana em solos

do cerrado em decorrência de sua correção, através da aplicação de calcário, e de MANJUNATH & BAGYARAJ (1984) e ALMEIDA *et alii* (1988), segundo os quais o uso de uma pequena dosagem de fósforo resulta em máximo benefício para a tríplice associação Leguminosa-*Rhizobium*-fungos micorrízicos arbusculares.

4.2.1.3. CONTEÚDO DE NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA

Os dados relativos ao conteúdo de nitrogênio da parte aérea das plantas do Experimento I encontram-se descritos na Tabela 09.

TABELA 09 – Conteúdo total de nitrogênio da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamento	Conteúdo de N mg/parcela	Conteúdo de N relativo (%)
Não Inoculado	57,92 b*	100
Não In. + Adubado com NPK (ra)	156,10 a	270
Não Inoculado + SFT	64,46 b	111
Inoculado com Rh.	84,45 b	146
Inoculado com Rh. + SFT	162,54 a	280
Inoculado com Rh. + G.m.	165,54 a	286
Inoculado com G.m.	79,48 b	137
Inoculado com G.m. + SFT	98,94 b	171
Inoculado com RH. + G.m. + SFT	167,95 a	290
D.M.S. = 42,62		
C.V. = 17,75		

ra – Recomendação de adubação

SFT – Superfosfato Triplo

Rh. – *Rhizobium japonicum*

G.m. – *Glomus macrocarpum*

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

O maior conteúdo de nitrogênio foi registrado nos tratamentos Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum*, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + Superfosfato Triplo e Não Inoculado + Adubado com NPK, os quais diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

Isto evidencia ser desnecessário o uso de adubação nitrogenada em soja quando se faz a inoculação com estirpes de *Rhizobium japonicum* eficientes e específicas em condições adequadas, juntamente com uma adubação fosfatada econômica e inoculação com fungo micorrízico *Glomus macrocarpum*.

Assim, esses resultados comprovam a importância do fósforo no processo de nodulação e que a inoculação conjunta com *Rhizobium japonicum* e *Glomus*

macrocarpum apresenta um efeito mais pronunciado na cultura da soja do que cada um isoladamente e possibilita o uso de dosagens econômicas de fósforo, o que também foi observado por (SIQUEIRA & PAULA, 1986).

4.2.1.4. CONTEÚDO DE FÓSFORO DA PARTE AÉREA

A Tabela 10 mostra os resultados referentes ao conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento I.

TABELA 10 – Conteúdo total de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamento	Conteúdo de P mg/parcela	Conteúdo de P relativo (%)
Não Inoculado	2,37 e*	100
Não In. + Adubado com NPK (ra)	11,88 a	501
Não Inoculado + SFT	4,83 d	204
Inoculado com Rh.	2,45 e	103
Inoculado com Rh. + SFT	8,98 b	379
Inoculado com Rh. + G.m.	7,56 c	319
Inoculado com G.m.	5,08 d	214
Inoculado com G.m. + SFT	10,63 a	495
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	11,74 a	448
D.M.S. =	1,54	
C.V. =	10,18	

ra – Recomendação de adubação
SFT – Superfosfato Triplo
Rh. – *Rhizobium japonicum*
G.m. – *Glomus macrocarpum*

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

Os maiores conteúdos de fósforo total na parte aérea das plantas foram registrados nos tratamentos Não Inoculado + Adubado com NPK, Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo que diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

As plantas adubadas com Superfosfato Triplo e aquelas inoculadas com *Glomus macrocarpum* apresentaram uma concentração de fósforo na parte aérea significativamente semelhantes entre si e inferiores aos valores obtidos no tratamento Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, que por sua vez foi idêntico ao tratamento Não Inoculado + Adubado com NPK, reforçando a idéia de que, em solos dotados de baixo teor de fósforo, a maximização dos benefícios de fungos micorrízicos arbusculares permite uma economia no uso de fertilizantes fosfatados, além de favorecer o processo de fixação biológica do nitrogênio em soja.

4.2.1.5. PERCENTAGEM DE COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR E NODULAÇÃO

Os dados referentes ao grau de colonização micorrízica arbuscular e à presença de nódulos nas raízes das plantas encontram-se na Tabela 11 e indicam que, nos tratamentos Não Inoculados com *Rhizobium*, não foi observada a presença de nódulos no sistema radicular das plantas, concordando com VARGAS & SUHET (1981); VARGAS *et alii* (1982) e OLIVEIRA *et alii* (1991) que constataram a inexistência de estirpes de *Rhizobium japonicum* nativos e específicos para a soja em solos de cerrado.

TABELA 11 – Percentagem de colonização micorrízica e presença de nódulos nas raízes das plantas do Experimento I. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamento	Colonização Micorrízica		Nódulos na raiz
	(%) Grau	(%) *	
Não Inoculado	25 - Baixo	14,48 e**	-
Não In. + Adubado com NPK (ra)	28 - Baixo	16,27 e	-
Não Inoculado + SFT	48 - Médio	28,73 c	-
Inoculado com Rh.	37 - Médio	21,74 de	+
Inoculado com Rh. + SFT	54 - Médio	32,76 bc	+
Inoculado com Rh. + G.m.	62 - Médio	38,42 b	+
Inoculado com G.m.	59 - Médio	36,27 bc	-
Inoculado com G.m. + SFT	74 - Alto	47,87 a	-
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	78 - Alto	51,55 a	+
D.M.S. =	8,54		
C.V. =	13,12		

ra - Recomendação de adubação
 SFT - Superfosfato Triplo
 Rh. - *Rhizobium japonicum*
 G.m. - *Glomus macrocarpum*
 (+) - Presença de nódulos na raiz
 (-) - Ausência de nódulos na raiz
 (*) - Dados transformados para arc seno %

(**) - Tratamentos seguidos de uma mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de Probabilidade pelo Teste de Tukey.

Por outro lado, foi registrada a ocorrência de colonização micorrízica arbuscular em todos os tratamentos, inclusive nas plantas não inoculadas com *Glomus macrocarpum*, comprovada através de observações de vesículas, micélio e, em alguns casos, arbúsculos característicos na região do córtex das raízes das plantas. A avaliação da colonização micorrízica foi feita em termos percentuais, tomando-se por referência três graus; baixo (até 29% de colonização radicular), médio (de 30 a 69% de colonização radicular) e alto (a partir de 70% de colonização radicular), sendo também os resultados analisados estatisticamente.

