DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO AGRÍCOLA DA CULTURA DA SOJA
(Glycine max (L.) Merrill) SOB DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO

ELOISA JENDIROBA

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

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 1992

DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO AGRÍCOLA DA CULTURA DA SOJA
(Glycine max (L.) Merrill) SOB DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO

ELOISA JENDIROBA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara

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

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 1992

J51d Jendiroba, Eloisa
Desenvolvimento e rendimento agrícola da cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill) sob diferentes fontes de nitrogênio. Piracicaba. 1992.
131p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Inoculante - Efeito 2. Nitrogênio em soja -
Fonte 3. Soja - Desenvolvimento 4. Soja -
Rendimento
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
Piracicaba

CDD 633.34

DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO AGRÍCOLA DA CULTURA DA SOJA
(Glycine max (L.) Merrill) SOB DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO

ELOISA JENDIROBA

Aprovada em : 4/12/92

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara ESALQ / USP

Prof. Dr. José Dias Costa EASLQ / USP

Prof. Dr. Natal Antonio Vello ESALQ / USP

Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara
Orientador

.iii.

Aos meus pais

DALVIO e ELEUSA

dedico este trabalho

Ao Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara, pela orientação, apoio e amizade durante o curso e elaboração deste trabalho;

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela atenção e pelos ensinamentos oferecidos;

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, pela oportunidade concedida;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de estudos;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio concedido à realização deste trabalho;

À Nitral Indústria e Comércio de Inoculantes e Produtos Agrícolas Ltda., pelo fornecimento de produtos utilizados neste trabalho;

Aos colegas Adriana, Ceci, Eduardo, Leandro, Lino, Rodrigo e Sueli, pela colaboração e dedicação na realização do trabalho em campo;

Aos colegas Eng^{OS}. Agr^{OS}. Carlos Eduardo Pulcinelli, Denise A. C. Bilia e Eda M. F. Piedade, pela amizade e colaboração em várias etapas deste trabalho;

Às amigas Gladys V. B. do Prado e Mônica Garcia, pela amizade, apoio e incentivo;

À Eleusa Jendiroba Guimarães, pelo apoio, confiança e carinho em todos os momentos;

Aos demais que, embora não mencionados, contribuíram para a realização deste trabalho:

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Importância do nitrogênio para a soja.....	4
2.2. Fontes de nitrogênio.....	5
2.2.1. Fontes minerais.....	5
2.2.2. Fontes biológicas através da fixação simbiótica de N ₂	6
2.3. Vantagens e desvantagens entre fontes minerais e biológicas de nitrogênio.....	13
2.4. Inoculantes.....	14
2.4.1. Histórico e evolução.....	14
2.4.2. Tipos atuais de inoculantes.....	21
2.4.2.1. Inoculantes turfosos.....	21
2.4.2.2. Inoculantes oleosos.....	29
2.5. Fornecimento de nitrogênio à cultura da soja.....	31
2.5.1. Nitrogênio mineral.....	31
2.5.2. Inoculação.....	33
2.5.3. Inoculante turfoso x inoculante líquido....	40
2.6. Respostas da soja.....	43
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.1. Local.....	48
3.2. Solo.....	48
3.3. Fertilidade do solo.....	50

3.4. Cultivar.....	50
3.5. Delineamento experimental.....	50
3.5.1. Tratamentos.....	54
3.6. Preparo do solo.....	56
3.7. Sulcagem.....	57
3.8. Adubação.....	58
3.9. Tratamento e inoculação das sementes.....	59
3.10. Semeadura.....	60
3.11. Tratos culturais.....	60
3.12. Colheita.....	61
3.13. Características agronômicas avaliadas.....	61
3.13.1. População inicial e final de plantas.....	61
3.13.2. Fenologia e fenometria.....	62
3.13.3. Número de sementes por planta; número de vagens por planta; número de ramificações por planta e número de sementes por vagem.....	63
3.13.4. Peso de matéria seca de nódulos radiculares, parte aérea e sistema radicular.....	63
3.13.5. Rendimento agrícola.....	65
3.13.6. Peso de 1.000 grãos.....	65
3.14. Procedimento estatístico e controle local.....	66
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4.1. Condições climáticas e desenvolvimento dos experimentos.....	69
4.2. População inicial e população final de plantas....	72
4.2.1. Área sem histórico de inoculação.....	72
4.2.2. Área com histórico de inoculação.....	73

4.2.3. Análise conjunta	75
4.3. Altura de planta e número de nós formados por planta.....	77
4.3.1. Área sem histórico de inoculação.....	77
4.3.2. Área com histórico de inoculação.....	79
4.3.3. Análise conjunta	83
4.4. Número de ramificações, vagens e sementes por planta e número de sementes por vagem.....	87
4.4.1. Área sem histórico de inoculação.....	87
4.4.2. Área com histórico de inoculação.....	88
4.4.3. Análise conjunta	89
4.5. Peso de matéria seca de sistema radicular.....	91
4.5.1. Área sem histórico de inoculação.....	91
4.5.2. Área com histórico de inoculação.....	92
4.5.3. Análise conjunta	93
4.6. Peso de matéria seca de nódulos radiculares.....	94
4.6.1. Área sem histórico de inoculação.....	94
4.6.2. Área com histórico de inoculação.....	97
4.6.3. Análise conjunta	100
4.7. Peso de matéria seca de parte aérea.....	103
4.7.1. Área sem histórico de inoculação.....	103
4.7.2. Área com histórico de inoculação.....	103
4.7.3. Análise conjunta	103
4.8. Peso de 1.000 grãos.....	107
4.8.1. Área sem histórico de inoculação.....	107
4.8.2. Área com histórico de inoculação.....	109
4.8.3. Análise conjunta	110

4.9. Rendimento agrícola.....	111
4.9.1. Área sem histórico de inoculação.....	111
4.9.2. Área com histórico de inoculação.....	113
4.9.3. Análise conjunta.....	114
5. CONCLUSÕES.....	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
APÊNDICES.....	131

DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO AGRÍCOLA DA CULTURA DA SOJA
(Glycine max (L.) Merrill) SOB DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO

Autora: ELOISA JENDIROBA

Orientador: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

RESUMO

Objetivando-se comparar os efeitos de diferentes fontes de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento agrícola, conduziram-se experimentos com a cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill), cultivar IAC-8, em condições de campo, com semeadura realizada na primeira quinzena do mês de dezembro do ano de 1990. Os experimentos localizaram-se em área experimental do Departamento de Agricultura da ESALQ/USP, no município de Piracicaba, em solo classificado como Terra Roxa Estruturada.

As duas áreas onde foram conduzidos os experimentos diferiram quanto ao histórico de cultivo, sendo uma cultivada com cana-de-açúcar durante dois anos (sem histórico de inoculação) e a outra havia sido cultivada com soja durante três anos consecutivos.

As fontes de nitrogênio utilizadas consistiram em fontes minerais (sulfato de amônio e uréia), e em fontes biológicas, utilizando-se inoculantes próprios para a cultura da soja, fornecendo-se inóculo de Bradyrhizobium

japonicum na semeadura através da inoculação das sementes antes desta operação. Os inoculantes adotados foram os turfosos, de dois locais de origem, e os líquidos. Entre esses utilizou-se inoculante com veículo oleoso com óleo de origem vegetal e de origem mineral, e inoculante em emulsão. Contou-se ainda com o tratamento controle, sem qualquer fonte de nitrogênio.

Foram avaliadas características das plantas de soja, a fim de observar possíveis efeitos das diferentes fontes de nitrogênio sobre o desenvolvimento das mesmas, em estádios fenológicos considerados importantes, e sobre o rendimento de grãos.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, utilizando-se oito tratamentos e cinco repetições em cada uma das áreas.

Os resultados obtidos nas avaliações realizadas durante todo o ciclo da cultura até a colheita permitiram as seguintes conclusões: entre as fontes de nitrogênio utilizadas, os inoculantes turfosos foram os que permitiram maior nodulação de plantas de soja e rendimento agrícola em área sem histórico de inoculação. Em área com histórico, a resposta da soja em termos de rendimento foi semelhante para todas as fontes de nitrogênio. Essa área anteriormente colonizada com Bradyrhizobium japonicum por outros cultivos, apresentou plantas com maior porte e maior acúmulo de matéria seca das plantas de soja, assim como maior rendimento de grãos, devido ao melhor aproveitamento da simbiose entre bactéria e hospedeiro.

DEVELOPMENT AND YIELD OF THE SOYBEAN CROP (Glycine max (L.)
Merrill) SUBMITTED TO DIFFERENT SOURCES OF NITROGEN

Author: ELOISA JENDIROBA

Adviser: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

SUMMARY

Experiments were carried out in order to compare the effects of different nitrogen sources on the development and yield of soybean (Glycine max (L.) Merrill), cultivar IAC-8, under field conditions. The sowings were made in 1990, during the first two weeks of December. The experiments were located on the experimental field of the Department of Agriculture, Faculty of Agriculture "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, in the city of Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. Plants were grown on a fertile tropudalf soil classified as 'Terra Roxa Estruturada'.

The two fields where the experiments were established differed on their history of cultivation. One was previously cropped with sugarcane during two years (no inoculation history) and the other received soybeans for three consecutive years.

The nitrogen sources consisted of mineral sources (ammonium sulfate and urea) and biological sources,

by the use of the following carriers for the inoculum Bradyrhizobium japonicum : two peat carriers of different origins and, among the liquid ones, a mineral oil, a plant oil and a water emulsion carrier. A control check treatment with no nitrogen or inoculant addition was also tested.

The soybean plant traits were evaluated, so that the potential effects of the different nitrogen sources on plant of development and on grain yield could be detected.

A randomized complete block experimental design was utilized, consisting of eight treatments, with five replications in each experiment.

The results from the evaluations performed over the crop life cycle led to the following conclusions: Among the nitrogen sources used, the peat carriers were those that resulted in highest plant nodulation and yield, in the experiment with no inoculation history. In the area with inoculation history, the response in terms of yield was similar among the different treatments. This area was previously colonized by Bradyrhizobium japonicum and this promoted and increased growth and dry-matter accumulation for the soybean plants, as well as an increased grain yield, due to the advantageous symbiosis between the bacteria and the host found in this field.

1. INTRODUÇÃO

A produção nacional de soja na safra 1991/92 situou-se em torno de 20 milhões de toneladas de grãos, com rendimento agrícola médio de 1.800 kg/ha. Considerando-se uma produção potencial de 4.000 kg/ha vários são os fatores que contribuem para um rendimento médio inferior ao potencial. Entre estes fatores podem ser citados as adversidades climáticas, a fertilidade do solo, as práticas fitotécnicas de produção, a ocorrência de pragas, doenças, além de outros.

Torna-se importante e necessário, o desenvolvimento de estudos na tentativa de solucionar os vários problemas que envolvem estes fatores, relacionados à cultura da soja, a fim de se obter altas produções de grãos, com elevada qualidade.

Dentro do contexto das práticas fitotécnicas utilizáveis para a produção, encontram-se aquelas relacionadas à obtenção e fornecimento de nutrientes para a cultura.

Entre os nutrientes, o nitrogênio é

fundamental para as plantas, participando da composição das moléculas de proteína e clorofila, além de desempenhar uma função chave no processo de divisão celular. Desta forma, uma nutrição adequada em nitrogênio, será fundamental para o crescimento vigoroso das plantas.

Como fonte deste elemento tem-se a atmosfera. O nitrogênio pode ser fornecido às plantas através de processos industriais de síntese de amônia, pela fixação biológica de nitrogênio, por microrganismos ou arrastado pela água da chuva.

Os processos industriais de síntese de amônia que são a base da indústria de fertilizantes, necessitam de alta quantidade de energia, encarecendo os produtos para uso na agricultura. Desta maneira, a obtenção deste nutriente através da fixação biológica por microrganismos tornou-se um processo técnica e economicamente favorável para o fornecimento de nitrogênio, viabilizando a exploração da cultura da soja, com a utilização quase que rotineira da prática agrícola conhecida como inoculação das sementes.

Atualmente, no mercado nacional de inoculantes são encontrados o inoculante tradicional tipo turfoso, e o inoculante líquido a base de óleo, este mais restrito às áreas produtoras tradicionais dos estados da região sul do Brasil.

A técnica da inoculação é considerada de uso geral, porém para a adoção do produto oleoso, há ainda

alguma resistência devido aos primeiros resultados em área de primeiro cultivo de soja. Para que o inoculante desempenhe sua função, é necessário que seja armazenado corretamente, assim como a sua adequada utilização.

Quanto ao novo tipo de inoculante, existem ainda dúvidas quanto à sua eficiência comparada ao tradicional inoculante turfoso. Essas dúvidas referem-se à natureza do óleo utilizado, à operacionalidade da técnica de inoculação e sua eficiência em condições de campo.

Visando-se esclarecer dúvidas sobre a eficiência dos inoculantes atualmente disponíveis, realizou-se o presente trabalho com o intuito de comparar e avaliar os efeitos do nitrogênio proveniente de fertilizantes minerais e do nitrogênio biológico proveniente da utilização de inoculantes turfosos e oleosos, sobre o desenvolvimento e a produção de soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do nitrogênio para a soja

O nitrogênio é o macronutriente mais abundante na planta, e também o mais exigido entre todos os demais, com poucas exceções às culturas (MALAVOLTA, 1980).

É um elemento que tem grande importância na planta por ter função estrutural, ou seja, faz parte da molécula de compostos orgânicos, como por exemplo aminoácidos e proteínas, sendo também ativador de enzimas. Desta forma, sua presença é determinante na realização de um ou mais processos vitais da planta, como síntese de proteína, absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular e herança (MALAVOLTA et al., 1989).

O nitrogênio como elemento, é importante para todas as plantas, incluindo-se a soja. A planta depende do nitrogênio para os seus processos vitais, para formação e qualidade da colheita, onde estimula a formação e desenvolvimento de gemas floríferas, maior vegetação, e

aumento no teor de proteína (MALAVOLTA et al., 1989).

O que difere a soja, ou as leguminosas das demais plantas com relação ao nitrogênio, é que além de ser capaz de aproveitar o N disponível no solo e aquele fornecido por aplicação de fertilizantes, a planta também pode fixar o N_2 atmosférico, via fixação simbiótica, constituindo-se em uma forma mais econômica de prover o elemento às plantas (ZYLBERSZTAJN et al., 1985).

2.2. Fontes de nitrogênio

2.2.1. Fontes minerais

O nitrogênio é o elemento que a soja requer em maior quantidade. Por essa necessidade, deveriam ser esperadas respostas acentuadas à aplicação de adubos químicos nitrogenados. Entretanto, estudos realizados não têm mostrado resultados concluentes sobre a vantagem do uso desses fertilizantes, para os níveis atuais de rendimento da cultura. O que se atribui a essa observação, é que a soja, como leguminosa, extrai grande parte do nitrogênio que necessita do ar (1/3 a 1/2) pelo processo simbiótico com bactérias, dispensando o emprego de fertilizante nitrogenado (BARNI & KOLLING, 1981).

As fontes minerais que poderiam ser adotadas, e que frequentemente encontram-se em trabalhos de pesquisa,

são sulfato de amônio (RUSCHEL et al., 1975; MASCARENHAS et al., 1984), uréia (RUSCHEL et al., 1975; BONETTI, 1982) e, nitrato de amônio (RUSCHEL et al., 1975). Observa-se que essas fontes são aquelas também utilizadas por outras culturas, e escolhidas a critério do condutor do ensaio, desde que fornecida a quantidade necessária ao desenvolvimento das plantas, durante a condução da cultura.

2.2.2. Fontes biológicas através da fixação simbiótica de N₂

As fontes biológicas apresentam-se como inóculos para as leguminosas, que são compostas de culturas de rizóbios misturados e incubadas em um veículo para aplicação às sementes ou no ambiente onde serão colocadas (KREMER & PETERSON, 1983). Os rizóbios em relação de simbiose com as raízes da planta hospedeira, permitem que essa aproveite o nitrogênio atmosférico por meio da fixação, para suprir boa parte das exigências deste elemento (FREIRE & VIDOR, 1981).