Os resultados mostram que os tratamentos Inoculados com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo apresentaram os maiores graus de colonização radicular (colo-

nização alta) e diferiram estatisticamente dos demais, enquanto que os menores índices de colonização foram registrados nos tratamentos Não Inoculado, Inoculado com *Rhizobium japonicum* e Não Inoculado + Adubado com NPK.

Isto demonstra que, em solos deficientes de fósforo, a percentagem de colonização micorrízica das raízes aumenta com a aplicação de pequenas doses do citado nutriente, diminuindo em doses mais elevadas.

4.2.1.6. NÚMERO DE ESPOROS NO SOLO

Na Tabela 12 são apresentados os dados referentes ao número de esporos de fungos micorrízicos no solo do Experimento I.

TABELA 12 - Número de esporos no solo do Experimento I e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamento	Nº de esporos esporos/parcela	Nº de esporos relativo (%)
Não Inoculado	253 d*	100
Não In. + Adubado com NPK (ra)	360 cd	150
Não Inoculado + SFT	460 c	182
Inoculado com Rh.	306 d	121
Inoculado com Rh. + SFT	480 bc	190
Inoculado com Rh. + G.m.	580 ab	229
Inoculado com G.m.	560 ab	221
Inoculado com G.m. + SFT	620 a	245
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	606 ab	240
D.M.S. = 134,6		
C.V. = 13,70		

ra - Recomendação de adubação
SFT - Superfosfato Triplo
Rh. - *Rhizobium japonicum*
G.m. - *Glomus macrocarpum*

(*) - Tratamentos seguidos de uma mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de Probabilidade pelo Teste de Tukey.

Os tratamentos Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Glomus macrocarpum*, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo apresentaram as maiores quantidades de esporos no solo e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, com exceção do tratamento Inoculado com *Rhizobium japonicum* + Superfosfato Triplo que só diferiu do tratamento Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo.

Portanto, a inoculação com *Glomus macrocarpum* e a adubação fosfatada empregada mostraram-se eficiente em aumentar o número de esporos no solo, fato este que pode representar uma grande economia no uso de fertilizantes fosfatados nestes solos, se se considerar que o tratamento Não Inoculado + Adubado com NPK, que

constou de uma alta dose de fósforo, apresentou resultados bem inferiores em relação a este parâmetro.

4.2.2. EXPERIMENTO II

As plantas apresentaram valores médios relativos à altura da parte aérea, peso da matéria seca e conteúdo de nitrogênio muito pequenos (ver Tabelas 14, 15 e 17) em função do baixo valor de pH registrado neste experimento, enquanto que o cálcio, aplicado na forma de calcário no Experimento I, mostrou efeito significativo tanto no número e no tamanho dos nódulos, quanto na sua distribuição ao longo de todo o sistema radicular, concordando com (LOWTHER & LONERAGAN, 1968) e, também, na colonização das raízes pelo fungo micorrízico *Glomus macrocarpum*.

Esse comportamento comprova que o sucesso da inoculação do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* e das bactérias do gênero *Rhizobium* em solos de cerrados com problemas de deficiência de cálcio, comuns no Nordeste brasileiro, é dependente da aplicação de calcário.

Nos dois experimentos, o tratamento Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo foi eficiente em suprir as necessidades nutricionais das plantas relativas a nitrogênio e fósforo, sendo seus efeitos comparáveis àqueles proporcionado pelo tratamento Não Inoculado + Adubado com NPK, evidenciando que a ação conjunta do *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum*, associada a uma dose econômica de fósforo, reduzem consideravelmente os custos de adubação em soja.

4.2.2.1. ALTURA DA PARTE AÉREA

A Tabela 13 mostra os resultados da altura da parte aérea das plantas do Experimento II.

Os maiores valores foram observados nos tratamentos Não Inoculado + Adubado com NPK, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum*, Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, sendo que apenas os dois primeiros diferiram estatisticamente dos demais.

Os tratamentos Inoculados com *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum* não contribuíram para aumentar o crescimento medido pela altura das plantas, fato evidenciado no Experimento I, o que se deveu aos baixos teores de cálcio e magnésio que afetam negativamente a atividade das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico.

(DE MOOY, 1973 e MASCARENHAS *et alii*, 1982) e dos fungos do gênero *Glomus* (LOPES *et alii*, 1982), e, ainda, devido ao baixo conteúdo de fósforo no solo, nutriente indispensável à fixação simbiótica do N₂ atmosférico.

TABELA 13 – Altura da parte aérea das Plantas do Experimento II e porcentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamentos	Altura (cm)	Altura relativa (%)
Não Inoculado	24,9 d*	100
Não In. + adubado com NPK (ra)	39,8 a	160
Não Inoculado + SFT	30,3 cd	122
Inoculado com Rh.	27,3 d	110
Inoculado com Rh. + SFT	37,4 abc	159
Inoculado com Rh. + G.m.	39,5 a	150
Inoculado com G.m.	31,5 bcd	127
Inoculado com G.m. + SFT	34,4 abc	138
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	38,2 ab	153
D.M.S. = 7,0		
C.V. = 9,77		

ra. – recomendação de adubação
 SFT – Superfosfato Triplo
 Rh. – *Rhizobium japonicum*
 G.m. – *Glomus macrocarpum*

(*) – Tratamentos seguidos de uma mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de Probabilidade pelo Teste de Tukey.

Entretanto, os tratamentos inoculados com um dos simbioses associado ao superfosfato triplo apresentaram resultados estatisticamente semelhantes ao tratamento Não Inoculado + NPK e superiores à Testemunha Não Inoculada.

4.2.2.2. PESO DA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA

Os dados relativos ao peso da matéria seca da parte aérea do Experimento II podem ser observados na Tabela 14.

Os tratamentos Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum*, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo foram os melhores e semelhantes estatisticamente ao tratamento Não Inoculado + Adubado com NPK indicando que a adubação fosfatada foi eficiente na presença de um ou de ambos simbioses.

Contudo, os tratamentos inoculados isoladamente com um dos simbioses ou adubados com superfosfato triplo apresentaram rendimento de matéria seca estatisticamente semelhantes ao Testemunha Não Inoculada. Tais fatos, mostram ser a

acidez do solo fator limitante para a atuação das bactérias do gênero *Rhizobium* fixadoras de nitrogênio atmosférico e do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum*, uma vez que no Experimento I o rendimento das plantas foi satisfatório, favorecido pela correção do solo através da calagem.

TABELA 14 - Peso da matéria seca da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamentos	Peso seco g/parcela	Peso seco relativo (%)
Não Inoculado	1,87 c*	100
Não Inoc. + adubado com NPK (ra)	4,31 a	230
Não Inoculado + SFT	2,06 c	110
Inoculado com Rh.	1,93 c	103
Inoculado com Rh. + SFT	3,77 ab	223
Inoculado com Rh. + G.m.	4,08 ab	201
Inoculado com G.m.	2,18 c	116
Inoculado com G.m. + SFT	3,30 b	176
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	4,18 a	218
D.M.S. = 0,80		
C.V. = 12,58		

ra - recomendação de adubação

SFT - Superfosfato triplo

Rh. - *Rhizobium japonicum*

G.m. - *Glomus macrocarpum*

(*) - Tratamentos seguidos de uma mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de Probabilidade pelo Teste de Tukey.

4.2.2.3. CONTEÚDO DE NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA

Os resultados referentes ao conteúdo de nitrogênio da parte aérea das plantas do Experimento II são apresentados na Tabela 15.

Os tratamentos Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + Superfosfato Triplo mostraram-se estatisticamente idênticos ao Não Inoculado + NPK e superiores no conteúdo de nitrogênio na parte aérea, quando comparados aos tratamentos inoculados apenas com *Rhizobium japonicum* ou *Glomus macrocarpum*.

Tais resultados podem ser explicados pelo fato da alta acidez registrada neste experimento ter afetado a atividade dos microrganismos, uma vez que no Experimento I os tratamentos inoculados com um dos simbiontes estudados apresentaram resultados mais expressivos, além de comprovar que o suprimento de fósforo é funda-

mental na atividade dos dois sistemas simbióticos em questão, podendo reduzir os efeitos negativos da acidez do solo.

TABELA 15 – Conteúdo total de nitrogênio da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Médias de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamentos	Conteúdo de N mg/parcela	Conteúdo de N relativo (%)
Não inoculado	33,18 c*	100
Não inoc. + adubado com NPK (ra.)	126,70 a	382
Não inoculado + SFT	37,67 bc	113
Inoculado com Rh.	41,42 bc	125
Inoculado com Rh. + SFT	119,38 a	360
Inoculado com Rh. + G.m.	114,22 a	344
Inoculado com G.m.	43,77 bc	132
Inoculado com G.m. + SFT	61,30 b	185
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	123,19 a	371
D.M.S. = 25,26		
C.V. = 15,56		

ra. – recomendação de adubação
SFT – superfosfato triplo
Rh. – *Rhizobium japonicum*
G.m. – *Glomus macrocarpum*

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

4.2.2.4. CONTEÚDO DE FÓSFORO DA PARTE AÉREA

Na Tabela 16 estão os dados referentes ao conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento II.

Os tratamentos Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo e Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, Não Inoculado + Adubado com NPK apresentaram os maiores conteúdos de fósforo na parte aérea, diferindo estatisticamente dos demais.

As plantas Inoculadas com *Glomus macrocarpum* apresentaram uma colonização radicular e uma concentração de fósforo na parte aérea reduzidas em relação ao Experimento I, evidenciando que a associação do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* com plantas é significativamente prejudicada em condições de elevada acidez e saturação em alumínio no solo.

Por outro lado verificou-se que os tratamentos com *Glomus macrocarpum* associados ao superfosfato triplo, apresentaram resultados idênticos ao tratamento Não Inoculado + Adubado com NPK e superiores à Testemunha Não Inoculada, de-

monstrando que a inoculação com o referido fungo, juntamente com uma dose econômica de superfosfato triplo, propiciam uma maior absorção de fósforo e, conseqüentemente, de nitrogênio, o que representa uma grande economia no uso de fertilizantes fosfatados na cultura da soja.

TABELA 16 – Conteúdo total de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamento	Conteúdo de P mg/parcela	Conteúdo de P relativo (%)
Não inoculado	1,28 c*	100
Não inoc. + adubado com NPK (ra)	6,40 a	500
Não inoculado + SFT	3,34 b	261
Inoculado com Rh.	1,60 c	125
Inoculado com Rh. + SFT	3,78 b	295
Inoculado com Rh. + G.m.	3,29 b	257
Inoculado com G.m.	2,95 b	230
Inoculado com G.m. + SFT	5,34 a	417
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	5,68 a	444
D.M.S. =	1,09	
C.V. =	13,45	

ra. – recomendação de adubação

SFT – superfosfato triplo

Rh. – *Rhizobium japonicum*

G.m. – *Glomus macrocarpum*

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

4.2.2.5. PERCENTAGENS DE COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR E NODULAÇÃO DAS RAÍZES.

Observando-se as raízes das plantas constatou-se, em todos os tratamentos, a ocorrência de vesículas e hifas típicas da colonização micorrízica no córtex radicular, caracterizando o seu estabelecimento. Os dados relativos à avaliação desta colonização, bem como a ocorrência de nódulos nas raízes das plantas, encontram-se na Tabela 17. A colonização micorrízica foi avaliada de forma idêntica à do Experimento I.

As melhores respostas quanto à colonização micorrízica foram observadas nos tratamentos Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo, Inoculado com *Glomus macrocarpum* + Superfosfato Triplo e Inoculado com *Rhizobium japonicum* + *Glomus macrocarpum* que diferiram estatisticamente dos demais, enquanto que o tratamento Não Inoculado + Adubado com NPK se enquadrou entre os que registraram os menores índices de colonização, indicando um efeito favorável da baixa concentração de fósforo sobre a mesma.

TABELA 17 – Percentagem de colonização micorrizica e presença de nódulos nas raízes das plantas do Experimento II. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamentos	Colonização Micorrizica		Nódulos na raiz
	(%) Grau	(%)*	
Não inoculado	24 - Baixo	11,54 d**	-
Não in.+ adubado com NPK (ra)	21 - Baixo	12,12 d	-
Não inoculado + SFT	35 - Médio	20,49 bc	-
Inoculado com Rh.	26 - Baixo	15,70 cd	+
Inoculado com Rh. + SFT	37 - Médio	19,89 bc	+
Inoculado com Rh. + G.m.	44 - Médio	33,49 a	+
Inoculado com G.m.	39 - Médio	23,96 b	-
Inoculado com G.m. + SFT	55 - Médio	33,52 a	-
Inocul. com Rh. + G.m. + SFT	57 - Médio	34,76 a	+
D.M.S. = 6,26			
C.V. = 15,75			

ra. - Recomendação de adubação

SFT - Superfosfato Triplo

Rh. - *Rhizobium japonicum*

G.m. - *Glomus macrocarpum*

(+) - Presença de nódulos na raiz

(-) - Ausência de nódulos na raiz

(*) - Dados transformados para arc seno %

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

Embora todos os tratamentos tenham mostrado colonização radicular, foram registrados, apenas, baixos e médios valores, o que sugere uma menor taxa de colonização das raízes por fungo micorrizicos, tanto nativos como inoculados, em solos com elevada acidez (MOSSE, 1972).