As espécies de rizóbios têm sido classificadas com base na gama de hospedeiros em que são capazes de formar nódulos fixadores de N₂ e em alguns atributos bioquímicos (ARAUJO & HENSON, 1988). Para a cultura da soja, a espécie que atua era denominada Rhizobium japonicum. Pela constatação do tipo de crescimento observado

para essas bactérias, adotou-se Bradyrhizobium japonicum, que apresenta crescimento lento, sendo somente essa a denominação utilizada atualmente. De forma geral, adota-se o termo rizóbio quando se refere às bactérias fixadoras, já que atuam várias estirpes.

A agricultura brasileira apresenta estudos relacionados à fixação biológica de nitrogênio desde os anos de 1940. Em 1950, pesquisas em fixação de N_2 iniciaram-se em vários centros, com destaque no sul do país. Nos anos de 1960, os experimentos com inoculação de leguminosas foram estendidos a estudos de solo e planta, e fatores que limitam seus efeitos na simbiose. Esses estudos ocorreram em novos centros como Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, em Piracicaba e IPEACS (Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Sul). Algumas reuniões latino-americanas sobre Rhizobium, em 1968 e 1970, proporcionaram um pouco mais de estímulo à pesquisa, mostrando que os problemas brasileiros de integração de solo, planta e bactéria envolvidos em fixação de N_2 , foram os principais da América Latina e comparáveis com outros no mundo (DÖBEREINER, 1981).

Desde 1963, experimentos têm sugerido o uso da inoculação em substituição à fertilização. Os cultivares de soja adotados na época, com a fertilização nitrogenada produziam uma média de 4.000 kg/ha. Com a inoculação, o rendimento não era satisfatório, ou outros problemas

nutricionais limitaram a fixação de N_2 (DÖBEREINER, 1981). Diante desses resultados, os estudos sobre o assunto passaram a despertar maior interesse.

A fixação de nitrogênio (N_2) tornou-se um processo de grande importância no cultivo de leguminosas, onde é possível uma grande economia de adubos nitrogenados. Quando se faz referência à fixação de N_2 pela simbiose entre a bactéria e a leguminosa hospedeira, integra-se a esse estudo vários aspectos que definem a eficiência da inoculação. Assim, são de grande importância as estirpes de rizóbios, as condições para sua sobrevivência, e também sua relação com o hospedeiro (FREIRE & VIDOR, 1981).

Na seleção de estirpes de rizóbios são necessários alguns dos seguintes requisitos: eficiência em fixar nitrogênio, capacidade e habilidade de formar o nódulo rápida e eficientemente, capacidade de competir com microrganismos do solo, sobrevivência em condições adversas do solo, habilidade para crescer em meio líquido e veículo orgânico e sobrevivência na semente, além da tolerância a pH baixo do solo, a pesticidas e capacidade de nodular e fixar em presença de nitrogênio mineral (WILLIAMS, 1984; ZYLBERSZTAJN et al., 1985).

Segundo PERES & SUHET (1986) em revisão sobre a eficiência simbiótica, há estirpes de rizóbios consideradas de maior eficiência, formando nódulos com taxas de fixação duas vezes superior à das estirpes normais

(DÖBEREINER et al., 1970). A retenção e transporte de nitrogênio fixado também podem ser considerados, onde o acúmulo de determinadas substâncias no nódulo limita a quantidade disponível de nitrogênio para o crescimento da planta (FRENEY & GIBSON, 1974). Outros autores acreditam que os diferentes graus de eficiência simbiótica são as diferentes capacidades apresentadas pelas estirpes em utilização de energia provenientes da fotossíntese por mg de N_2 fixado, mostrando diferentes taxas de fixação (HAVELKA & HARDY, 1976).

De acordo com GALLI (1987), a metodologia mais usada para avaliar o comportamento simbiótico inclui avaliação da nitrogenase, pelo método de redução do acetileno, o peso de nódulos, o peso da parte aérea e a quantidade de N total da planta, além da produtividade. Segundo alguns autores, a massa nodular está positivamente relacionada com a quantidade de N_2 fixado e a quantidade de N total da parte aérea constitui-se em uma medida de rendimento indicativa da quantidade de N_2 fixada e incorporada à planta. Apenas a infectividade de uma estirpe não implicará em eficiência. É necessário que se multiplique dentro do nódulo, e ainda induza a formação de leghemoglobina e da nitrogenase, para que seja iniciado o processo de fixação de nitrogênio (N_2) (PERES & SUHET, 1986). Essa capacidade da bactéria em colonizar a superfície da raiz é uma característica intrínseca da estirpe. Já a

nodulação da planta e a fixação de nitrogênio são administradas simultaneamente pelos dois simbiontes. Assim, a capacidade de uma estirpe de rizóbio em provocar a formação de nódulos e fixar o nitrogênio em uma leguminosa, é extremamente dependente da associação rizóbio-leguminosa. Torna-se, portanto, essencial obter estirpes eficientes em maior número possível de cultivares de soja, garantindo, um aproveitamento máximo no processo simbiótico da fixação do nitrogênio (FRANCO & VINCENT, 1976).

Com relação à sobrevivência e competitividade da bactéria no solo, há certa dificuldade para definir exatamente os parâmetros da bactéria. Pode-se considerar fatores físicos e químicos, assim como fatores biológicos (FRANCO & VINCENT, 1976).

Entre os fatores físicos e químicos, ou chamados abióticos podem ser citados a acidez do solo, as altas temperaturas e a dessecação (CALDWELL & VEST, 1970; DART, 1981; ROMANI, 1989). As propriedades do solo podem provocar diferenças na nodulação (BUSHBY, 1984), através de um efeito direto na estirpe de rizóbio ou na simbiose. Há também indícios de que a acidez afeta a sobrevivência e colonização da rizosfera, assim como as etapas de infecção do tecido do hospedeiro e desenvolvimento dos nódulos e funcionamento da simbiose (BUSHBY, 1981; LOVATO et al., 1985; VIDOR et al., 1981; BARAIBAR LUCAS, 1986).

Entre os fatores biológicos ou bióticos são

considerados a presença do hospedeiro apropriado, a presença ou ausência de bacteriófagos específicos, a competição com outros microrganismos e a própria competição entre diferentes estirpes (FRANCO & VINCENT, 1976).

As estirpes devem apresentar características relacionadas à sobrevivência e competitividade. Para a sobrevivência, as estirpes devem possuir a habilidade de persistir no solo, por longos períodos, em condições de inanição, já que na maioria das áreas de produção, a soja voltará somente na próxima safra. É provável que as bactérias dependam de quantidades de polímeros de reserva ou da produção de polissacarídeos extracelulares (VIDOR, 1981).

A sobrevivência de rizóbios nos inoculantes também deve ser considerada. Ela vai depender das características do inoculante e do meio em que ele é armazenado, e também depois da sua aplicação. Assim, são considerados importantes os seguintes aspectos: o tipo de suporte usado e a ausência de fatores tóxicos, o número de microrganismos que não são rizóbios presentes quando inoculados, a umidade potencial do inoculante, a regulação da fase gasosa, e a temperatura de armazenamento (ROUGHLEY, 1981).

O efeito da temperatura de armazenamento no crescimento e sobrevivência do rizóbio é influenciado pela pureza da cultura e a quantidade de perda de umidade durante o armazenamento. Em culturas preparadas com turfa

esterilizada, e incubação a 26°C, imediatamente após a inoculação ocorre o rápido crescimento de rizóbio. Se a umidade presente for mantida, há pequeno ou nenhum efeito na sobrevivência, após seis meses (ROUGHLEY, 1981).

Segundo o mesmo autor, a umidade contida em um inoculante tem um efeito marcante no número de rizóbios. Isso ocorre não somente pelo nível crítico de umidade inicial, mas também pela relação entre taxa de morte de rizóbio e a taxa de perda de água, durante o armazenamento. Essa perda pode também ocorrer em recipientes quando as culturas de bactérias estão guardadas sob refrigeração. Além disso, a umidade pode influenciar desde a interação entre rizóbios e microorganismos contaminantes, afetando sua sobrevivência em turfa não estéril que é bastante diferente daquela obtida em turfa esterilizada. Nesta turfa, algumas estirpes tolerantes a altos níveis de umidade, têm um crescimento e sobrevivência ótimos em um valor de 50 a 60%.

A competitividade entre as estirpes também constitui-se em um atributo importante na seleção, porém, é necessário considerar conjuntamente o efeito de fatores do ambiente na sobrevivência e competição das estirpes, como uma função de tempo (VIDOR, 1981). Assim, para ser mantida a predominância de uma estirpe, mesmo de alta competitividade, é imprescindível a inoculação continuada, para evitar a invasão de estirpes estranhas, possivelmente menos efetivas. A introdução de estirpes efetivas, de adaptação não

conhecida, deve ser acompanhada seguidamente para avaliação da persistência, sobrevivência no solo e surgimento de ecotipos adaptados (FREIRE & KOLLING, 1986).

2.3. Vantagens e desvantagens entre fontes minerais e fontes biológicas de nitrogênio

O suprimento de nitrogênio através da simbiose com bactérias é sem dúvida um recurso que trouxe maior viabilidade econômica para a cultura da soja, em termos de nutrição da planta. Os inoculantes se tornaram uma fonte mais interessante de fornecimento de nitrogênio para as leguminosas pelas suas características de fácil utilização no fornecimento das bactérias às plantas, através das sementes, na maior parte dos casos de inoculação. Além disso, como componentes do custo de produção, os inoculantes são menos dispendiosos economicamente, em comparação com os fertilizantes minerais, apresentando-se bastante eficientes quando utilizados adequadamente (ARAUJO, 1981; BALATTI, 1981).

Diante das considerações de vários autores, observou-se que é desnecessário o emprego de adubos nitrogenados para a soja, já que existe a simbiose. Essa cultura inicia o processo de fixação de N_2 poucos dias após a emergência, e o mantém em um nível elevado praticamente até o final do seu ciclo reprodutivo (VARGAS et al., 1982;

GIBSON, 1976).

Os pequenos incrementos que ocasionalmente ocorrem com a aplicação de nitrogênio, quando analisados sob o aspecto econômico, certamente serão rejeitados, de maneira a contraindicar a adoção dessa tecnologia (BARNI & KOLLING, 1981).

A correta utilização do inoculante, ou seja, atendendo-se às condições necessárias à essa prática, é suficiente para suprir, juntamente com as reservas do solo, as necessidades de nitrogênio da cultura da soja e proporcionar elevados rendimentos de grãos (BARNI & KOLLING, 1981).

2.4. Inoculantes

2.4.1. Histórico e evolução

Os inoculantes são substâncias que contém microrganismos que atuam favoravelmente no desenvolvimento das plantas, através da fixação de nitrogênio atmosférico (BRASIL. Secretaria de Fiscalização Agropecuária, 1983). Constam de um cultivo de estirpes de rizóbios selecionadas, misturado a um suporte, a fim de facilitar a manipulação do produto inoculante, e de conferir maior sobrevivência às bactérias durante o período entre produção e utilização do produto no campo (CASSIOLATO, 1986).

A prática de inoculação de sementes de leguminosas com rizóbios teve seus primeiros passos após Hellriegell's, em 1886, descobrir a capacidade da nodulação destas plantas para fixar nitrogênio (BROCKWELL et al., 1980).

Em 1896 iniciou-se o uso da inoculação de sementes com culturas puras de rizóbios. Essas eram suspensas em água e desta forma eram usadas para impregnar as sementes. Depois, esse procedimento foi substituído por solo esterilizado impregnado com rizóbios, e posteriormente por turfa coberta com agar. A partir de 1920, nos E.U.A., passou-se a utilizar somente a turfa, tornando os inoculantes com base sólida (CASSIOLATO, 1986).

Em 1952 na Austrália e em 1964 no Uruguai, adotou-se também a base sólida para os inoculantes, principalmente porque assim diminuía-se a taxa de mortalidade dos rizóbios durante a secagem rápida do inoculante quando aplicado às sementes (LABANDERA, 1986).

Como variação à turfa, STRIJDOM & DESCHODT (1976), testaram uma combinação com carvão, bentonita e alfafa (CBA). Essa mistura foi considerada quase tão boa quanto a turfa, ou seja, atendia às exigências para um suporte orgânico. Porém, os autores apontaram que estirpes de rizóbios diferem em suas capacidades para crescimento em diferentes suportes. Observou-se também que duas raças de rizóbios de caupi utilizadas tiveram reduzido crescimento no

veículo com base em CBA. Diante disso, sugeriu-se que seria essencial conhecer as características das estirpes de rizóbios antes de preparar os compostos orgânicos dos inoculantes.

Outro tipo de suporte orgânico foi avaliado por CORBY (1976). Utilizou-se neste estudo, um composto preparado pela mistura de espigas de milho, com 2,5% de calcário, 0,8% de superfosfato simples e 1,1% de nitrato de amônia. À mistura foi adicionado água, aumentando-se o grau de umidade, e a seguir, submeteu-se o material à fermentação por um período de 30 semanas. A mistura foi mantida em recipiente plástico, removida em intervalos de tempo, e reumedecida. Concluída a fermentação do material, procedeu-se à secagem, moagem, peneiragem, armazenamento e esterilização. Para esse composto usado como suporte, concluiu-se que tinha-se boa sobrevivência para as estirpes de rizóbios (BURTON, 1981).

MORETTI & SAITO (1978) utilizaram como material rico em matéria orgânica para substrato de inoculante de rizóbios, a torta de filtro, resíduo da indústria canavieira. A torta de filtro quando esterilizada com radiação gama, proporcionou melhores condições para sobrevivência dos rizóbios, somente no início do armazenamento. Porém, após 6 meses, o número de bactérias neste substrato reduziu drasticamente.

O uso de substratos alternativos tais como

xarope de milho, soro de leite, vinhaça e outros subprodutos de indústria, pode contribuir para produções de inoculantes, a nível regional, tornando o produto mais barato (ZYLBERSZTAJN et al., 1985).

Há casos de veículos sintéticos a base de géis polimerizados, poliacrilamida ou carvão mineral, que apresentam bons resultados como substratos. Mas esses últimos casos têm apresentado altos custos de produção, pois exigem técnicas refinadas, sendo somente viáveis para locais onde a turfa não for prontamente disponível (CASSIOLATO, 1986).

Segundo BURTON (1981), durante 2/3 deste século, pesquisas em inoculantes para leguminosas foram inicialmente com métodos de cultivo de rizóbios, a fim de determinar o veículo adequado, e a seleção de cultivares de espécies de leguminosas, sendo introduzidas em solos virgens sob condições relativamente favoráveis. Agora a tecnologia de produção está sendo adequada para condições cada vez mais particulares. E essa tecnologia precisa ser transferida aos produtores dos trópicos e também desenvolver sistemas de controle que deverão assegurar a qualidade dos inoculantes.

No final da década de 70, segundo ARAUJO (1991)¹, nos E.U.A. produziu-se um inoculante líquido,

¹ ARAUJO, S.C. Perspectivas para uso de inoculantes líquidos. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

constituído de uma cultura de rizóbios em meio líquido, simplesmente embalada em frasco estéril. O produto, porém, apresentou um período de tempo pequeno de sobrevivência das bactérias, sendo logo retirado do mercado. Em 1982, seguindo a essa idéia do inoculante líquido, KREMER & PETERSON (1982) desenvolveram um outro produto, no qual as células eram liofilizadas e imersas em óleo. Esse inoculante, em princípio, reunia algumas das características desejadas para um bom inoculante, como alta sobrevivência das bactérias e maior resistência ao calor, e também a facilidade de aplicação do produto oleoso (SMITH, 1987).

A produção de inoculantes no Brasil, assim como o seu comércio estão sujeitos à fiscalização do Ministério da Agricultura, a fim de que sejam cumpridas normas para a produção de um material de qualidade (ZYLBERSZTAJN et al., 1985; LOPES & KOLLING, 1991²; BRASIL, Secretaria de Fiscalização Agropecuária, 1983).

Entre as normas principais está o número de células viáveis de rizóbio por grama de produto, quando na fábrica e no comércio. Segundo a Legislação, por determinação analítica, os valores limites para os inoculantes são de 100 milhões de células viáveis de rizóbio por grama de produto na indústria. Para o produto encontrado

² LOPES, E.S. & KOLLING, J. Problemas de produção, fiscalização e eficiência de inoculantes no Brasil. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

no comércio, o valor é de 10 milhões de células viáveis por grama (BRASIL. Secreteria de Fiscalização Agropecuária, 1983)

O número de rizóbios inicial em um inoculante e o modo como esses microrganismos sobrevivem durante o armazenamento e distribuição são influenciados pelos processos usados no preparo dos inoculantes e pelas condições que permanecem após a fabricação. As variações na temperatura de armazenamento, umidade relativa e capacidade de trocas de gás com o meio são críticas à sobrevivência dos rizóbios no inoculante. Com esses problemas e a natural variação a que as estirpes de rizóbios estão propensas, é essencial que a qualidade dos inoculantes seja monitorada, não somente durante a fase de desenvolvimento na indústria de inoculantes, mas continuamente depois (ROUGHLEY, 1981).

A qualidade é um aspecto fundamental para o inoculante, e conseqüentemente o seu êxito em campo de produção de leguminosas. Segundo LABANDERA (1986), a qualidade do inoculante é determinada por dois fatores. A bactéria que determina o potencial qualitativo do produto, e o suporte que caracteriza o potencial quantitativo. Assim, os estudos sobre esses dois fatores são contínuos para a evolução da qualidade dos inoculantes.

De uma maneira simplificada, a qualidade do inoculante depende do número de rizóbios que ele contém, assim como da capacidade dos rizóbios para fixar o

nitrogênio com o futuro hospedeiro (ROUGHLEY, 1981).

A produção de inoculantes de alta qualidade, sugerida por DATE & ROUGHLEY (1977), pode ser dividida em fases. Uma delas corresponde à seleção de estirpes de rizóbio. A segunda seria a seleção e preparo de suporte. Outra fase seria a de multiplicação da bactéria em meio líquido (caldo) e impregnação do suporte. E a última, o controle de qualidade do produto final. ROMANI (1989) considera que, em função da cultura, de sua problemática e do nível tecnológico disponível, não se tem sempre todas essas etapas em igual nível de desenvolvimento.

Os padrões de julgamento são ultimamente determinados pela performance em campo, em diferentes situações, e porque estes diferem amplamente. Desta forma, não se pode fixar um critério rígido quando se tem uma ampla variação de ambientes. No caso de um campo onde leguminosas serão estabelecidas, em que não há a presença de rizóbios, com boas condições, um número de 100 rizóbios por semente provê um nível de inóculo satisfatório. Em um campo onde ocorre um grande número de rizóbios inefetivos e/ou as condições para a sobrevivência do rizóbio são pobres, pode ser necessário um número excessivo de 10^6 por semente (ROUGHLEY, 1981).

Os inoculantes podem variar quanto ao tipo, em função dos suportes utilizados para a sobrevivência dos rizóbios. Consequentemente, variarão as formas de aplicação

e dosagens. Alguns deles não passam de estudos, pois não chegam a ser viáveis na prática. Porém o número de células de rizóbios viáveis deve ser mantido acima ou nos limites já citados, exigidos por lei (LOPES & KOLLING, 1991³).

2.4.2. Tipos atuais de inoculantes

2.4.2.1. Inoculantes turfosos

A turfa é atualmente a forma mais amplamente utilizada para o cultivo das bactérias, o que acarreta a produção e a comercialização de grandes volumes de inoculantes (LABANDERA, 1986).

A opção pela turfa como veículo de inoculantes se deveu a características muito favoráveis que ela possui constituindo-se em um bom suporte. É um material que apresenta alta capacidade de absorção de água; é de fácil processamento e esterilização; não é tóxica aos rizóbios; pode ser considerada como meio nutritivo, promovendo seu crescimento; favorece a sobrevivência da bactéria durante a comercialização do produto na semente inoculada. Além dessas características, a turfa deve preencher alguns requisitos, como a localização da sua fonte

³ LOPES, E.S. & KOLLING, J. Problemas de produção, fiscalização e eficiência de inoculantes no Brasil. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

deve ser viável e de baixo custo (BURTON, 1981; LABANDERA, 1986; SMITH, 1987).

Há ainda algumas propriedades da turfa que devem ser consideradas, para garanti-la como um substrato em potencial. São elas o conteúdo de matéria orgânica, pH e salinidade. Essas propriedades podem indicar o grau de adaptabilidade de uma turfa à produção de inoculantes, porém a última seleção deverá basear-se em estudos de sobrevivência dos rizóbios selecionados (LABANDERA, 1986; LOPES & GIARDINI, 1977).

Assim, deve-se considerar que nem todas as turfas são igualmente úteis como suporte para as bactérias, e portanto sua seleção será determinante na qualidade final do inoculante (BURTON, 1981). As turfas utilizadas na fabricação de inoculantes para leguminosas são diferentes em natureza e podem variar amplamente no mesmo depósito (DATE & ROUGHLEY, 1977).

O preparo da turfa para emprego como suporte de inoculante envolve operações de coleta, secagem, correção de acidez e moagem. Em muitos casos a turfa não sofre o processo de esterilização, já que muitos o consideram um processo de alto custo (LOPES & KOLLING, 1991⁴).

No Brasil, a turfa utilizada no preparo de

⁴ LOPES, E.S. & KOLLING, J. Problemas de produção, fiscalização e eficiência de inoculantes no Brasil. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESAQ/USP. Piracicaba, 1991.

inoculantes corresponde a um solo turfoso, com valores de pH corrigidos para 7,0, a fim de que não sejam afetadas a sobrevivência e multiplicação dos rizóbios durante a estocagem. O CaCO_4 tem sido indicado como um bom neutralizador para a turfa (CASSIOLATO, 1986). O agente neutralizante normalmente é adicionado à turfa antes da moagem. Essa turfa apresenta níveis consideráveis de matéria orgânica, frequentemente encontrando-se turfas com 30 a 60% de matéria orgânica, sendo o valor ideal igual a 60%. Além disso, ela deve ter um baixo teor de sais solúveis (menor que 1%) (VIDOR et al., 1983).

Além do teor de matéria orgânica, a granulação da turfa também influi na sua utilização e eficiência como inoculante. Segundo BURTON (1981) em trabalho desenvolvido nos E.U.A., considerou-se que a turfa fina com 70 a 95% de suas partículas, passando através de peneira de 200 mesh, é considerada mais adequada para inocular sementes, pois as partículas finas tendem a aderir melhor às pequenas sementes, que aquelas grosseiras. As partículas finas são também essenciais quando os inoculantes forem aplicados em suspensão aquosa, diretamente no solo.

A turfa brasileira apresenta ainda como característica, uma intensa atividade microbiológica. Encontram-se valores de 8×10^2 até 5×10^8 actinomicetos por grama de turfa, do gênero Streptomices, provavelmente da série cinza, assim como protozoários do tipo das amebas

(5×10^4 /g de turfa), flagelados (1×10^3 /g de turfa) e cistos (1×10^5 /g de turfa) (FONSECA et al., 1985). Esses microrganismos, pelos efeitos antagônicos e predadores têm sido sugeridos como responsáveis pela redução da concentração de R. phaseoli e R. japonicum nos inoculantes (FONSECA et al., 1985; MORETTI & SAITO, 1978; BARAIBAR LUCAS, 1986).

Independente do tipo de inoculante, o seu suporte para que seja seguro, deve passar por um tratamento esterilizante antes de ser impregnado com o caldo de bactérias, no caso da turfa, ou misturado às bactérias a outro tipo de suporte.

Através de estudos sobre a esterilização do suporte, concluiu-se que esse processo permite obter maior concentração inicial de bactérias, e melhor atuação do inoculante em condições de campo (LABANDERA, 1986).

O processo de esterilização da turfa é vantajoso porque pode ser feito no próprio pacote e a adição do caldo do inoculante feita através de injeção em condições de assepsia. Além disso, o tempo para a multiplicação das bactérias durante o processamento industrial pode ser reduzido, diminuindo as chances de contaminação, já que ocorre multiplicação satisfatória das bactérias do caldo inoculado no interior dos pacotes (LOPES et al., 1980).

Quando se decide não fazer a esterilização, geralmente expõe-se a turfa ao sol ou submete-se o material

a um tratamento térmico adicional para secagem rápida (LOPES, 1975; DATE & ROUGHLEY, 1977; LOPES & KOLLING, 1991⁵). Através desse procedimento diminui-se a população de microrganismos, podendo-se eliminar principalmente aqueles que não têm formas especiais de resistência para sobreviver em condições de estresse. Porém, permanecem outros microrganismos contaminantes, fitopatógenos e rizóbios de eficiência desconhecida que poderão competir com as estirpes de rizóbios selecionadas (LOPES & KOLLING, 1991).

Quando se faz a mistura do caldo com a turfa não esterilizada, para a obtenção do inoculante, não há assepsia na operação, que normalmente é feita com misturadores abertos, rotativos. A seguir a mistura é deixada em bandejas para a "cura", durante 3 a 5 dias. O inoculante preparado é empacotado em sacos plásticos, na quantidade de 200 g. Nesta fase operacional, é necessário cuidado com o controle de umidade e com a uniformidade de peso dos pacotes embalados, a fim de se manter um certo nível de qualidade. O teor de umidade deve ser estabelecido em função da capacidade de retenção de umidade da turfa utilizada e da constatação da boa sobrevivência do rizóbio na turfa. Isso porém, pode variar com as estirpes (LOPES &

⁵ LOPES, E.S. & KOLLING, J. Problemas de produção, fiscalização e eficiência de inoculantes no Brasil. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

KOLLING, 1991⁶).

Em vista dos trabalhos encontrados na literatura, o processo de esterilização pode ser executado através de várias técnicas. Entre elas encontram-se a irradiação com raios gama, que constitui-se em um dos mais eficientes métodos. Também pode ser feita por autoclavagem, e a vácuo.

As dosagens de radiação são recomendadas em uma faixa de 3 a 7 Mrads (ARAUJO, 1991⁷), podendo-se encontrar alguns níveis abaixo desta faixa, como 2,5 Mrads (ROMANI, 1989). As diferenças encontradas na evolução do número de rizóbios provocadas por diferentes dosagens de radiação gama, poderiam ser atribuídas a alterações qualitativas nos constituintes da turfa, particularmente nos de natureza orgânica (CASSIOLATO, 1986).

A irradiação com irradiações gama de 2,5 Mrads controlou o crescimento dos contaminantes remanescentes e permitiu boa sobrevivência do Rhizobium phaseoli durante os 60 dias de armazenamento dos inoculantes a 28°C (ROMANI, 1989).

O que se considera, é que o processo de

⁶ LOPES, E.S. & KOLLING, J. Problemas de produção, fiscalização e eficiência de inoculantes no Brasil. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

⁷ ARAUJO, S.C. Perspectivas para uso de inoculantes líquidos. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

esterilização é necessário, e ao mesmo tempo de alto custo, quando se utiliza a radiação gama. Cabe portanto, aos fabricantes de inoculantes adotarem uma postura diante do avanço da qualidade dos produtos a fim de conquistar seus mercados.

Porém, a esterilização da turfa com radiações gama, segundo alguns autores, não elimina completamente os contaminantes. Permitem assegurar um nível de contaminação que não interfere na sobrevivência e atuação do inóculo de rizóbio impregnado (PARKER & VINCENT, 1982; STRIJDOM & Van RENSBURG, 1981; BARAIBAR LUCAS, 1986; WILLIAMS, 1984).

LOPES et al. (1980) comparando os processos de esterilização por autoclavagem e irradiação com raios gama, cujas doses foram de 2,25 e 5,1 Mrads, observaram que a irradiação foi superior nos resultados. Nas duas doses de radiação utilizadas, um leve aumento no número de rizóbios foi observado. O número máximo no período foi reduzindo entre 32 e 60 dias. Houve redução gradual no número de rizóbios no tratamento com irradiação, porém o número de células viáveis de rizóbios foi sempre maior, quando comparado aos tratamentos com autoclavagem, e sem esterilização. Aos 20 dias ocorreu multiplicação das células de rizóbios sem esterilização e com irradiação. No tratamento com autoclavagem nesta fase, permaneceu a mesma população. Aos 32 dias, a população encontrada foi cinco vezes maior no tratamento com irradiação. Aos 60 dias, todos

os tratamentos decresceram, sendo 16,7% com irradiação a 2,25 Mrads, 24,2% com irradiação a 5,1 Mrads e 42% sem esterilização. E ainda redução de 80% em tratamento com autoclavagem.

Segundo WILLIAMS (1984), a autoclavagem tem a vantagem de ser o único método que permite culturas absolutamente puras de rizóbios para ser preparado o inoculante.

A esterilização da turfa pode ainda ser feita por vapor, exigindo a exposição da turfa a uma temperatura de 127°C, em pequenas camadas, tornando o processo industrialmente inviável. Além disso, uma exposição por um tempo ou temperaturas maiores que os recomendados, podem degradar as propriedades naturais da turfa, tornando-a imprópria para a produção de inoculante. A esterilização química também não é possível, pois os produtos esterilizantes são adsorvidos pelas micelas coloidais da turfa, não se soltando facilmente, o que pode deixar resíduos prejudiciais aos rizóbios (ARAUJO, 1991⁸).

No caso da turfa granular, tem-se uma forma de aplicação diferente da turfa finamente moída, de maior utilização geral. Os cultivos em turfa granular incluem a turfa, argila e vermiculita, sendo esses últimos menos

⁸ ARAUJO, S.C. Perspectivas para uso de inoculantes líquidos. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

frequentes. Os grânulos de turfa se formam naturalmente durante o processo de secagem rápida da turfa. As argilas mais comumente usadas têm sido a caolinita e a bentonita de sódio. Pode-se utilizar também vermiculita impregnada com cultivos concentrados em suspensão em azeite. Em alguns casos empregam-se suportes inertes inoculados com inoculantes a base de turfa. Os grânulos geralmente são padronizados para malha 20 a 50 e são misturados com cultivos concentrados para alcançar uma umidade final de 32 a 34%. Esses grânulos podem passar livremente através do mecanismo de liberação da máquina semeadora (LABANDERA, 1986).

2.4.2.2. Inoculantes oleosos

Os cultivos em óleo constituem-se em um meio líquido para rizóbios, que encontram-se concentrados por centrifugação ou liofilização. Constitui-se também em uma boa opção para uso como inoculante.

Segundo KREMER & PETERSON (1983), o inoculante com suporte oleoso pode resultar em um importante aumento na sobrevivência de rizóbios submetidos a temperaturas altas (28 a 36°C), já que são mais resistentes à dessecação. O inoculante oleoso pode ser preparado adicionando-se células liofilizadas a óleo de soja (KREMER & PETERSON, 1982), de amendoim ou milho (KREMER & PETERSON, 1983; LABANDERA, 1986), e faz-se a agitação para uma mistura

homogênea. O óleo é previamente aquecido a 120°C, por 12 horas, a fim de evaporar algum resíduo de água (KREMER & PETERSON, 1982).

Em trabalho desenvolvido por KREMER & PETERSON (1982), a liofilização se processou através de coleta de células de rizóbios, a partir de culturas de 5 a 8 dias de R. phaseoli e 8 dias para R. japonicum. Essa coleta foi efetuada por centrifugação (1800xg) por 60 minutos a 4°C. Em seguida os "pelets" foram suspensos em solução salina de fosfato (0,01M $K_2HPO_4^-$; KH_2PO_4 ; 0,14M NaCl; pH 7,2) e centrifugados. As células liofilizadas foram removidas das placas de Petri, transferindo-se a sacos de plástico autoclavado. Esses contendo os rizóbios foram colocados em pacotes de poliuretano contendo dessecante ($CaSO_4$) e armazenados a 8°C.

O processo de liofilização, segundo LABANDERA (1986), também pode ocorrer através de congelamento das soluções intracelulares e remoção da umidade através da membrana celular sob vácuo, sem permitir que os componentes celulares se desintegrem.