Deve-se destacar, ainda, o efeito do superfosfato triplo estimulando a colonização das raízes realizada pelos fungos nativos e aumentando os conteúdos de fósforo da parte aérea nos dois experimentos.

A presença de nódulos, também, foi detectada, mas somente nos tratamentos que receberam inoculação com *Rhizobium japonicum*. No entanto, a massa nodular formada foi sempre inferior à obtida no Experimento I e os nódulos ficaram restritos apenas à base das raízes.

Ademais, verificou-se um efeito favorável sobre a nodulação quando se aplicou superfosfato triplo ou quando se inoculou com *Glomus macrocarpum*.

4.2.2.6. NÚMERO DE ESPOROS NO SOLO

Os tratamentos Não Inoculado, Inoculado + Adubado com NPK e Inoculado com *Rhizobium japonicum* apresentaram as menores médias de números de esporos no solo e diferiram estatisticamente dos demais, conforme podemos observar na Tabela 18.

TABELA 18 – Número de esporos no solo do Experimento II e percentagens relativas à testemunha. Média de 05 repetições. Fortaleza, Ceará, 1993.

Tratamentos	Nº de esporos esporos/parcela	Nº de esporos relativo (%)
Não inoculado	140 c*	100
Não inoc. + adubado com NPK (ra.)	253 bc	180
Não inoculado + SFT	340 a	243
Inoculado com Rh.	180 bc	129
Inoculado com Rh. + SFT	333 ab	238
Inoculado com Rh. + G.m.	393 a	281
Inoculado com G.m.	360 a	257
Inoculado com G.m. + SFT	407 a	291
Inoculado com Rh. + G.m. + SFT	413 a	295
<hr/>		
D.M.S. = 161,8		
C.V. = 24,18		

ra. – recomendação de adubação
 SFT – superfosfato triplo
 Rh. – *Rhizobium japonicum*
 G.m. – *Glomus macrocarpum*

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

Ficou comprovado, mais uma vez, neste experimento, o efeito negativo da acidez do solo sobre os fungos micorrízicos arbusculares, revelado pelo baixo número de esporos no solo, quando comparado com o Experimento I, onde a correção do solo inibiu o efeito fungistático do alumínio, aumentando, em consequência, o número de esporos no solo, o que também foi observado por SIQUEIRA *et alii* (1986). Contudo, ficou evidente o efeito favorável da inoculação com o fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* e da baixa dosagem de fósforo em aumentar o número de esporos no solo.

Outro aspecto que mereceu destaque, foi o efeito da calagem sobre os fungos nativos, conforme Tabelas 12 e 18, mostrando que um manejo adequado do solo pode melhorar o desempenho destes fungos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, a partir da avaliação do teste de seleção de estirpes, das inoculações com *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum*, da adubação fosfatada e calagem, levaram às seguintes conclusões:

- 1 – As estirpes 392-A, 381-A, 123-B e 701-A se revelaram mais promissoras em aumentar o crescimento, produção de matéria seca e nodulação das raízes das plantas de soja tropical;
- 2 – O nitrogênio fixado simbioticamente pelo *Rhizobium japonicum* quando associado ao *Glomus macrocarpum* ou aos tratamentos adubados com baixa dosagem de fósforo foi suficiente para suprir as necessidades da planta com relação a este nutriente, nas condições dos Experimentos I e II;
- 3 – A baixa dosagem de fósforo empregada favoreceu diretamente à ação de *Rhizobium japonicum* e *Glomus macrocarpum*, tanto isoladamente como em interação, influenciando significativamente a nutrição, o crescimento e a produção de matéria seca da soja tropical no Experimento I, em que foi realizada a calagem, equivalendo-se a uma adubação dispendiosa com NPK;
- 4 – A atuação conjunta de *Rhizobium japonicum* e do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* apresentou efeitos muito mais pronunciados, no desenvolvimento das plantas, do que cada um isoladamente;
- 5 – A inoculação com *Glomus macrocarpum*, a adubação fosfatada e a interação dos dois foram eficazes em aumentar a colonização micorrízica das plantas e a quantidade de esporos no solo;
- 6 – A calagem incrementou a fixação de nitrogênio pelas bactérias do gênero *Rhizobium*, o número de esporos e a colonização das raízes pelo fungo *Glomus macrocarpum*, a população de esporos nativos do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas, e
- 7 – O manejo adequado do solo de cerrado, pela inoculação com estirpes eficientes de *Rhizobium japonicum*, pela aplicação de baixas dosagens de fósforo e calagem, contribui diretamente para um incremento da atuação de fungos micorrízicos arbusculares e na produtividade da cultura da soja tropical nestes solos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. J. L. **Estatística Experimental**. Fortaleza: Departamento de Estatística e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Ceará, 1980, 109p, (Mimeografado).
- ALEXANDER, M. **Introduction to Soil Microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 1977, 467p.
- ALEXANDER, T. J., HARDY, K. Surface phosphatase activity of stika spruce mycorrizas from a serpentine site. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, v.13, p. 301-306, 1981.
- ALLOS, H. F., BARTHOLOMEU, W. V. Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. **Soil Sci.**, v.87, p. 61-66, 1959.
- ALMEIDA, R. T., FREIRE, V. F., VASCONCELOS, I. Efeito da baixa dosagem de fósforo e da inoculação com rizóbio e fungo micorrízico V. A. sobre o desenvolvimento de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L) Walp. **Ciên. Agron.**, Fortaleza, v.19, n.1, p. 13-18, 1988.
- ANDREWS, C. S., NORRIS, D. O. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate legumes. **Aust. J. Agric. Res.**, New Zealand, v.12, p. 40-45, 1961.
- ANTUNES, V., LAMBAIS, M. R., OLIVEIRA, M. H. A., PARADA, A., CARDOSO, E. J. B. N. Influência da concentração do inóculo do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum* em soja (*Glicine max* L.). **O Solo**, Piracicaba, v.75, n.2, p. 17-21, 1983.
- ARAÚJO, C. S., KUSTER, J. C. Comportamento de sete estirpes de *Rhizobium japonicum*, frente a uma variedade de soja (*Glicine max* (L.) Merrill) Curitiba: Separata dos Arquivos de Biologia e Tecnologia, v.12, p. 93-100, 1970.
- ASIMI, S., GIANINAZZI-PEARSON, V., GIANINAZZI, S. Influence of increasing soil phosphorus levels on interaction between a vesicular-arbuscular mycorrhiza and *Rhizobium* in soybeans. **Can. J. Bot.**, v.58, p. 2200-2205, 1980.
- BAGYARAJ, D. J., MANJUNATH, A., PATIL, A. Interaction between a vesicular-arbuscular mycorrhiza and *Rhizobium* and their effects on soybean in the field. **New phytologist**, v.82, p. 141-145, 1979.
- BAREA, J. M., AZCÓN-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulation nitrogen-fixing plants. **Adv. agron.**, v.36, p. 1-54, 1983.
- BARNI, N. A., KOLLING, J., MINOR, H. C. Efeito de níveis de nitrogênio sobre o rendimento de grãos, nodulação e características agronômicas da soja (*Glicine max*. (L.)