A liofilização de células de rizóbios suspensa em solução e congelada foi observada por ATTHASAMPUNNA et al. (1989), analisando-se algumas características das bactérias após alguns períodos de armazenamento. Após 11 anos de conservação, a viabilidade de culturas congeladas foi considerada satisfatória no

armazenamento, a temperaturas de 28 e 32°C, e em temperatura de 4°C, sob refrigeração. Foi verificado que a habilidade para fixação de nitrogênio e a capacidade de nodulação tinha ainda se conservado durante o período de estudo.

2.5. Fornecimento de nitrogênio à cultura da soja

2.5.1. Nitrogênio mineral

A soja, assim como a maioria das leguminosas, pode obter o nitrogênio que necessita através da fixação simbiótica, do solo e de fertilizantes (RUSCHEL, 1981). Através de muitos estudos, avaliando-se as quantidades obtidas em cada uma dessas fontes, evidenciou-se que a soja obtém a maior parte do nitrogênio através da fixação do nitrogênio atmosférico, com bactérias do gênero Bradyrhizobium.

Há porém, estudos em que se observa a aplicação de nitrogênio mineral por fertilizantes em diferentes doses e estádios de desenvolvimento da cultura, na tentativa de aumentar o rendimento da soja esperado com base em recomendações da pesquisa com a adoção de inoculação correta das sementes (BARNI & KOLLING, 1981). Para isso, as formulações de adubos para a soja poderiam conter 5 a 10% de nitrogênio, segundo esses autores.

Quando se adota uma aplicação de pequena dose

de nitrogênio mineral na semeadura, acredita-se em um fornecimento do nutriente que promova um suprimento inicial à cultura, já que são necessários 15 a 25 dias para que haja fixação simbiótica do N_2 . Porém, outros autores afirmam que é desnecessária essa aplicação, pois as reservas contidas nos cotilédones das sementes e o nitrogênio do solo suprirão suas exigências até que o sistema simbiótico torne-se ativo (MARCOS FILHO et al., 1982).

Considera-se que em solos extremamente pobres em nitrogênio, a aplicação deste elemento pode estimular o crescimento inicial das plantas e como consequência, aumentar a nodulação e a produção de grãos (BONETTI, 1982).

VARGAS et al. (1982) executando adubação nitrogenada no plantio em solo com baixo nível de nitrogênio, observaram que nos tratamentos com inoculação não houve resposta aos níveis de nitrogênio aplicados 4 dias após a emergência. Os níveis correspondiam a 0, 10, 20 e 30 kg/ha de N. Concluiu-se que mesmo o solo contendo baixo suprimento de nitrogênio, é desnecessária a aplicação de fertilizantes nitrogenados no início do ciclo da cultura da soja.

Segundo BONETTI (1982), alguns autores observaram resposta ao nitrogênio mineral aplicado no florescimento. Alguns verificaram aumento de produção, sendo porém, que outros não encontraram efeito significativo ao nitrogênio aplicado no florescimento com relação ao

rendimento de grãos e outras características (%N, teor de proteína, teor de óleo).

A nutrição mineral exige o conhecimento das fases de maior exigência do elemento. Segundo estudos realizados por SFREDO et al. (1986), com cultivar IAC-2 de soja, a fase crítica para fornecimento de nitrogênio se inicia a partir dos 40 dias após a emergência, prolongando-se até o ponto de máximo acúmulo de matéria seca.

Para uma cultura exigente em nitrogênio como a soja, cita-se que para cultivares produzindo 3.000 a 3.500 kg/ha de sementes, são exigidos cerca de 300 a 320 kg/ha de nitrogênio (MALAVOLTA, 1980).

Atualmente a aplicação de nitrogênio mineral não é recomendada para a cultura da soja, porém caso pretenda-se aplicar o nitrogênio, a dose recomendada por HAAG (1986) está entre 15 e 30 kg/ha, sem a inoculação. Com a aplicação de nitrogênio mineral, a cultura supre suas necessidades através de absorção, reduzindo o número e o peso de nódulos, e torna ocioso o processo de fixação simbiótica de nitrogênio (BARNI & KOLLING, 1981).

2.5.2. Inoculação

O método de introdução dos rizóbios no solo é importante nos resultados de nodulação e posteriormente no

rendimento da cultura.

A aplicação dos inoculantes usados atualmente, consiste basicamente na mistura desses produtos com as sementes de soja, por ocasião da semeadura.

Segundo recomendações contidas em SFREDO et al. (1986) e ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ (OCEPAR) (1990) a inoculação das sementes com rizóbios deve ser feita anualmente, pois novas estirpes mais competitivas e eficientes quanto à fixação de nitrogênio são incorporadas ao inoculante. O método clássico de inoculação consiste no umedecimento das sementes com água (200 a 400 ml de água por saca de sementes) e misturar até obter distribuição uniforme do inoculante sobre as sementes. Deixa-se secar à sombra, e é desejável que se faça a semeadura em solo com teor adequado de umidade. Para o primeiro ano de cultivo em solos de cerrado, recomenda-se aplicar 1,0 kg de inoculante por saca de semente de soja.

Alguns cuidados devem ser tomados, como observação do prazo de validade do inoculante, condições de conservação do produto antes e depois da sua aquisição, sendo desejável condições de refrigeração ou local fresco e arejado, até a inoculação. Na semeadura, o inoculante turfosso deve ser utilizado à sombra, preferencialmente em horários de menor temperatura do dia, já que com a temperatura muito alta poderá haver prejuízos à sobrevivência das bactérias inoculadas (OCEPAR, 1990).

No inoculante oleoso, a mistura entre as bactérias liofilizadas e o veículo (óleo) deve ser executada no momento da inoculação das sementes. A dosagem pode variar com o produto, sendo a mais comum de 80 ml de inoculante por saca de sementes. Em áreas de primeiro ano de cultivo, a dose recomendada é de 240 ml. No caso do uso desse tipo de inoculante, não se faz o umedecimento das sementes com água, pois o óleo promove eficiente aderência do produto às sementes (ARAUJO, 1991⁹).

Os inoculantes granulados são alternativos àqueles em pó, promovendo a aplicação no solo, em camada abaixo da semente, onde se encontra de maneira geral, uma camada com umidade maior e temperatura menor (FREIRE & KOLLING, 1986). Este tipo é indicado quando as estirpes nativas ou naturalizadas limitam a eficiência da inoculação, pela dificuldade em introduzir estirpes altamente eficientes capazes de competir com sucesso pela formação de nódulos (CASSIOLATO, 1986). Nessa condição, poderá haver uma redução no rendimento da cultura.

Atualmente, a aplicação direta à semente de culturas de rizóbios é ainda a forma mais comum de inoculação de leguminosas. Porém, há várias situações em que essa aplicação pode caracterizar-se em um meio ineficiente de inoculação. Como exemplos tem-se o ataque de doenças na

⁹ARAUJO, S.C. Solofix. Indústria de Inoculantes. Curitiba, PR. Comunicação Pessoal.

pré-emergência ou de insetos, sendo necessário usar sementes tratadas com fungicidas e inseticidas. Neste caso, em função dos produtos adotados, poderá ocorrer toxidez aos rizóbios. A inoculação de amplas áreas para semeadura de leguminosas com altas taxas de sementes, restringindo a velocidade da operação, causa também preocupação. Pode-se considerar ainda casos de sementes com a película muito fina, e muito frágil, como as sementes de amendoim; as dimensões da superfície da semente que podem limitar o número de rizóbios; o tegumento das sementes de algumas espécies que contém materiais tóxicos aos rizóbios (Thompson¹⁰, citado por BROCKWELL et al., 1980).

Diante desses problemas, BROCKWELL et al. (1980) justificam métodos alternativos de inoculação com inoculantes em formas líquidas ou sólidas aplicados na camada de sementes. A aplicação de inoculante em sementes grandes através de aspersão e pequenas por peletização são procedimentos recomendados por esses autores. Para as espécies cultivadas, o inoculante turfoso foi suspenso em um adesivo de goma arábica em água (20% p/v) a uma taxa de aproximadamente 10 g de inoculante por 100 ml de solução adesiva, e misturado com as sementes a uma proporção de 5 partes de adesivo/inoculante a 100 partes de sementes (p/p).

¹⁰ THOMPSON, J.A. Inhibition of nodule bacteria by an antibiotic from legume seed coats. Nature, London, 187: 619-20. 1960.

O trevo com semente pequena, foi peletizado mecanicamente. Este processo consta de umedecimento das sementes com a mistura de goma arábica (35%) e o inoculante turfoso, sendo 8 partes de adesivo/inoculante a 100 partes de sementes (p/p). Em seguida são passadas em carbonato de cálcio finamente moído, até que cada semente fique totalmente coberta e seca (BROCKWELL et al., 1980).

O inoculante torna-se líquido através da suspensão de inoculante turfoso em água. O preparo requer a mistura do inoculante turfoso com uma pequena quantidade de água, fazendo uma pasta grossa, e em seguida a diluição (BROCKWELL et al., 1980). Os autores consideram porém, que as formas sólidas ou líquidas de inoculantes introduzidas separadamente na camada de sementes, representam uma alternativa satisfatória à aplicação direta do inoculante turfoso. Em situações ordinárias, elas são tão boas quanto o método convencional para promover a formação de nódulos e em certas situações difíceis, elas são melhores.

Em condições ambientais favoráveis, na semeadura e logo após essa operação, a inoculação por pulverização e na forma líquida são igualmente úteis para iniciar a simbiose. Porém, o segundo caso pode apresentar melhor resultado, quando houver umidade limitada do solo após a semeadura. Já a inoculação líquida pode ser melhor quando a semeadura é feita em solo relativamente seco com boa umidade (BROCKWELL et al., 1980).

PASARIBU et al. (1987) realizaram estudo com avaliação de métodos de inoculação onde as sementes foram inoculadas e além desse tratamento colocou-se inoculante no fundo do sulco de semeadura. Em um campo nunca previamente cultivado com soja, após o plantio de arroz, as sementes inoculadas e a inoculação no fundo do sulco, aumentou a produção de grãos em 65% sobre o tratamento com sementes não inoculadas. A colocação de inoculante no solo teve o objetivo de garantir a colonização do mesmo, principalmente em área sem histórico para inoculação.

Algumas práticas podem ser adotadas para maximizar os resultados da inoculação. Assim, pode-se sugerir aumentos na dose de inoculantes e estes com estirpes eficientes e competitivas (FREIRE & KOLLING, 1986). Esse aumento pode influir diretamente na produção de matéria seca, e de sementes e conteúdo de nitrogênio (BROCKWELL et al., 1985), e prolongando o ciclo de fixação de nitrogênio (PERES & VIDOR, 1980). Quando o solo está densamente populado com rizóbios nativos de eficiência inferior, incrementos nas doses de inoculação de 10, 100, e até 1000 vezes foram recomendados para garantir a nodulação pela estirpe do inoculante. Sugeriu-se que pelo menos 10^5 a 10^6 células viáveis por semente seriam necessárias em condições pouco favoráveis (BARAIBAR LUCAS, 1986). ELEGBA & RENNIE (1984) relataram que resultados satisfatórios foram obtidos somente quando se aumentava de 10^5 para 10^6 o número de

rizóbios em sementes de soja. A dose de inoculação não exercerá efeito significativo se a estirpe não for previamente selecionada por eficiência e competitividade (McLOUGHLIN & DUNICAN, 1985; BARAIBAR LUCAS, 1986).

Alguns autores demonstraram que há possibilidade de introduzir os rizóbios no solo através da inoculação de não leguminosas. Entre eles, ROVIRA (1961) em trabalho com Paspalum, onde constatou que em condições de campo a rizosfera do Paspalum, apresentava uma população de rizóbios, específicos para a soja, superior àquela encontrada em áreas adjacentes, sem plantas desse gênero. Cita-se também DIATLOFF (1969) com a multiplicação de rizóbios específicos para soja através da inoculação de sementes de cevada, anterior à soja.

Em áreas de cerrado de primeiro ano de cultivo, constata-se no Brasil, problemas com a inoculação de sementes de soja. Para reduzir as falhas, PERES et al. (1989) estudaram a possibilidade de estabelecimento de rizóbios do solo através da inoculação de sementes de arroz, cultivado em área a ser plantada com soja no ano subsequente. Houve um efeito positivo da inoculação das sementes de arroz para introdução e estabelecimento de estirpes de rizóbios no solo de cerrado. FREIRE & KOLLING, (1986) sugeriram a aplicação de inoculante nas sementes de arroz de sequeiro por dois anos.

2.5.3. Inoculante turfoso x inoculante líquido

Os inoculantes baseados em óleo como suporte têm certas vantagens sobre os tipos turfosos. Eles são produtos de maior facilidade de aplicação e aderem-se facilmente às sementes, além de fornecerem uma certa proteção às sementes em condições de estresse (EAGLESHAN & GOLDMAN, 1985). Esses seriam aspectos que poderiam colocar os inoculantes oleosos em maior destaque na escolha do tipo de inoculante, quanto ao suporte. Os óleos são geralmente prontamente utilizáveis e de custo baixo.

No trabalho de KREMER & PETERSON (1982) testes revelaram que inoculantes oleosos foram superiores à turfa na produção de nódulos, sob condições de estresse. As sementes inoculadas com inoculante a base de óleo, submetidas a condições de estresse de temperatura e umidade por 8 dias, resultou em plantas com nódulos grandes e esféricos, contendo leghemoglobina. As sementes tratadas com inoculante turfoso apresentaram falhas na produção de nódulos, após mais de um dia de estresse de temperatura e umidade.

ARAUJO (1991¹¹) enfoca algumas razões para a busca de inoculantes alternativos, colocando em questão a

¹¹ARAUJO, S.C. Perspectivas para uso de inoculantes líquidos. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

eficiência dos inoculantes turfosos. Segundo esse autor, o inoculante em pó, veiculado em turfa, exige para o seu uso, uma operação aparentemente simples, mas que encontra resistência pelos agricultores no caso de semeadura de grandes áreas. O umedecimento das sementes, adotado para propiciar melhor aderência do inoculante a elas, é uma operação delicada, devendo-se atentar para que a quantidade de água adicionada não cause uma pré-germinação das sementes. Isso poderia acarretar um comprometimento do estande da cultura. Além disso, pode haver uma deposição de inoculante no fundo da semeadora, pelo fato do produto se soltar das sementes, especialmente quando se usa mais de uma dose por saca de sementes. Desta forma, pode-se causar problemas na regulação da máquina, e essa turfa depositada pode ser abrasiva, causando desgaste precoce dos discos. Tecnicamente, embora a turfa seja um bom substrato para as bactérias, apresenta alguns problemas como a necessidade de esterilização, encarecendo o processo de produção. Outro problema é a sensibilidade das bactérias, veiculadas na turfa, particularmente quanto à sobrevivência.

Alguns motivos para que haja interesse no inoculante oleoso são que as células liofilizadas apresentam um longo período de sobrevivência e maior resistência ao calor, enquanto que o produto oleoso apresenta facilidades no uso, dispensando adição de água. Além disso, é de fácil mistura com as sementes, e o seu preço, embora maior que o

inoculante turfoso, não chega a dificultar a comercialização (ARAUJO, 1991¹²).

O óleo quando usado no tratamento de sementes, poderá atuar como veículo de aderência no caso de tratamento com fungicidas, além de influenciar na penetração de água no interior da semente, podendo impedir várias injúrias, devido à rápida embebição (BRASILEIRO et al., 1989). Em algumas regiões brasileiras produtoras de soja (Mato Grosso do Sul e Minas Gerais), alguns produtores adotam o tratamento de sementes com óleo mineral (diesel, sem a mistura com gasolina) para a semeadura da soja, com os objetivos citados acima. Em ensaio conduzido por BRASILEIRO et al. (1989), utilizando-se 400 ml de óleo diesel para 100 kg de sementes de soja, observou-se se ocorriam efeitos prejudiciais do óleo sobre as sementes e sua germinação. Constatou-se que a porcentagem e o índice de velocidade de germinação das sementes não foram prejudicados pelo tratamento com óleo. A nodulação e o número de nódulos ativos foram somente influenciados pelo tipo de solo, e pela inoculação das sementes.

Algumas pesquisas indicam contudo, que a inoculação líquida com rizóbios não tem sempre resultado em soja, tão prolificamente nodulada ou conduz a maior fixação

¹² ARAUJO, S.C. Perspectivas para uso de inoculantes líquidos. Palestra apresentada no Simpósio sobre a cultura da soja. ESALQ/USP. Piracicaba, 1991.

de nitrogênio como havia sido antecipado (BROCKWELL et al., 1980).

2.6. Respostas da soja

A produção agrícola depende fundamentalmente de fatores como o germoplasma vegetal, o solo, o clima e as práticas adotadas durante o desenvolvimento da cultura (ORTOLANI & CAMARGO, 1987). De forma conjunta atuarão no desenvolvimento das plantas, mostrando respostas diferentes para cada variação que ocorrer em cada fator ou suas inter-relações. Assim, têm-se valores limites de temperatura, umidade, radiação e comprimento do dia, entre outros, acima ou abaixo dos quais o ciclo da cultura será modificado, o crescimento da planta e a nodulação do sistema radicular, assim como a fase reprodutiva poderão ter excelente desempenho (SHIBLES, 1980; GANDOLFI et al., 1983).

Além dos fatores ambientais e genéticos, deve-se considerar aqueles proporcionados à cultura através de práticas adotadas, desde a instalação da cultura. Neste caso, tem-se a quantidade de plantas que se estabelece na área de plantio ou população de plantas, que influenciará no porte e no desenvolvimento do sistema radicular (BROCKWELL et al., 1985), no número de ramificações da planta e no potencial de infestação de plantas invasoras (MARCOS FILHO et al., 1982). A inoculação das sementes, em função da

qualidade e dosagem, influenciará na nodulação das plantas (ROVIRA, 1961; KREMER & PETERSON, 1982). A adubação e tratos culturais dispensados à cultura poderão influenciar no crescimento, desenvolvimento, respondendo a planta com produção de matéria seca.

De acordo com GIBSON (1976) e BARNI & KOLLING (1981), as respostas das plantas de soja ao nitrogênio mineral são raramente observadas, ocorrendo somente quando se utilizam doses elevadas deste nutriente, o que nem sempre é economicamente viável. Esses autores consideram que o nível adequado do nitrogênio do solo, mais o proveniente de fertilizantes, é aquele no qual se observa um mínimo efeito da nodulação, sendo que em muitos casos, a adubação com nitrogênio mineral não é necessária.

Segundo BERDICEK et al. (1978), o nitrogênio mineral quando abundante no solo, promove diminuição da nodulação de raízes de plantas leguminosas, acarretando redução na quantidade de nitrogênio fixada.

RUSCHEL et al. (1975) realizaram trabalho com soja, utilizando tratamentos com níveis diferentes de nitrogênio [$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0 - 25 - 50 kg/ha], assim como diferentes fontes (nitrogênio proveniente do fertilizante, do solo e da fixação biológica) em vasos. Os resultados demonstraram que a soja, em seu período inicial de desenvolvimento não fez uso de seu sistema fixador de N_2 , pois as plantas coletadas aos 35 e 55 dias após o plantio

mostraram que nitrogênio proveniente do solo e do fertilizante foram as únicas fontes utilizadas. Isso sugere que o sistema redutor de nitrato e a assimilação de N amoniacal coexistem em período anterior ao início da atividade da nitrogenase, contribuindo para a formação de nódulos.

Com relação à utilização simultânea de nitrogênio mineral proveniente de fertilizantes e inoculantes, BONETTI (1982) observou que a adição de 80 kg/ha de N diminuiu a nodulação das raízes de soja. Porém, durante o processo de imobilização, o nitrogênio adicionado mostrou efeito positivo e sinérgico quanto a essa característica.

No caso de se utilizar maior ou menor quantidade de N na soja, não é constatado efeito dos níveis de nitrogênio no rendimento e quantidade de nitrogênio total nos grãos (VARGAS et al., 1982). Alguns trabalhos podem ser citados de situações em que houve aumento de rendimento de grãos de soja com a adubação nitrogenada (BEARD & HOOVER, 1971; SORENSEN & PENAS, 1978; VARGAS & SUHET, 1980; LAWN & BRUN, 1974). Mas os ganhos de produtividade são, em sua maioria, muito pequenos, em relação às doses de nitrogênio utilizadas, tornando esses aumentos antieconômicos. Esses dados indicam, segundo os autores, que o nitrogênio presente nos tecidos de reserva da semente (aproximadamente 6%) e o nitrogênio do solo não são suficientes para suprir as

necessidades das plantas, até que o processo de fixação de N_2 se inicie.

Os efeitos da inoculação sobre o rendimento da soja são relatados em diversos trabalhos, há vários anos. Segundo BARNI & KOLLING (1981), um grande número de trabalhos têm evidenciado o efeito benéfico da inoculação em relação à produção de matéria seca dos nódulos e parte aérea e ao rendimento da soja, sendo que as porcentagens de aumento nos rendimentos variam entre os trabalhos, podendo chegar a mais de 100%.

As respostas também variam com o tipo de área onde se instala a cultura, sendo que áreas em que o cultivo de soja já tenha sido realizado anteriormente, potencialmente apresentam melhores respostas para o rendimento da cultura. De acordo com o trabalho de HERRIDGE et al. (1987), realizado em áreas com diferentes históricos de cultivo, revelou-se que solo de primeiro cultivo com soja, com baixa taxa de rizóbio no solo produziram plantas com nodulação e quantidade de nitrogênio nas folhas e sementes com níveis mais baixos do que em área onde a soja fora cultivada anteriormente. Da mesma forma, em trabalhos conduzidos por TORRES et al. (1988) e por BROCKWELL et al. (1985) obteve-se maior produção quando a área já havia sido cultivada com sementes de soja inoculadas.

A partir de constatações como essas, foram feitas recomendações de inoculantes com doses maiores de

inoculantes para área sem histórico, a fim de oferecer maior número de células viáveis da bactéria fixadora, para maior eficiência na competição com aquelas nativas (BARNI & KOLLING, 1981; OCEPAR, 1990).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local

O presente trabalho foi instalado e conduzido em área experimental do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, localizado no município de Piracicaba, SP ($22^{\circ} 42' 30''$ de latitude sul; $47^{\circ} 38' 00''$ de longitude oeste; 534 m de altitude). Neste local estudou-se o desempenho fenológico e produtivo da soja, submetida a diferentes fontes de nitrogênio.

3.2. Solo

A área utilizada para o experimento possui solo classificado como Terra Roxa Estruturada (TRE).

A área foi subdividida em duas, de acordo com o histórico de cultivos anteriores. A área denominada A, foi utilizada por dois anos consecutivos para o cultivo de cana-de-açúcar, e no último ano agrícola permaneceu em

pousio. Portanto, não havia histórico de cultivo de soja, nem de inoculação, representando esta, uma área de expansão para a cultura da soja. A área denominada B correspondeu ao quarto ano consecutivo de plantio de soja. Desta forma, foi considerada como área com histórico de inoculação e, portanto, uma área tradicionalmente cultivada com soja.

Devido a essas diferenças no histórico de cultivo das áreas, foi realizada uma análise biológica do solo, para avaliar o potencial de inoculação natural. Foram retiradas amostras de solo das áreas A e B, dos 0,20 m superficiais, enviando-se as amostras para o laboratório da NITRAL, Indústria e Comércio de Inoculantes e Produtos Agrícolas Ltda.

Por essa análise, foi possível detectar a ausência de Bradyrhizobium japonicum na área A e sua presença no solo da área B, portanto um solo já colonizado.

3.3. Fertilidade do solo

Foram retiradas amostras de solo da área experimental para análise química, visando-se a determinação dos níveis de fertilidade, e posteriores correções necessárias. O resultado da análise é apresentado na Tabela 1. A análise de solo foi feita pelo Departamento de Solos da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, a partir de amostras de solo de 0

a 0,20 e de 0,20 a 0,40 m de profundidade.

Tabela 1: Análise química do solo da área experimental (TRE; 1989)

prof. (cm)	pH CaCl ₂	M.O. %	P mg/cm ³	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	Al
						meq/100cm ³						—%—
0-20	4,8	1,8	15	0,31	3,14	0,77	0,12	3,8	4,22	8,02	53	3
20-40	5,0	1,4	10	0,19	4,05	0,79	1,00	3,1	5,03	8,13	62	17

3.4. Cultivar

Utilizou-se sementes certificadas de soja, cultivar IAC-8, proveniente da safra 1989/90, conforme especificação do fornecedor. O cultivar IAC-8 possui as seguintes características: ciclo de maturação médio, porte médio de 0,98 m, produtividade média em boas condições de 2.500 kg/ha (SEDIYAMA et al., 1981). É um cultivar recomendado para as condições do estado de São Paulo, e bastante difundido por ser menos sensível à época de semeadura e às diferenças de latitude, e ter bom desempenho em áreas de primeiro ano de cultivo e boa produtividade em sementes (MARCOS FILHO et al., 1982).

3.5. Delineamento experimental

O presente trabalho fundamentou-se na

execução de dois experimentos, relacionados ao histórico das áreas A e B quanto ao cultivo da soja.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados. Foram adotados oito tratamentos e cinco repetições, para cada um dos experimentos (áreas A e B). Foram utilizadas portanto, 40 unidades experimentais ou parcelas em cada área, correspondendo a 3.072 m^2 de área cultivada.

Cada parcela experimental continha oito fileiras de 5,0 m de comprimento, distanciadas 0,60 m entre si. Um esquema representativo da parcela pode ser observado na Figura 1.

Das oito fileiras constantes em cada parcela, três representaram as fileiras úteis (fileiras 2, 3 e 4 da Figura 1). Nestas fileiras foram feitas as determinações de características agronômicas de natureza não destrutiva, ao longo do ciclo. Duas outras fileiras (fileiras 6 e 7 da Figura 1) representaram as fileiras úteis para as características agronômicas de natureza destrutiva (plantas para estudo de nodulação, matéria seca de parte aérea e sistema radicular). As duas fileiras laterais e uma central (fileiras 1, 5 e 8 da Figura 1) foram consideradas como bordaduras.

Entre as parcelas dentro do mesmo bloco, foram utilizados 1,5 m de linha de plantas de soja, como bordadura de isolamento, além de 0,5 m sem plantas para

distinção entre parcelas dentro do bloco.

As características dimensionais da parcela experimental podem ser vistas na Figura 1, assim como na Tabela 2.

Entre os blocos deixou-se uma distância mínima de 2,0 m, correspondendo a carregadores. Esta distância foi variável em função da localização dos blocos dentro da área.

Tabela 2. Características dimensionais da parcela experimental

características	dimensões			
	comprimento (m)	largura (m)	área m	nº de fileiras
parcela total	8,0	4,8	38,4	8
parcela útil(produção)	5,0	1,8	9,0	3
parcela útil(amstras)	5,0	1,2	6,0	2
bordadura lateral	5,0	1,8	9,0	3
bordadura isolamento	3,0	4,8	14,4	8

Figura 1. Representação esquemática da parcela experimental de soja. Fileiras 2, 3 e 4: destinadas à determinação de características de natureza não destrutiva. Fileiras 6 e 7: destinadas à determinação de características de natureza destrutiva. Fileiras 1, 5 e 8: bordaduras. Fileiras pontilhadas nas extremidades apresentam a área de isolamento entre as parcelas dentro de um bloco.

3.5.1. Tratamentos

Os tratamentos utilizados em cada experimento referiram-se a diferentes fontes de nitrogênio e suas respectivas relações com solos de natureza distinta, quanto ao histórico de cultivo de soja e inoculação.

Os tratamentos relativos às fontes de nitrogênio receberam as seguintes denominações:

NO : tratamento controle; sem o fornecimento de qualquer fonte de nitrogênio

U : fonte mineral de nitrogênio; fertilizante uréia, com 45% de N em sua composição

SA : fonte mineral de nitrogênio; fertilizante sulfato de amônio, com 20% de N em sua composição

IE : fonte biológica de nitrogênio; inoculante líquido tipo emulsão

OV : fonte biológica de nitrogênio; inoculante líquido oleoso, veiculado em óleo vegetal

OM : fonte biológica de nitrogênio; inoculante líquido oleoso, veiculado em óleo mineral

TI : fonte biológica de nitrogênio; inoculante turfoso veiculado em turfa esterilizada; origem : Instituto Agrônomo de Campinas (I.A.C.)

TN : fonte biológica de nitrogênio; inoculante turfoso veiculado em turfa esterilizada; origem : NITRAL

As dosagens utilizadas nos tratamentos foram

as seguintes:

a) Fontes minerais : considerou-se a adubação inicial, ou de semeadura, como uma "adubação de arranque", aplicando-se 10 kg de N/ha. Aos 30 dias após a emergência, na fase de pré-florescimento, aplicou-se 50 kg de N/ha, totalizando 60 kg de N/ha em todo o ciclo. Considerando-se que a uréia apresenta 45% de N em sua composição, aplicou-se no total, 134 kg/ha deste fertilizante. Para o sulfato de amônio, com 20% de N, aplicou-se 300 kg/ha. As doses de fertilizantes foram as mesmas para as duas áreas (A e B).

b) Fontes biológicas : as doses de inoculantes foram diferentes para cada área, conforme o histórico de inoculação, e o tipo de inoculante. Recomenda-se, de maneira geral, uma dose cinco vezes maior de inoculante turfoso, em áreas sem histórico. Assim, utilizou-se na inoculação com produtos turfosos, 1.000 g de inoculante para cada 40 kg de sementes para a área A, e 200 g de inoculante/40 kg de sementes para a área B.

Os inoculantes líquidos oleosos foram aplicados nas dosagens de 240 ml de inoculante para 40 kg de sementes na área A, e 80 ml de inoculante para 40 kg de sementes na área B. Portanto utilizou-se uma dosagem três vezes maior que a recomendada para o solo sem histórico de inoculação.

O inoculante líquido tipo emulsão foi utilizado na dosagem de 450 ml e 150 ml de inoculante para

40 kg de sementes para as áreas A e B, respectivamente. A dosagem de 150 ml/40 kg de sementes foi a especificada pelo fabricante (NITRAL) deste tipo de inoculante.

Estas quantidades de inoculantes foram misturadas às sementes no momento da semeadura, enquanto as fontes minerais foram colocadas no fundo dos sulcos de semeadura e misturados ao solo antes da colocação das sementes. Na Figura 2 apresenta-se um esquema representativo dos tratamentos utilizados.

3.6. Preparo do solo

O preparo do solo visando a instalação do experimento, constou de uma aração e duas gradeações leves, realizadas no início do mês de novembro de 1990. A aração foi feita através de arado de discos (0,25-0,30 m de profundidade), com a finalidade de revolvimento da camada superficial do solo. As gradeações foram realizadas a fim de complementar o serviço do arado, destorroando e nivelando a superfície do solo para facilitar a semeadura, diminuindo os vazios que resultam entre os torrões.

Entre as duas gradeações foi aplicado o herbicida Trifluralin, na dosagem de 2,0 l/ha. A segunda gradeação promoveu a incorporação do produto.

ÁREA SEM HISTÓRICO

ÁREA COM HISTÓRICO

Figura 2. Doses das diferentes fontes de nitrogênio, para as duas áreas.

3.7. Sulcagem

Após o preparo do solo, foi efetuada a sulcagem mecanizada da área experimental. Os sulcos distanciaram-se 0,60 m entre si, com uma profundidade média

de 0,05 m. As duas gradeações não foram suficientes para promover um bom destorroamento do solo. Desta forma, foi realizada uma catação manual dos torrões nos sulcos de semeadura, a fim de evitar problemas de germinação das sementes de soja. Após a sulcagem da área, demarcaram-se os blocos e respectivas parcelas.