- Merr.). **Agron. Sulriograndense**, Porto Alegre, v.13, p. 93-104, 1977.
- BARNI, N. A., GOMES, J. E., GONÇALVES, N. A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) à adubação nitrogenada no florescimento. **Agron. Sulriograndense**, Porto Alegre, v.14, p. 243-250, 1978.
- BAUMGARTNER, J. L., LOPES, E. S., DEMATTÊ, J. D., MIYASAKA, S., IGUE, T., GUIMARÃES, G. Calagem e adubação mineral da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) variedade Santa Maria, em solos de Várzea. **Bragantia**, Campinas, v.33, n.1, p. 1-10, 1974.
- BERGERSEN, F. J. The bacterial component of soybean root nodules, changes in respiratory activity, cell dry weight and nucleic acid content with increasing nodule age. **J. Genetic Microbiol.**, v.19, p. 312-323, 1958.
- BETHLEFALVAY, G. J., YODER, F. The *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis I. Phosphorus effect on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. **Physiol. Plant.** v.52, p. 141-145, 1981.
- BEZDIZEK, D. F., MULFORD, R. F., MAGEE, B. H. Influence of organic nitrogen on soil nitrogen, nodulation, nitrogen fixation and yield of soybean. **Soil Sci. Soc. Amer. Proceed.**, v.38, p. 268-273, 1974.
- BIELESKI, R. L. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. **Ann. Plant Physiology**, v.24, p. 225-252, 1973.
- BONETTI, R., DONALD, E. S. F. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à inoculação de *Rhizobium*, Micorriza V. A. e à aplicação de fósforo. In: Reunião Latino-Americana Sobre *Rhizobium*, 12, Campinas. **Programas e resumos...**, Campinas: Fundação Cargill, p. 421-427, 1984.
- BRILL, W. J. Biological nitrogen fixation. **Scientific Am.**, v.236, p. 68-81, 1977.
- CABEDA, M. S. V., FREIRE, J. R. T. Informe preliminar sobre efeitos da toxidez de manganês e de alumínio sobre a nodulação e fixação do nitrogênio em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em solos ácidos do Rio Grande do Sul. In: Reunião Latino-Americana sobre Inoculantes para Leguminosas, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, p. 282-294, 1968.
- CAMPO, R., SFREDO, G. O. Nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa da Soja/EMBRAPA, 1981, 06p. (Informe técnico n° 08).
- CARDOSO, E. J. B. N. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em soja, com *Rhizobium japonicum* e fosfato de rocha, em função do tipo de solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.10, p. 17-23, 1986.
- CARLING, D. E., RIEHLE, W. G., BROWN, M. F., JOHNSON, D. R. Effects of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on nitrate reductase and nitrogenase activity in nodulating and non-nodulating soybeans. **Phytopathology**, St. Paul, v. 68, p.

1590-1596, 1978.

- CARVALHO, M. M., FRANÇA, G. E., BAHIA FILHO, A. F. C., MOZER, O. L. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. In: Reunião Latino-Americana sobre *Rhizobium*, 5, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, p. 121-128, 1970.
- CRUSH, J. R. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VII Growth and nodulation of some herbace legumes, **New Phytol.**, v.73, p. 743-751, 1974.
- DAFT, M. J., EL GIAHMI, A. A. Effects of *Glomus* infection on three legumes. In: SANDERS, F. E., MOSSE, B., TINKER, P. B., eds., **Endomycorrhizas**, London, Academic Press, p. 581-592, 1975.
- DE MOOY, C. J. Nodulation responses of soybean to added phosphorus, potassium and calcium salts. **Agron. J.**, v.58, p. 275-280, 1973.
- DE MOOY, C. J., PESER, J., SPALDON, E. Mineral nutrition. In: CALDWELL, B. E., *Soybeans: improvement, production and use*. **Am. Soc. Agron.**, p. 267-352, 1973.
- DIATLOFF, A., BROKWEEL, J. Ecological studies of root-nodule bacteria introduced into field environments. 4. Symbiotic properties of *Rhizobium japonicum* and competitive success in nodulation of two *Glycine max* cultivars by effective and ineffective strains. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.**, Melbourne, v.16, n.81, p. 514-521, 1976.
- DOBEREINER, J., ARRUDA, N. B. Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Pesq. agropec. Bras.**, Rio de Janeiro, v.2, p. 475-487, 1967.
- DOBEREINER, J., ARRUDA, N. B., PENTEADO, A. F. Especificidade hospedeira, em variedades de soja, na simbiose com *Rhizobium*. **Pesq. Agropec. Bras.**, Rio de Janeiro, v.1, p. 207-210, 1966.
- DOBEREINER, J., DUQUE, F. F. Contribuição dos estudos e pesquisas em fixação biológica do nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil. **R. Econ. Rural**, Brasília, v.18, n.3, p. 447-460, 1980.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Relatório técnico anual 1977/1978**. Brasília: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1979a, 195p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1979b. "não paginado".
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Programa de difusão da cultura da soja no Nordeste do Brasil. Brasília, 1981, 73p, (Documento 19).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Reunião de pesquisa de soja das regi-