3.8. Adubação

Em função dos dados obtidos na análise química do solo, foram feitas as recomendações de adubação. Inicialmente executou-se a adubação fosfatada e potássica, cujas recomendações foram baseadas no Boletim Técnico 100 do Instituto Agrônomo de Campinas. Adotou-se porém, quantidades maiores de potássio, objetivando-se complementar a quantidade recomendada, que atualmente mostra-se em níveis inferiores ao ideal, para os solos do estado de São Paulo. Desta forma, aplicou-se 60 kg de P_2O_5 /ha, na forma de superfosfato simples (334 kg/ha) e 20 kg de K_2O /ha, na forma de KCl (34 kg/ha). A mistura desses dois fertilizantes foi distribuída no fundo dos sulcos de todas as fileiras de semeadura, das parcelas experimentais, em seus 8,0 m de extensão. Logo após foi feita uma leve incorporação.

Em seguida passou-se à adubação nitrogenada, nas parcelas cujos tratamentos utilizavam fontes minerais de nitrogênio. Aplicaram-se as dosagens especificadas

anteriormente, juntamente com as fontes de P e K.

A aplicação do adubo em cobertura, também com sulfato de amônio e uréia, foi feita colocando-se o fertilizante nas fileiras, ao lado das plantas de soja nas parcelas experimentais, cujas fontes de nitrogênio consistiam no uso destes dois fertilizantes.

3.9. Tratamento e inoculação das sementes

Após a adubação das parcelas experimentais e imediatamente antes da semeadura, promoveu-se o tratamento das sementes e respectiva inoculação das mesmas, de acordo com a fonte biológica de nitrogênio.

No tratamento utilizou-se o fungicida Thiran PS à uma dosagem comercial de 2,0 g/kg de semente, com a finalidade de proteger sementes e plântulas contra a ação de fungos do solo.

Em seguida, procedeu-se à inoculação das sementes. No caso dos inoculantes turfosos e de acordo com a dosagem pré-estabelecida em função do histórico da área, pesou-se a quantidade necessária de inoculante correspondente à quantidade necessária de sementes, para a instalação de todas as parcelas. A inoculação foi efetuada em baldes plásticos, com capacidade para 3,0 kg de sementes.

A metade das sementes era colocada no balde, adicionando-se em seguida a dose completa do inoculante

turfoso, juntamente com a água, à razão de 200 a 250 ml/40 kg de sementes. A finalidade da água era a de promover maior adesão entre inoculante e tegumento da semente. Em seguida, completava-se a quantidade de sementes, e através de movimentos de rotação e vibração, promovia-se a mistura do inoculante com as sementes.

No caso de inoculantes líquidos (oleosos), adotaram-se os mesmos procedimentos, com exceção do uso da água, desnecessária para inoculantes desta natureza.

3.10. Semeadura

Imediatamente após o tratamento e inoculação das sementes, procedeu-se à semeadura das parcelas experimentais através da distribuição manual das sementes no fundo dos sulcos, na densidade de 30 sementes/m. Em seguida, promoveu-se a cobertura das sementes com aproximadamente 0,03 m de terra.

A semeadura da área A ocorreu em 11/12/90 e da área B em 13/12/90.

3.11. Tratos culturais

Os tratos culturais necessários durante a condução do experimento foram relativos ao controle de plantas daninhas, apenas nos carregadores, através de capina

manual. Não ocorreram problemas com pragas ou doenças no campo, que exigissem qualquer tipo de controle, durante todo o ciclo da cultura.

3.12. Colheita

Após a soja atingir o estágio de maturação plena, programou-se a operação de colheita. Esta operação foi realizada nos dias 14/05/91 e 16/05/91 para as áreas A e B, respectivamente. As plantas apresentaram 147 e 148 dias de ciclo, a partir da emergência.

A colheita processou-se através de arrancamento manual das plantas constantes nas fileiras úteis, utilizadas para avaliações não destrutivas durante a condução do experimento. Depois de arrancadas, as plantas foram transportadas até máquina para debulha mecânica. Após a passagem do material pela debulha, o beneficiamento foi complementado com o uso de peneiras de furos redondos números 26 a 22, e de furos oblongos número 11.

3.13. Características agronômicas avaliadas

3.13.1. População inicial e população final de plantas

Aos 21 dias após a emergência, portanto ainda

em estágio vegetativo, fez-se a contagem das plantas existentes nas fileiras úteis destinadas a avaliações não destrutivas, de cada parcela experimental. Essa contagem foi feita em ambos os experimentos (áreas A e B), a fim de se determinar a população inicial de plantas. A contagem referiu-se a três fileiras de 5 m de comprimento, transformando-se posteriormente o número de plantas por metro em número de plantas por hectare (fileiras 2, 3 e 4 da Figura 1).

Ao atingir o estágio R_8 , ou seja, maturação em condições de campo, foram contadas as plantas referentes às fileiras úteis intactas de cada parcela. Em seguida determinou-se a população final de plantas.

3.13.2. Fenologia e fenometria

Aos 7 e 6 dias após a semeadura, constatou-se a emergência das plântulas nas áreas A e B, respectivamente. A partir destas datas, acompanhou-se o desenvolvimento dos principais estádios fenológicos da soja, anotando-se o número de nós e altura de planta nos estádios correspondentes à queda dos cotilédones (21 dias após a emergência); início do florescimento (R_1); pleno florescimento (R_2); início da granação (R_3) e maturidade fisiológica (R_7).

Para o acompanhamento fenológico das plantas,

adotou-se a escala fenológica da soja citada por FEHR et al. (1971), avaliando-se dez plantas competitivas e ao acaso, por estágio e por parcela experimental.

Considerou-se como estágio fenológico característico, o momento em que 50% das plantas amostradas em cada parcela, se apresentavam com as características típicas do estágio fenológico correspondente. Como altura de planta, considerou-se a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal das plantas.

3.13.3. Número de sementes por planta; número de vagens por planta; número de ramificações por planta e número de sementes por vagem

Ainda no estágio R_8 foram coletadas dez plantas competitivas de cada parcela, ao acaso, contando-se individualmente o número de ramificações, número de vagem e número de sementes. Pela razão numérica entre os números de sementes e de vagens obteve-se o número de sementes formadas por vagem.

3.13.4. Peso de matéria seca de nódulos radiculares, parte aérea e sistema radicular

Nos estádios fenológicos correspondentes ao

florescimento e início de granação, foram cuidadosamente arrancadas, com vanga e enxadão de modo a retirar a maior parte possível do sistema radicular, dez plantas competitivas de cada parcela, ao acaso, as quais foram levadas para laboratório. Neste local, as plantas foram colocadas sobre peneiras de malha fina, de forma que os menores nódulos ficassem retidos. As plantas sofreram lavagem do sistema radicular com água para eliminar partículas de solo. Depois foram separadas a parte aérea, o sistema radicular e os nódulos radiculares destacados manualmente.

Os materiais separados foram acondicionados em sacos de papel devidamente identificados, e colocados em casa-de-vegetação para uma pré-secagem, durante 48 horas. Em seguida os materiais foram colocados em estufa, em período mínimo de 48 horas, até atingir peso constante. A temperatura da estufa foi de 60 a 70°C. Quando secos, os materiais foram pesados, obtendo-se, portanto, peso de matéria seca de parte aérea, peso de matéria seca de sistema radicular e peso de matéria seca de nódulos. Nos valores obtidos nas pesagens foram usadas duas casas decimais para o peso de parte aérea e sistema radicular, e quatro para o peso de nódulos, devido às pequenas quantidades deste material.

3.13.5. Rendimento agrícola

O material colhido foi pesado e submetido à verificação do teor de umidade, através de amostras retiradas de cada parcela.

A produção de grãos obtida foi corrigida para a umidade padrão de 13%, através da aplicação da fórmula:

$$PC = \frac{100 - UI}{100 - 13} \times PP$$

onde PC = peso corrigido

UI = umidade original (%)

PP = peso com umidade original

3.13.6. Peso de 1.000 grãos

Além da produção de grãos por unidade de área, determinou-se o peso de 1.000 grãos. Ao acaso, pesaram-se oito amostras de 100 grãos, para cada parcela. A partir dos pesos obtidos das oito repetições, calculou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos, através das seguintes fórmulas:

$$a) \text{ Variância} = \frac{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}{n (n - 1)}$$

onde x = peso de uma amostra de 100 grãos

n = número de amostras (8)

b) Desvio padrão (S) = $\sqrt{\text{variância}}$

c) Coeficiente de variação = $\frac{S}{\bar{x}} \times 100$

onde $\bar{x}$ = peso médio de 100 grãos

Se o coeficiente de variação não excedesse a 4,0, o resultado da determinação seria calculado, multiplicando-se o peso médio de 100 grãos por 10 (MARCOS FILHO et al., 1987).

Os pesos das amostras de 100 grãos também foram corrigidos para o teor de umidade de 13%.

3.14. Procedimento estatístico e controle local

Obtidos os dados, procedeu-se a uma análise estatística para cada uma das características avaliadas, através de análise de variância e teste F, para cada uma das áreas separadamente. Através da observação dos quadrados médios residuais obtidos nestas análises, entre as duas áreas, fez-se a análise conjunta dos dados, a fim de se observar possíveis variações entre os locais. Quando a razão entre o valor do quadrado médio do resíduo maior e o valor do quadrado médio menor foi maior que 3,0 (GOMES, 1990), a análise conjunta não foi realizada. Para a comparação entre

as médias dos valores obtidos, utilizou-se o teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Devido à natureza do presente trabalho científico, além do controle local necessário ao desenvolvimento experimental agrônômico de campo, adotaram-se uma série de cuidados rotineiros visando-se a não contaminação da área A com solo proveniente da área B.

Desta forma, o preparo do solo, a aplicação de herbicida, a instalação e condução dos experimentos, sempre se iniciou pela área sem histórico de inoculação.

Antes de iniciar as operações na área A, o trator e os implementos agrícolas (arado, grade e pulverizadores) foram previamente lavados com água e detergente, visando-se a eliminação total da terra aderida aos implementos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições climáticas e desenvolvimento dos experimentos

Para que qualquer cultura tenha um desenvolvimento satisfatoriamente compatível com o seu potencial, as condições dadas a ela deverão ser totalmente favoráveis, em todas as suas fases de crescimento. As condições climáticas são entre todas, as de especial importância, já que determinarão a adaptação e sobrevivência de uma cultura em um ambiente ou uma região. ORTOLANI e CAMARGO (1987) consideram que, essa dependência da produção agrícola, não se levando em conta os fatores extremos, é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção.

Fatores como temperatura, precipitação e disponibilidade hídrica e quantidade de radiação solar, além de outros, participam determinantemente em cada fase de crescimento e desenvolvimento da cultura.

As áreas correspondentes aos experimentos onde ocorreu o desenvolvimento da cultura da soja, encontravam-se próximas, apresentando os dados climáticos

referentes ao período de duração do ciclo da soja que estão nos Apêndices 1, 2 e 3. Estes dados foram coletados diariamente pelo posto meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", cuja localização é suficientemente próxima à área experimental, para serem considerados.

Através destes dados verifica-se que antes da semeadura de ambas as áreas, ocorreram pequenas precipitações. Logo após a semeadura, ocorreu um total de 19,6 mm para a área sem histórico de inoculação e 15,9 mm para a área com histórico de inoculação. Associando-se essas precipitações às médias diárias de temperatura, maiores que 20°C, pode-se observar uma condição propícia aos processos de germinação das sementes e emergência das plântulas.

Nas fases de crescimento e desenvolvimento vegetativo da soja, observou-se que a radiação solar incidente foi favorável aos processos de fotossíntese. Além disso, a precipitação também esteve favorável, principalmente durante os meses de janeiro e fevereiro de 1991, contribuindo para um suprimento de água adequado ao crescimento, superando as fases críticas. As temperaturas médias diárias nesse período, foram também bastante favoráveis a estas fases de crescimento e desenvolvimento vegetativo da soja. Portanto, a cultura esteve sob condições de desenvolvimento sem restrições climáticas.

Durante o período reprodutivo, observando-se os Apêndices 1, 2 e 3, verificaram-se condições adequadas de

radiação solar. No florescimento os valores médios diários de temperatura estiveram bem próximos do ideal, que para essa fase corresponde a 25°C (SHIBLES et al., 1980). Na fase de formação de grãos e até atingir a maturidade fisiológica, os valores de temperatura média diária apresentaram-se dentro da faixa apropriada para essa fase.

Em termos de precipitação, pode-se observar que também este fator esteve favorável no período reprodutivo, não ocorrendo precipitação excessiva logo após o florescimento. Houve uma boa precipitação no período de enchimento das vagens, o que é bastante desejável à cultura.

Nas fases seguintes, quando houve o amadurecimento e a seguir o ponto de colheita, observaram-se reduções nos valores da radiação solar, da temperatura e da precipitação, sendo uma condição ideal para os processos finais de maturação e colheita da soja.

Os dados correspondentes às datas consideradas de maior interesse durante o ciclo da cultura da soja encontram-se nas Tabelas 3 e 4. Essas datas correspondem à semeadura, aos principais estádios fenológicos e à colheita, para cada uma das áreas separadamente.

Considerando-se que o cultivar de soja IAC-8 caracteriza-se por ter um ciclo médio de maturação, de 137 dias; que é um cultivar recomendado para a região em que se desenvolveu o trabalho; e que foi semeado dentro da época adequada, observou-se que as plantas tiveram um

desenvolvimento normal, devido às condições extremamente favoráveis, principalmente as climáticas, ocorridas durante todo o ciclo de desenvolvimento da soja.

Deve-se observar que condições como a do solo e a nutrição são também fundamentais para o desenvolvimento da cultura, pois participam ativamente do complexo conjunto de fatores de produção.

Para as condições oferecidas à soja, é bem provável ter havido uma boa adaptação da cultura, uma vez que suas características fenológicas não foram alteradas. Também não houve diferença na duração do ciclo, e estádios fenológicos entre as duas áreas observadas.

Tabela 3. Ciclo da cultura da soja, cultivar IAC-8, 1990/91. Data de semeadura, colheita e principais estádios de desenvolvimento, para a área sem histórico de inoculação.

ESTÁDIOS	DATA	D.A.S. ^a	D.A.E. ^b
Semeadura	11/12/90	0	-
Emergência	18/12/90	7	0
R ₁	11/02/91	62	55
R ₅	21/03/91	100	93
R ₇	23/04/91	133	126
R ₈	26/04/91	136	142
Colheita	14/05/91	154	147

Tabela 4. Ciclo da cultura da soja, cultivar IAC-8, 1990/91. Data de semeadura, colheita e principais estádios de desenvolvimento, para a área com histórico de inoculação.

ESTÁDIOS	DATA	D.A.S. ^a	D.A.E. ^b
Semeadura	13/12/90	0	-
Emergência	19/12/90	7	0
R ₁	11/02/91	60	54
R ₅	18/03/91	95	89
R ₇	23/04/91	131	125
R ₈	27/04/91	135	139
Colheita	16/05/91	154	148

a : Dias após a semeadura

b : Dias após a emergência

4.2. População inicial e população final de plantas

4.2.1. Área sem histórico de inoculação

Para a área sem histórico de inoculação a análise estatística para população inicial de plantas revelou valores de F significativos ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos utilizados na análise de variância. Para a população final de plantas, não se obtiveram valores significativos para F, nesta análise. Na Tabela 5 têm-se dados referentes a valores médios de população de plantas em cada um dos tratamentos, comparados através do teste de Tukey. A tabela mostra valores de densidade de plantas (plantas/m) e a partir destes, a população inicial e final por área (plantas/ha).

Os dados apresentados na Tabela 5, revelam

diferenças significativas apenas entre os tratamentos controle (NO) e o tratamento com nitrogênio proveniente de inoculante veiculado em óleo vegetal (OV), em relação ao tratamento com inoculante do tipo emulsão (IE), tendo esse último apresentado o menor valor para a população inicial de plantas.

Sendo uma área sem histórico de inoculação, a quantidade de inoculante aplicada no caso do tratamento IE foi de 450 ml por saca de semente, segundo recomendação do fabricante. Esse tipo de inoculante é veiculado em água, tendo-se observado após a inoculação, enrugamento do tegumento das sementes, que pode ter sido consequência de relativo excesso de água. Provavelmente, esse enrugamento tenha provocado uma depreciação no processo de germinação de sementes e emergência de plântulas.

Entretanto, as diferenças entre os tratamentos referenciados, ocorreram apenas nesta fase inicial, ou seja, na população inicial de plantas, pois a população final não revela diferenças significativas entre as fontes de nitrogênio.

4.2.2. Área com histórico de inoculação

A área com histórico de inoculação apresentou valores de F não significativos na análise de variância, quanto às populações inicial e final de plantas de soja.

Através da Tabela 6 pode-se observar os

valores médios destas populações, considerando-se também a densidade de plantas por metro.

Tabela 5. Valores médios obtidos para população inicial e final de plantas de soja, cultivar IAC-8, em área sem histórico de inoculação.

TRATAMENTO	População inicial		População final	
	pl/m	pl/ha	pl/m	pl/ha
NO	26,5 a	442.000	24,8 a	413.000
Uréia	25,3 ab	422.000	22,5 a	375.000
SA	24,6 ab	410.000	22,4 a	373.000
IE	23,3 b	388.000	21,4 a	357.000
OV	26,2 a	437.000	24,1 a	402.000
OM	24,8 ab	414.000	22,5 a	375.000
TI	24,2 ab	403.000	22,6 a	377.000
TN	23,7 ab	395.000	22,3 a	372.000
Média	24,8	413.000	22,8	380.000
c.v. (%)	5,8	-	7,6	-
D.M.S. (5%)	3,0	-	3,6	-

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Tabela 6. Valores médios obtidos para população inicial e final de plantas de soja, cultivar IAC-8, em área com histórico de inoculação.

TRATAMENTO	População inicial		População final	
	pl/m	pl/ha	pl/m	pl/ha
NO	26,9 a	448.000	22,3 a	372.000
Uréia	24,4 a	407.000	22,0 a	367.000
SA	23,9 a	398.000	20,8 a	347.000
IE	22,9 a	382.000	20,7 a	345.000
OV	25,4 a	423.000	23,0 a	383.000
OM	25,4 a	423.000	22,6 a	377.000
TI	25,2 a	420.000	22,7 a	378.000
TN	24,7 a	412.000	22,7 a	378.000
Média	24,9	415.000	22,1	368.000
c.v. (%)	8,7	-	7,4	-
D.M.S. (5%)	4,5	-	3,4	-

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Pelos dados obtidos em campo, percebe-se que as densidades de plantas inicial e final não foram influenciadas pelos tratamentos, tanto na germinação quanto na emergência das plântulas. Assim, obteve-se um estande estatisticamente uniforme, dentro das recomendações para a cultura, a fim de se conseguir uma produção, no mínimo, satisfatória.

4.2.3. Análise conjunta

Em função dos dados estatísticos obtidos na análise dos dados para a variável população inicial e final de plantas, constatou-se que os valores de quadrado médio do resíduo estão próximos entre si, de forma a possibilitar a análise conjunta dos dados.

Pela análise conjunta dos dados, observou-se que entre as áreas também não foi verificada diferença significativa para as populações inicial e final, observando-se através dos números de cada área, valores bem próximos. Portanto, a uniformidade observada em ambas as áreas revelou condições adequadas para a germinação das sementes e estabelecimento das plantas. Pode-se notar também que a presença ou ausência dos rizóbios no solo não alterou o estabelecimento das plantas nas áreas cultivadas.

Na Tabela 7 pode ser observada a comparação entre valores médios de população de plantas entre as áreas experimentais.

De um modo geral, para a soja, as recomendações são de populações de 300.000 a 400.000 plantas/ha, para se ter um bom estande. As populações maiores poderão provocar a competição entre plantas, favorecendo a formação de plantas estioladas, com hastes de menor diâmetro, menos ramificadas, com maior tendência ao acamamento, e com maior comprimento dos internódios. Consequentemente, as plantas serão mais altas, assim como a inserção das primeiras vagens a uma altura maior. Por outro lado, as populações menores determinam a formação de plantas com pequeno porte, baixa inserção de vagens, maior número de ramificações e diâmetro de hastes, e obviamente permitem incidência mais elevada de plantas invasoras (MARCOS FILHO et al., 1982).

Tabela 7. Valores médios de população inicial e final de plantas de soja, cultivar IAC-8, em áreas sem e com histórico de inoculação.

ÁREA	População inicial		População final	
	pl/m	pl/ha	pl/m	pl/ha
Sem Histórico	24,8 a	413.000	22,8 a	380.000
Com Histórico	24,9 a	415.000	22,1 a	368.000

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

A soja é uma cultura mecanizada em todas as operações, fato que impõe um sistema de semeadura em fileiras. Desta forma, a população de plantas no campo está

distribuída seguindo-se uma densidade na fileira e um espaçamento entre fileiras. Vários estudos têm demonstrado que a população ideal de plantas de soja no Brasil situa-se em torno de 400.000 plantas/ha, porém, a variação deste valor não altera significativamente o rendimento, sendo flexível a adaptabilidade a regiões de cultivo, cultivares disponíveis e épocas de semeadura. Na região centro-sul do estado do Paraná, por exemplo, em áreas que favorecem o acamamento das plantas de soja e que utiliza semeadura direta, pode-se corrigir o problema sem afetar o rendimento, reduzindo-se a população para 280.000 a 350.000 plantas/ha (OCEPAR,1990).

Portanto, em função das populações obtidas nas duas áreas, entre os diferentes tratamentos, observam-se valores populacionais dentro das recomendações feitas para a cultura da soja, sem indicar tendência a prejuízos na produção.

4.3. Altura de planta e número de nós formados por planta (Fenologia e fenometria)

4.3.1. Área sem histórico de inoculação

Os valores de F revelados pela análise de variância para altura e fenologia de plantas não foram significativos no estágio fenológico correspondente à queda dos cotilédones (21 dias após emergência). Porém, para essas duas variáveis foram significativos nos estádios R_2 , R_5 e

R₇.

Nesta área não houveram diferenças significativas na comparação de médias, pelo teste de Tukey, não diferindo o porte (altura) e a fenologia das plantas de soja entre os tratamentos adotados.

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os dados de altura e número de nós formados por planta, em diferentes estádios fenológicos.

Os estádios fenológicos avaliados foram escolhidos para representar o ciclo da soja, em suas fases mais importantes. Aos 21 dias após a emergência as plantas encontram-se em franco crescimento, apresentando-se ainda em fase vegetativa do ciclo. O crescimento mais intenso pode ser observado fazendo-se uma análise dos valores médios de altura obtidos no estágio vegetativo, e sua diferença com as médias do estágio R₂. Da mesma forma, ou seja, por diferença entre as médias dos estádios R₂ e R₅, e R₅ e R₇, vê-se que o crescimento no primeiro caso é maior. O estágio R₂ mostra a planta no seu pleno florescimento. Nessa fase, o crescimento já deve ser reduzido a taxas bem menores, ou nem mesmo ocorre mais crescimento. Essa é uma característica dos cultivares de soja de hábito de crescimento determinado, como IAC-8. No estágio R₅, quando se inicia a formação dos grãos, a soja IAC-8 já deve ter atingido sua altura máxima. Em R₇, já em fase de maturação, o crescimento não ocorre mais.

Assim, esses estádios podem mostrar o

crescimento da soja, em termos de altura de planta, e associado à altura está o número de nós formados, que seguem semelhantemente as características do primeiro item.

A soja cultivar IAC-8 tem como característica, além do hábito de crescimento determinado, um porte médio de 0,98 m. O tamanho atingido pela planta é influenciado pelo hábito de crescimento do cultivar e pelas condições ambientais, além da densidade em que foram estabelecidas. As plantas de crescimento determinado geralmente apresentam menor porte, e o alongamento da haste principal diminui acentuadamente com o início do florescimento.

Os resultados mostram que o cultivar manteve as suas características. Isso foi possível porque se cultivou em época recomendada, houveram condições compatíveis para o desenvolvimento normal das plantas e não houve influência dos tratamentos.

Ocorreram problemas de acamamento, provavelmente devido à alta fertilidade do solo e também à grande quantidade de umidade, durante o ciclo da cultura, favorecendo um crescimento excessivo.

4.3.2. Área com histórico de inoculação

Na área com histórico de inoculação, com dados apresentados nas Tabelas 10 e 11, a análise de variância revelou F significativo nos estádios R_2 e R_5 , para

a variável altura. Para os estádios fenológicos de 21 dias após a emergência e R_7 , não ocorreu F significativo. Pela comparação de médias através do teste de Tukey, somente no estádio R_5 , o tratamento controle (NO) apresentou altura com diferença dos demais. Entretanto, nota-se numericamente, a menor altura da planta proporcionada pela ausência de nitrogênio (NO) nos estádios fenológicos avaliados, sugerindo-se ser este macronutriente importante para o crescimento em altura das plantas de soja.

Quanto ao número de nós, o valor de F foi significativo apenas em R_5 . Diferenças também ocorreram na comparação das médias pelo teste de Tukey. Neste caso, os tratamentos controle (NO) e IE foram os que apresentaram menor valor para a característica em questão, diferindo estatisticamente dos tratamentos com uréia e OV, os quais apresentaram maior número de nós.

Pelas diferenças em R_5 , nota-se que as plantas que não receberam inoculante (tratamento controle) apresentaram menor crescimento. Pelo hábito de crescimento determinado do cultivar de soja IAC-8, o crescimento deve cessar praticamente quando ocorre o processo de florescimento. Porém, houve ainda um aumento em altura quando se compara os estádios R_2 e R_5 . Neste caso, pode-se sugerir que a interação entre diferentes estirpes de rizóbios, ou seja, entre aquelas presentes no solo de cultivos anteriores e as fornecidas pelos inoculantes utilizadas no experimento, proporcionando uma fixação

simbiótica de N_2 mais eficiente, resultando na produção maior de compostos que favoreceram o crescimento das plantas, em relação ao tratamento sem inoculação.

O crescimento em altura de plantas de soja ocorre por acréscimos no alongamento dos entrenós, no número de nós formados ao longo da haste principal, ou em ambos. Com exceção dos tratamentos NO e IE, nota-se nos demais a importância do suprimento de nitrogênio para a formação de maior quantidade de nós na haste principal.

No estágio R_7 , não houve diferença significativa para altura de plantas e número de nós.

Quanto ao tratamento IE, provavelmente a causa de sua baixa eficiência tenha sido em função da baixa sobrevivência das bactérias no veículo.

Tabela 8. Valores médios obtidos para altura de planta de soja, cultivar IAC-8, em diferentes estádios fenológicos, em área sem histórico de inoculação.

TRATAMENTO	Altura de Planta (cm)			
	21 DAE*	R_2	R_5	R_7
NO	19,4 a	91,4 a	112,5 a	121,7 a
Uréia	20,3 a	93,3 a	114,7 a	125,4 a
SA	20,3 a	98,8 a	113,5 a	127,8 a
IE	20,2 a	90,8 a	116,2 a	119,1 a
OV	20,9 a	93,1 a	117,4 a	122,5 a
OM	19,1 a	91,4 a	115,8 a	112,8 a
TI	20,1 a	93,7 a	110,3 a	120,5 a
TN	21,6 a	87,7 a	112,4 a	120,3 a
Média	20,2	92,5	114,1	121,3
c.v. (%)	7,5	7,3	9,2	7,0
D.M.S. (5%)	3,1	14,0	21,6	17,6

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

* DAE: dias após a emergência

Tabela 9. Valores médios obtidos para número de nós formados por planta de soja, cultivar IAC-8, em diferentes estádios fenológicos, em área sem histórico de inoculação.

TRATAMENTO	Número de Nós			
	21 DAE*	R ₂	R ₅	R ₇
NO	4,2 a	10,3 a	15,0 a	15,3 a
Uréia	4,3 a	9,8 a	14,5 a	15,0 a
SA	4,4 a	10,5 a	14,3 a	15,8 a
IE	4,3 a	10,1 a	15,5 a	15,6 a
OV	4,3 a	9,8 a	14,3 a	15,4 a
OM	4,1 a	9,9 a	15,0 a	14,9 a
TI	4,3 a	10,2 a	14,9 a	14,9 a
TN	4,5 a	9,7 a	14,5 a	15,4 a
Média	4,3	10,0	14,8	15,3
c.v. (%)	6,2	6,6	5,8	4,6
D.M.S. (5%)	0,5	1,4	1,8	1,4

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

* DAE: dias após a emergência

Tabela 10. Valores médios obtidos para altura de planta de soja, cultivar IAC-8, em diferentes estádios fenológicos, em área com histórico de inoculação.

TRATAMENTO	ALTURA DE PLANTA (cm)			
	21 DAE	R ₂	R ₅	R ₇
NO	20,3 a	94,5 a	106,0 b	118,6 a
Uréia	21,1 a	104,2 a	130,5 a	127,6 a
SA	20,6 a	97,4 a	119,5 ab	121,2 a
IE	21,3 a	100,5 a	122,5 ab	127,8 a
OV	21,3 a	103,0 a	128,9 a	127,7 a
OM	20,5 a	98,5 a	127,3 a	119,5 a
TI	20,9 a	99,0 a	123,7 ab	126,0 a
TN	20,1 a	105,8 a	126,0 a	124,9 a
Média	20,8	100,4	123,1	124,2
c.v. (%)	8,8	7,1	7,7	7,2
D.M.S. (5%)	3,8	14,8	19,6	18,4

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Tabela 11. Valores médios obtidos para número de nós formados por planta de soja, cultivar IAC-8, em diferentes estádios fenológicos, em área com histórico de inoculação.

TRATAMENTO	Número de Nós			
	21 DAE	R ₂	R ₅	R ₇
NO	4,0 a	11,1 a	14,3 b	15,2 a
Uréia	4,2 a	11,7 a	16,4 a	16,0 a
SA	4,1 a	11,4 a	15,3 ab	15,4 a
IE	4,2 a	11,1 a	14,4 b	16,1 a
OV	4,1 a	10,8 a	16,3 a	15,9 a
OM	4,0 a	10,5 a	15,5 ab	15,4 a
TI	4,2 a	11,0 a	15,2 ab	15,5 a
TN	4,0 a	11,1 a	15,6 ab	16,3 a
Média	4,1	11,1	15,4	15,7
C.V. (%)	8,6	7,6	5,6	4,2
D.M/S.(5%)	0,7	1,7	1,8	1,4

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

* DAE: dias após a emergência

4.3.3. Análise conjunta

Pela observação dos números encontrados na análise de variância, os quadrados médios do resíduo, referentes à análise a partir dos dados de altura e fenologia de cada experimento, são suficientemente próximos para permitir a análise conjunta. Nesta análise observou-se valores de F significativos.

Em comparação feita entre as médias das duas áreas experimentais, observaram-se valores médios de altura de planta maiores para área com histórico, nos estádios R₂ e R₅. No estágio vegetativo (21 dias após emergência) e em R₇ não ocorreram diferenças. Para o número de nós não houve diferença significativa entre os locais, pelo teste de Tukey

(Tabelas 12 e 13).

As condições para o desenvolvimento da cultura foram favoráveis, permitindo um bom crescimento das plantas, atingindo um porte maior do que o valor médio para o cultivar em condições sem restrições de clima e de solo ao crescimento.

Os tratamentos aparentemente não influenciaram no porte das plantas, apenas se verifica que a área com histórico de inoculação permitiu melhor crescimento, provavelmente por maior eficiência na fixação do nitrogênio, devido à interação entre as bactérias dos cultivos anteriores e as introduzidas pela inoculação (Gráficos 1, 2, 3 e 4).

Tabela 12. Valores médios de altura (cm) de planta de soja, cultivar IAC-8, em áreas sem e com histórico de inoculação.

ÁREA	Altura de Planta (cm)			
	21 DAE	R ₂	R ₅	R ₇
Sem Histórico	20,2 a	92,5 b	114,1 b	121, a
Com Histórico	20,8 a	100,4 a	123,0 a	124,2 a

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Tabela 13. Valores médios de número de nós formados por planta de soja, cultivar IAC-8, em áreas sem e com histórico de inoculação.