- ões Norte e Nordeste. Fortaleza, 1987, 71p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Reunião de pesquisa de soja das regiões Norte e Nordeste. Maceió, 1988, 51p.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas**: princípios e perspectivas. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1975, 334p.
- FRANCO, A. A., FONSECA, O. O. M., MARRIEL, I. E. Efeito do nitrogênio mineral na atividade da nitrogrenase e nitrato redutase durante o ciclo da soja no campo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.2, p. 110-114, 1978.
- FREIRE, J. R. J., GOEPFERT, C. F., VIDOR, C. Alguns fatores limitantes da fixação do nitrogênio e produtividade das leguminosas no Rio Grande do Sul. In.: PRIMAVESI, A., ed., **Progressos em Biodinâmica e Produtividade do Solo**. Santa Maria: Congresso Latino-Americano de Biologia do Solo, 2, p. 9-16, 1968.
- FREIRE, J. R. F., VIDOR, C. Fixação do nitrogênio pela simbiose soja-*Rhizobium japonicum*. In: MIYASAKA, S., ed. **A soja no Brasil**. [S.I.: S. n.], 1978.
- GALRÃO, E. Z., LOPES, A. S. Deficiências nutricionais em solos de cerrado. In: Simpósio sobre o Cerrado, 5 ed., **Uso e manejo**. Brasília: Editerra, p. 595-614, 1980.
- GERDEMANN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. **Ann. Rev. Phytopath.**, v.6, p. 397-413, 1968.
- GERDEMANN, J. W., NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decating. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v.46, p. 235-246, 1963.
- GIANINAZZI, S. R., GIANINAZZI-PEARSON, V. Enzymatic studies on the metabolism of vesicular-arbuscular mycorrhiza. III Ultrastructural localization of acid and alkaline phosphatase in onion roots infected by *Glomus mosseae*. **New phytol.**, London, v.82, p. 127-132, 1979.
- 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**. Washington: University Press, p. 400-428, 1976.
- GIOVANETTI, M., MOSSE, B. An evolution of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.**, v.84, p. 489-500, 1980.
- GREEN, N. E., GRAHAM, S. O., SCHENCK, N. C. The influence of pH on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhiza spores. **Mycologia**, v.68, p. 929-934, 1976.
- GUO, B. Z., AN, Z. Q., HENDRIX, J. W., DOUGHERT, C. T. Influence of a change from tall fescue to pearl millet or crabgrass on the mycorrhizal fungal community. **Soil. Sci.**, v.155, n.6, p. 398-405, 1993.

- HARDY, R. W. F., BURNS, R. C., HEBERT, R. R., HOLSTEN, R. D., JACKSON, E. K. Biological nitrogen fixation: a key to world protein. **Plant Soil**. Spec. vol., p. 561-590, 1971.
- HATFIELD, J. E., EGLI, D. B., LEGGETT, J. E., PEASLEE, D. E. Effect of applied nitrogen on the nodulation and early growth of soybeans. **Agron. J.**, v.66, n.1, p. 112-115, 1974.
- HEWITT, E. J. *Sand and water culture methods used in study of plant nutrition*. Technical Comunication 22, 2nd. ed., **Common-wealth Agricultura Bureau**, London, 1966, 547p.
- HUNGRIA, M., FRANCO, A. A. Obtenção de estirpes de *Rhizobium* para inoculação do feijoeiro em condições de altas temperaturas. In: Congresso e Feira Nacional de Biotecnologia, 1, Rio de Janeiro. **Programas e resumos...**, Rio de Janeiro, Associação Brasileira das Empresas de Biotecnologia, 1988. "não paginado".
- ISWARAN, V., SHARMA, K. S. B., CONHAIRE, M. Soil fertility legumes and *Rhizobium* efficiency Soil and Fertilizes. **Agric. Digs.** n.9, 1970, 19p.
- JONES, M. B., QUAGLIATO, J., FREITAS, L. M. N. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicação de nutrientes minerais em três solos de campo cerrado. **Pesq. Agrop. Bras.**, Rio de Janeiro, v.5, p. 209-214, 1970.
- LATHWELL, D. J., EVANS, C. E. Nitrogen uptake from solution by soybean at successive stages of growth. **Agron. J.**, Madison, v.43, p. 264-270, 1951.
- LIRA JÚNIOR, M. A., KOLLING, J., PEREIRA, J. S., BURITY, H. A., FIGUEIREDO, M. B. V. Competitividade de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* em fase de recomendação para a cultura da soja. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.17, p. 185-191, 1993.
- LOPES, A. S. **Preservação ambiental e produção de alimentos**. São Paulo: Anda, 1981, 16p.
- LOPES, E. S. Eficiência e especificidade das associações micorrízicas do tipo vesicular-arbuscular em gramíneas, leguminosas forrageiras e no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Piracicaba: ESALQ/USP, 1983, 111p.
- LOPES, E. S, OLIVEIRA, E., DIAS, R., SCHENCK, N. C. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee plantations in central São Paulo State, Brazil. **Turrialba**, v.33, n.4, p. 417-422, 1982.
- LOPES, E. S., OLIVEIRA, E., NEPTUNE, A. M. L. Efeito de espécies de micorrizas vesicular-arbusculares em siratro (*Macroptilium atropurpureum*). **Bragantia**, Campinas, v.39, p. 241-245, 1980.
- LOPES, E. S., SIQUEIRA, J. O. Vesicular-arbuscular mycorrhizas; their potencial in phosphate nutrition in tropical regions. In: RUSSEL, R. S., IGUE, K., MEHTA, Y. R.,

- eds., **The soil/root system in relation to Brazilian agriculture**. Londrina: IAPAR., p. 225-242, 1981.
- LOPES, E. S., SIQUEIRA, J. O., ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas arbusculares e seus efeitos no crescimento das plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.7, p. 1-19, 1983.
- LOWTHER, W. L., LONERAGAN, J. F. Calcium and nodulation in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). **Plant Physiol.** v.44, p. 1362-1366, 1968.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola, nutrição de plantas e Fertilidade do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1976, 528p.
- MALAVOLTA, E., KLIEMAN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985, 136p.
- MANJUNATH, A., BAGYARAJ, D. J. Responses of pigeon pea and cowpea to phosphate and dual inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza and *Rhizobium*. **Trop. Agric.**, v.61, n.1, p. 48-52, 1984.
- MARX, D. H., BRYAN, W. C. Growth and ectomycorrhizal development of lobolly pine seedlings in fumigated soil infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. **Forest Sci**, v.21, p. 245-254, 1975.
- MASCARENHAS, H. A. A., BRAGA, N. R., MIRANDA, M. A. C., TISSELLI FILHO, O., MIYASAKA, S. Calagem e adubação da soja. In: **A Soja no Brasil Central**. Campinas: Fundação Cargill, p. 137-202, 1982.
- MASCARENHAS, H. A. A., MIYASAKA, S. Efeitos da inoculação das sementes com *Rhizobium* e da subsequente "peletização" com pasta de carbonato de cálcio na ausência e na presença de calagem e da adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v.26, n. 10, p. 143-155, 1967.
- MENGE, J. A., JARRELL, W. M., LABANAUSKA, C. K., OJALA, J. C., HUSZAR, C., JOHNSON, E. L., SILBERT, D. Predicting mycorrhizal dependence of Troyer citrange on *Glomus fasciculatus* in Califórnia citrus soils and nursery mixes. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, v.46, p. 762-768, 1982.
- MENGE, J. A., STEIRLE, D., BAGYARAJ, D. J., JOHNSON, E. L. V., LEONARD, R. T. Phosphorus concentrations in plant responsible for inhibition of mycorrhizal infection. **New Physiol.**, v.80, p. 575-578, 1978.
- MOSSE, B. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. **Nature**, v.239, p. 221-223, 1972.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. **Ann. Rev. Phytopath.**, v.11, p. 171-196, 1973.

- MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agricultures. **Institute for Tropical Agriculture and Human Resources**, Hawaii, 1981, 82p. (Research Bulletin, 194).
- NEME, N. A. Adubos fosfatados e calcário na produção de forragem de soja perene (*Glycine javanica*) em terra de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.26, p. 365-372, 1967.
- OLIVEIRA, L. A., VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* em soja. I. Eficiência e especificidade hospedeira. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.8, p. 37-42, 1984.
- OLIVEIRA, J. C., RAMOS, M. L. G., DUQUE, F. F. Inoculação da soja em solo de cerrado no primeiro ano de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.15, p. 273-276, 1991.
- PAULA, M. A., SIQUEIRA, J. O. Efeito de micorrizas vesicular-arbusculares no crescimento, nodulação e acúmulo de nitrogênio pela soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.22, n.2, p. 171-178, 1987.
- PAULA, M. A., SIQUEIRA, J. O. Adição de nitrato de amônio e superfosfato triplo e a simbiose *Glycine-Bradyrhizobium-Glomus macrocarpum*. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.13, p. 155-162, 1989.
- PAULA, M. A., SIQUEIRA, J. O., HOSHIKA, E. Crescimento, nutrição e produção de soja inoculada com população de fungos micorrízicos arbusculares. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.14, p. 151-156, 1990.
- PERES, J. R. R. **Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Porto Alegre, 1979. 81p. Dissertação (Tese de mestrado) – Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1979.
- PERES, J. R. R., VARGAS, M. A. T., SUHET, A. R. Sobrevivência e competitividade de estirpes de *Rhizobium japonicum* em cultivares de soja em um solo de cerrado. In: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, 2, Brasília, DF. **Anais...**, Londrina: EMBRAPA-CNPSO, p. 766-777, 1981.
- PERES, J. R. R., VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agron. Sulriograndense**, Porto Alegre, v.16, n.2, p. 205-219, 1980.
- PHILLIPS, J. M., HAYMAN, D. S. Improved Procedure for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v.55, p. 158-161, 1970.
- RAIJ, B. VAN, CAMARGO, A. P., MASCARENHA, H. A. A., HIROCE, R., FEITOSA, C. T., NERY,

- C., LAUN, C. R. P. Efeito de níveis da calagem na produção de soja em solo de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.1, n.1, p. 28-31, 1977.
- ROBSON, A. D., O'HARA, G. W., ARBOTT, L. K. Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). **Aust. J. Plant. Physiol.**, v.8, p. 427-436, 1981.
- ROSOLEM, C. A. *Nutrição mineral e adubação da soja*. Piracicaba: Instituto da Potassa, 1982, 80p. (Boletim técnico 06).
- ROSS, J. P., HARPER, J. A. Effect of *Endogone* mycorrhiza on soybean yield. **Phytopathology**, St. Paul, v.60, p. 1552-1556, 1970.
- RUSCHEL, A. P., EIRA, P. A. Fixação simbiótica do nitrogênio na soja (*Glycine max* (L.) Merrill): Influência da adição de cálcio ao solo e molibdênio ao revestimento da semente. **Pesq. Agrop. Bras.**, Rio de Janeiro, v.4, p. 103-107, 1969.
- SAMARÃO, S. S., DIDONET, A. D., NEIVA, L. C. S., DUQUE, F. F., GOI, S. R., JACOB NETO, J., MONTEIRO, P. M., BOLIM, R. B. Influência da calagem e micronutrientes na nodulação da soja por *Rhizobium japonicum* em solos ácidos. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v.21, n.3, p. 237-244, 1986.
- SANCHEZ, P. A., SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical América. **Adv. Agron.**, v.34, p. 279-406, 1981.
- SCHENCK, N. C., SCHRODER, V. N. Temperature responses of *Endogone* mycorrhiza on soybeans roots. **Mycologia**, v.66, p. 601-605, 1974.
- SILVEIRA, A. P. D., CARDOSO, E. J. B. N. Efeito do fósforo e da micorriza vesículo-arbuscular na simbiose *Rhizobium*-feijoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.11, p. 31-36, 1987.
- SIQUEIRA, J. O., FRANCO, A. A. **Biotechnology do Solo: Fundamentos e perspectivas**. Lavras: Gráfica Nagy Ltda., 1988, 236p.
- SIQUEIRA, J. O., PAULA, M. A. Efeito de micorrizas arbusculares na nutrição e aproveitamento de fósforo pela soja em solo sob cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.10, p. 97-102, 1986.
- SIQUEIRA, J. O., HUBBELL, D. H., VALLE, R. R. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.19, n.2, p. 1465-1474, 1984.
- SIQUEIRA, J. O., MAHMUD, A. W., HUBBELL, D. H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.10, p. 11-16, 1986.
- SMITH, S. E., NICHOLAS, D. J. D., SMITH, F.A. Effect of early mycorrhizal infection on

- nodulation and nitrogen fixation in *Trifolium subterraneum* (L.). **Aust. J. Plant. Physiol.**, v.6, p. 305-311, 1979.
- SOMASEGARAN, P., HOBEN, H. J. **Methods in legumes - Rhizobium technology.** Hawaii: United States Agency for International Development, University of Hawaii, 1985, 367p.
- STREETER, J. G. A persistent paradox: Nitrogen nutrition of soybean - *Ohio Report on Research on development in agriculture.* **Home Economics and Natural Resources**, Wooster, v.58, p. 37-39, 1973.
- TEDESCO, J. M., VOLKWEISS, S. J., BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGRS, 1985. 188p. (Boletim Técnico 5).
- VARGAS, M. A. T., PERES, J. R., SUHET, A. R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob cerrados. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.17, n.8, p. 1127-1132, 1982.
- VARGAS, M. A. T., PERES, J. R., SUHET, A. R., SPEHAR, C. R. Adubação nitrogenada e época de aplicação de calcário para a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivada em um solo de cerrado. In.: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, 2, Brasília, **Anais...**, Londrina: EMBRAPA-CNPSO, p. 497-508, 1981.
- VARGAS, M. A. T., SUHET, A. R. Forma e níveis de inoculação para a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivada em um solo de cerrado. In.: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, 2, Brasília. **Anais...**, Londrina: EMBRAPA-CNPSO, p. 670-677, 1981.
- VASCONCELOS, I., PAIVA, J. B., FROTA, J. N. E. Efeito da interação Rizóbio-Adubação nitrogenada em soja (*Glycine max* (L.) Merr.). **Ciê. Agron.**, Fortaleza, v.4, n.1 e 2, p. 99-104, 1984.
- VASCONCELOS, I., PAULA, F. M. Comportamento de seis estirpes de *Rhizobium japonicum*, frente ao cultivar Pelicano de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciê. Agron.**, Fortaleza, v.5, n.1-2, p. 39-43, 1975.
- VEJSADOVA, H., SIBLIKOVA, D., HRSELOVA, H., VANCURA, V. Effect of the VAM fungus *Glomus* sp. on the growth and yield on soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. **Plant Soil**, v.140, n.1, p. 121-125, 1992.
- VIDOR, C., FREIRE, J. R. J., GODINHO, I., SOARES, J., MENDES, N., KORNELIUS, Z. Especificidade simbiótica entre estirpes de *Rhizobium japonicum* e variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agron. Sulriograndense**, Porto Alegre, v.8, n.1, p. 61-67, 1972.

VIDOR, C., KOLLING, J., FREIRE, J. R., SCHOLLES, D., BROSE, E., PEDROSO, M. H. **Fixação biológica do nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* e leguminosas.** Porto Alegre: IPAGRO, n.11, 1983, 51p.

VIDOR, C., BROSE, E., PEREIRA, J. S. Competição por sítios de infecção nodular entre estirpes de *Rhizobium japonicum* em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agron. Sulriograndense**, Porto Alegre, v.15, p. 227-238, 1979.

ZAMBOLIM, L., SCHENCK, N. C. Reduction of the effects of Pathogenic, root-infeting fungi on soybean by the mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*. **Phytophatology**, St. Paul, v.73, p. 1405-1409, 1983.

ZAMBOLIM, L., SIQUEIRA, J. O. **Importância e potencial das Associações micorrízicas para a agricultura.** Belo Horizonte: EPAMIG, 1985, 36p.

ANEXOS

ANEXO - A

Análises de variância dos dados de peso da matéria seca e altura da parte aérea, peso dos nódulos secos e número de nódulos das raízes das plantas do teste de seleção de estirpes, Fortaleza, Ceará, 1993.

Análise de variância dos dados de peso da matéria seca da parte aérea das plantas do teste de seleção de estirpes, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	14	0,20	0,014	4,66*
Resíduo	30	0,09	0,003	
Total	44	0,29		

C.V. = 25,27%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de altura da parte aérea das plantas do teste de seleção de estirpes, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	14	2.605,78	186,12	3,95*
Resíduo	30	1.420,00	47,07	
Total	44	4.017,78		

C.V. = 20,31%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de peso de nódulos secos das raízes das plantas do teste de seleção de estirpes, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	12	0,00152	0,00013	10,55*
Resíduo	26	0,0003	0,000012	
Total	38	0,00182		

C.V. = 14,65%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de número de nódulos das plantas do teste de seleção de estirpes, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	12	15,16	1,26	14*
Resíduo	26	2,28	0,09	
Total	38	17,44		

C.V. = 9,66%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ANEXO - B

Análises de variância dos dados de altura, peso da matéria seca, conteúdos de nitrogênio e fósforo da parte aérea, colonização micorrízica das raízes das plantas e número de esporos no solo do Experimento I.

Análise de variância dos dados altura da parte aérea das plantas do Experimento I, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	1.337,48	167,18	9,08*
Resíduo	36	662,84	18,41	
Total	44	2.000,32		

C.V. = 9,78%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de peso da matéria seca da parte aérea das plantas do Experimento I, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	61,38	7,67	29,5*
Resíduo	36	9,31	0,26	
Total	44	70,69		

C.V. = 9,92%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de conteúdo de nitrogênio da parte aérea das plantas do Experimento I, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	87.661,21	10.957,65	26,19*
Resíduo	36	15.061,02	418,36	
Total	44	102.722,23		

C.V. = 17,75%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas do Experimento I, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	567,51	70,94	128,9*
Resíduo	36	19,91	0,55	
Total	44	587,42		

C.V. = 10,18%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de colonização micorrízica nas raízes das plantas do Experimento I, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	6.821,43	852,67	48,13*
Resíduo	36	625,67	17,65	
Total	44	7.457,00		

C.V. = 13,12%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados do número de esporos no solo do Experimento I, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	713.391,1	89.173,88	20,27*
Resíduo	36	158.318,0	4.397,72	
Total	44	891.709,1		

C.V. = 14,82%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ANEXO - C

Análises de variância dos dados de altura, peso da matéria seca, conteúdos de nitrogênio e fósforo da parte aérea, colonização micorrízica das raízes das plantas e número de esporos no solo do Experimento II.

Análise de variância dos dados de altura de parte aérea das plantas do Experimento II, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	1.200,4	150,05	13,26*
Resíduo	36	407,3	11,31	
Total	44	1.607,7		

C.V. = 9,97%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de peso da matéria seca da parte aérea das plantas do Experimento II, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	44,32	5,54	36,9*
Resíduo	36	5,42	0,15	
Total	44	49,74		

C.V. = 12,58%

(*) Significativo ao nível de 5% de Probabilidade.

Análise de variância dos dados de conteúdo de nitrogênio da parte aérea das plantas do Experimento II, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	69.314,76	8.644,34	58,95*
Resíduo	36	5.290,80	146,96	
Total	44	74.605,56		

C.V. = 15,56%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas do Experimento II, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	83,50	10,43	38,65*
Resíduo	36	9,88	0,27	
Total	44	93,38		

C.V. = 13,45%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados de colonização micorrízica das raízes das plantas do Experimento II, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	3.393,27	424,15	32,77*
Resíduo	36	466,00	12,94	
Total	44	3.859,27		

C.V. = 15,75%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância dos dados do número de esporo no solo do Experimento II, Fortaleza, Ceará, 1993.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	378.580	47.322,50	7,85*
Resíduo	36	217.016	6.028,22	
Total	44	595.596		

C.V. = 24,18%

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.