ÁREA	Número de nós formados por planta			
	21 DAE*	R ₂	R ₅	R ₇
Sem Histórico	4,3 a	10,0 a	14,8 a	15,3 a
Com Histórico	4,1 a	11,1 a	15,4 a	15,7 a

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

DAE: dias após a emergência

GRÁFICO 1

GRÁFICO 3

GRÁFICO 2

GRÁFICO 4

4.4. Número de ramificações, vagens e sementes por planta e número de sementes por vagem

4.4.1. Área sem histórico de inoculação

Pela análise estatística dos dados verificou-se que o número de ramificações nessa área apresentou valores de F não significativos, assim como o número de sementes por vagem. Quanto ao número de vagens por planta e sementes por planta, esses apresentaram valores de F significativos na análise de variância. São apresentados os valores médios para essas características, comparando-se os tratamentos, pelo teste de Tukey, na Tabela 14.

Tabela 14. Valores médios de número de ramificações por planta (r/pl), vagens por planta (v/pl), sementes por planta (s/pl) e sementes por vagem (s/v) de soja, cultivar IAC-8, em área sem histórico de inoculação.

TRATAMENTO	r/pl	v/pl	s/pl	s/v
NO	2,2 a	21,5 c	40,6 c	1,9 a
Uréia	2,7 a	31,4 ab	58,4 ab	1,9 a
SA	2,8 a	33,7 a	62,0 a	1,9 a
IE	2,2 a	25,2 abc	48,7 abc	1,9 a
OV	1,7 a	23,0 bc	45,0 bc	2,0 a
OM	2,4 a	26,0 abc	51,4 abc	2,0 a
TI	2,8 a	30,1 ab	59,2 ab	2,0 a
TN	2,7 a	31,3 ab	61,9 a	2,0 a
Média	2,4	27,8	53,4	2,0
C.V. (%)	32,3	15,3	14,8	4,0
D.M.S. (5%)	1,6	8,8	16,3	0,2

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Pelos dados apresentados pode-se observar que o número de ramificações não variou com os tratamentos,

estando esses valores relacionados à uniformidade no espaçamento entre fileiras e plantas.

O número de sementes por vagem não variou. Segundo GANDOLFI et al. (1983), legumes com diferentes números de sementes constituem-se em uma característica varietal, de maneira geral e constante. Com isso, pode-se considerar que o cultivar IAC-8 produz duas sementes por vagem, em média.

Quanto às características vagens/planta e sementes/planta, constata-se, pela comparação entre as médias, diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento controle (NO) apresentou menor número de vagens/planta e sementes/planta, o que deverá resultar em menor produção, já que pelos dados da Tabela 5, não se observou população final de plantas maior, o que seria favorável para compensar esses valores menores. Neste caso, pode-se sugerir que as diferentes fontes de nitrogênio apresentaram-se eficientes.

4.4.2. Área com histórico de inoculação

Nesta área, através da análise estatística dos dados, observou-se que não houve variação significativa para F, para os quatro caracteres avaliados.

Pode-se observar os valores médios comparados através do teste de Tukey, na Tabela 15.

Por esses valores médios pode-se destacar a

uniformidade dos dados para todos os tratamentos. Essa uniformidade demonstra a expressão das características do cultivar, diante das condições de espaçamento oferecidas, sem que os tratamentos tenham influenciado. Além disso, o nitrogênio presente nessa área devido a histórico de inoculação, provavelmente favoreceu a uniformidade de frutificação e granação, expressos pelo número de vagens e sementes formadas. Tal fato pode ser confirmado examinando-se a Tabela 15.

Tabela 15. Valores médios de número de ramificações por planta (r/pl), vagens por planta (v/pl), sementes por planta (s/pl) e sementes por vagem (s/v) de soja, cultivar IAC-8, em área com histórico de inoculação.

TRATAMENTO	r / pl	v / pl	s / pl	s / v
NO	2,3 a	34,7 a	69,6 a	2,0 a
Uréia	2,9 a	42,4 a	81,9 a	1,9 a
SA	2,4 a	38,1 a	71,9 a	1,8 a
IE	2,9 a	43,9 a	84,5 a	1,9 a
OV	2,8 a	43,9 a	86,5 a	2,0 a
OM	2,6 a	39,5 a	76,7 a	1,9 a
TI	2,4 a	36,9 a	69,4 a	1,9 a
TN	3,1 a	46,3 a	87,5 a	1,8 a
Média	2,7	40,7	78,5	1,9
C.V. (%)	25,6	24,8	26,5	4,0
D.M.S. (5%)	1,4	20,9	43,0	0,1

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

4.4.3. Análise Conjunta

Com os dados obtidos na análise de variância de cada experimento, a partir dos quadrados médios

efetuiu-se a análise conjunta dos experimentos. Para os quatro caracteres foi possível realizar a análise conjunta, pela proximidade entre os valores dos quadrados médios do resíduo.

Entre os locais, não se observou diferença significativa para o número de ramificações por planta e sementes por vagem, quando as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Ocorreram diferenças entre os locais apenas no número de vagens e de sementes por planta. Esses dados podem ser observados na Tabela 16, onde se tem a comparação entre as médias obtidas na análise conjunta para as duas áreas.

Tabela 16. Valores médios de ramificações por planta (r/pl), vagens por planta (v/pl), sementes por planta (s/pl) e sementes por vagem (s/v), para as áreas sem e com histórico de inoculação.

ÁREA	r / pl	v / pl	s / pl	s / v
Sem Histórico	2,4 a	27,8 b	53,4 b	1,9 a
Com Histórico	2,7 a	40,7 a	78,5 a	1,9 a

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Esses dados referentes ao número de vagens e sementes por planta serão associados à produção de grãos. Na área sem histórico de inoculação tem-se uma média menor destes dados, o que permite uma estimativa de produção de grãos menor, constatada nos valores de rendimento, que estão na Tabela 24.

Os altos valores para o coeficiente de variação são devidos às grandes diferenças nos números entre as repetições. Este fato foi considerado normal, pois segundo a literatura, o número de vagens/planta varia de 2 a mais de 20 em uma única inflorescência, e até acima de 400 por planta, e os legumes de soja têm de 1 a 5 sementes dispostas alternadamente nos lados da sutura adaxial (GANDOLFI et al., 1983).

4.5. Peso de matéria seca do sistema radicular

4.5.1. Área sem histórico de inoculação

O peso de matéria seca de sistema radicular na área sem histórico de inoculação, na análise de variância apresentou valor significativo para F nos estádios R_2 e R_5 .

Os valores médios obtidos para essa característica são apresentados em comparação pelo teste de Tukey, na Tabela 17.

Os valores contidos na Tabela 17 revelaram que apenas o tratamento com Uréia diferiu significativamente em termos de peso seco de raiz, no estágio R_2 , do tratamento TI.

Tabela 17. Peso de matéria seca do sistema radicular de plantas de soja (10 plantas), cultivar IAC-8, em área sem e com histórico de inoculação, em dois estádios fenológicos.

TRATAMENTO	Peso de Matéria Seca de Sistema Radicular (g)			
	área sem histórico		área com histórico	
	R ₂	R ₅	R ₂	R ₅
NO	15,2 ab	23,3 a	14,7 a	31,9 a
Uréia	10,9 b	20,2 a	16,6 a	30,9 a
SA	14,4 ab	30,5 a	14,6 a	22,1 a
IE	15,2 ab	25,2 a	15,1 a	19,4 a
OV	13,7 ab	25,9 a	15,5 a	28,7 a
OM	12,5 ab	26,5 a	12,9 a	24,6 a
TI	16,1 a	26,7 a	13,6 a	22,6 a
TN	15,6 ab	22,0 a	13,6 a	26,1 a
Média	14,2	25,0	14,6	25,8
C.V. (%)	16,9	23,2	20,5	37,5
D.M.S. (5%)	4,9	12,0	6,2	20,2

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

A variação encontrada deve ser atribuída a outros fatores. Os fatores que podem alterar a quantidade de matéria seca de raiz são o espaçamento, condições do solo (físicas e químicas), mostrando efeitos consistentes na produção de matéria seca (BROCKWELL et al., 1985).

Provavelmente, essa diferença não foi devida aos tratamentos, que influenciariam a formação de nódulos, e esses não entram no peso seco do sistema radicular, pois foram destacados para avaliação isolada.

4.5.2. Área com histórico de inoculação

Nessa área não se observaram valores

significativos para F na análise de variância, em ambos os estádios. Na Tabela 17 encontram-se os valores médios para essa característica, em dois estádios fenológicos, em que são comparados pelo teste de Tukey.

A uniformidade encontrada demonstra boas condições de solo, e umidade também uniformes para a área de uma forma geral.

4.5.3. Análise conjunta

Pelos valores dos quadrados médios do resíduo obtidos em cada um dos experimentos, foi possível realizar a análise conjunta. Por essa análise, não se observou diferença significativa entre locais, para o peso de matéria seca de sistema radicular das plantas de soja, quando comparadas as médias.

Esses valores podem ser observados na Tabela 18.

Tabela 18. Valores médios de peso de matéria seca de sistema radicular de plantas de soja, cultivar IAC-8, em áreas sem e com histórico de inoculação.

ÁREA	Peso de Matéria Seca de Sistema Radicular (g)	
	R ₂	R ₅
Sem Histórico	14,2 a	25,0 a
Com Histórico	14,6 a	25,8 a

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Segundo MARCOS FILHO et al. (1982) a grande

extração de nutrientes pela planta de soja se deve ao desenvolvimento do seu sistema radicular. Mais da metade da matéria seca acumulada é produzida posteriormente ao florescimento, sendo o período de maior crescimento, aquele compreendido entre o início do florescimento e o enchimento dos grãos.

O desenvolvimento do sistema radicular não foi influenciado pelos tratamentos, apresentando médias numericamente maiores para vários tratamentos na área com histórico de inoculação, se relacionados com as médias obtidas na área sem histórico.

O sistema radicular se desenvolveu suficientemente para suportar a planta e suprir suas necessidades em água e nutrientes, sendo semelhante para ambas as áreas.

4.6. Peso de matéria seca de nódulos radiculares

4.6.1. Área sem histórico de inoculação

Pela análise de variância ocorreram valores significativos para F, em ambos os estádios fenológicos avaliados.

A Tabela 19 contém os dados relativos aos pesos de matéria seca de nódulos amostrados em todos os tratamentos, nos estádios R_2 e R_5 . As avaliações destas características foram realizadas nestes estádios, pois é neste intervalo entre R_2 e R_5 que as plantas de soja têm o

maior desenvolvimento do sistema radicular, e por conseguinte, a nodulação.

Tabela 19. Peso médio de matéria seca de nódulos de plantas de soja (10 plantas), cultivar IAC-8, em área sem e com histórico de inoculação, em dois estádios fenológicos.

TRATAMENTO	Peso de Matéria Seca de Nódulos (mg)			
	área sem histórico		área com histórico	
	R ₂	R ₅	R ₂	R ₅
NO	17 b	38 b	701 a	745 a
Uréia	1 b	92 b	244 a	642 a
SA	3 b	10 b	462 a	1052 a
IE	10 b	173 b	532 a	518 a
OV	7 b	54 b	586 a	1096 a
OM	6 b	48 b	565 a	844 a
TI	327 a	3658 a	562 a	1167 a
TN	46 b	3392 a	641 a	665 a
Média	51,9	932,9	536,7	812,7
C.V. (%)	113,6	56,3	150,9	62,5
D.M.S. (5%)	121,8	625,3	2911,4	1049,9

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

De acordo com os dados apresentados na Tabela 19, na área sem histórico de inoculação, observaram-se grandes diferenças entre os tratamentos. Os tratamentos com inoculantes turfosos foram muito superiores aos demais, quanto à quantidade de nódulos em peso de matéria seca. No estágio R₂, o tratamento TI foi o que obteve maior peso, enquanto que em R₅, os tratamentos TI e TN foram os de maior peso seco.

As causas para tal ocorrência devem estar relacionadas à interação da estirpe de rizóbio ao meio em que foi mantida a cultura de bactérias no veículo. Deve-se

também considerar que a maior nodulação também pode ter ocorrido devido à quantidade de células viáveis de rizóbios. Nota-se que os tratamentos que apresentaram quantidade maior de nódulos na área sem histórico (TI e TN) receberam doses bem maiores de inoculantes. Introduzindo-se maior número de células viáveis no campo, há maiores chances para o estabelecimento da simbiose, permitindo maior nodulação e fixação de nitrogênio, refletindo na produção final das plantas deste tratamento.

Nos tratamentos com as fontes minerais SA e Uréia, e o tratamento controle, onde não foi realizada a inoculação, não deveria ocorrer a nodulação, já que não havia histórico da introdução da bactéria no solo e por análise biológica do solo que constatou a ausência de rizóbios. Porém, a nodulação provavelmente ocorreu devido a algumas contaminações durante o período experimental. Nesses tratamentos, os nódulos apareceram em pequenas quantidades, não vindo a comprometer os resultados do ensaio. Segundo BROCKWELL et al. (1985), algumas contaminações de tratamentos controle, são devidas frequentemente a maquinário agrícola, agentes humanos, movimento de animais, ou água de irrigação. Trata-se então, de uma contaminação inevitável. Além desses aspectos, segundo LOPES (1991)¹, as próprias sementes de soja podem atuar como agente

¹ LOPES, E.S. Seção de Microbiologia do Solo. Instituto Agrônomo de Campinas. Comunicação pessoal.

disseminador da bactéria fixadora de N .

Nos tratamentos com inoculante líquido em emulsão (IE), líquido em óleo vegetal (OV) e líquido em óleo mineral (OM), talvez não tenham ocorrido condições satisfatórias de sobrevivência no veículo do inoculante. Entre os inoculantes turfosos, o tratamento TN apresentou-se inferior em R_2 , porém, sem diferença significativa em R_5 .

Esses resultados evidenciam a exigência de mais estudos sobre os veículos dos inoculantes, quanto às características que asseguram a qualidade ao inoculante, para um aproveitamento eficiente da relação de simbiose que garanta o suprimento de nitrogênio às plantas de soja.

4.6.2. Área com histórico de inoculação

Para a área com histórico de inoculação, em função da análise de variância, os valores de F não foram significativos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, quanto à quantidade de nódulos nas plantas amostradas, pela comparação entre as médias pelo teste de Tukey, em ambos os estádios avaliados.

Na Tabela 19 têm-se os dados referentes ao peso seco dos nódulos, nos estádios fenológicos R_2 e R_5 , do experimento conduzido nesta área.

O peso de matéria seca de nódulos portanto, não foi diferente em função dos tratamentos, considerando-se que qualquer um deles permitiu a formação de nódulos.

Nesta área, destaca-se que o solo já havia sido colonizado por estirpes de rizóbios por inoculações anteriores. Desta forma, a ocorrência do rizóbio introduzido já estava garantida, com a inoculação somente reforçando a atuação do inóculo na fixação, com seu aumento de população.

É válido considerar que com a utilização de inoculação em cultivos anteriores, têm-se maiores chances para aumentar a eficiência do uso de inoculantes e consequente eficiência na fixação simbiótica de N_2 .

Constatou-se também tal fato no trabalho de TORRES et al. (1988), quando se produziu soja em dois locais com diferentes históricos de produção. Nesse trabalho, a fertilização aumentou a produção em nitrogênio em ambos os locais, mas a inoculação aumentou a nodulação e concentração de nitrogênio (60% acima daquela com plantas não inoculadas), onde a soja não tinha sido anteriormente cultivada.

No trabalho de HERRIDGE et al. (1987) observou-se que em solo de primeiro cultivo, com baixa taxa de rizóbio no solo, ocorreu reduzida nodulação, e o conteúdo de nitrogênio nas folhas e sementes foi correspondentemente reduzido. Os dados obtidos nos experimentos revelam que nesta área o peso seco de nódulos por planta foi aproximadamente seis vezes menor que em área com rizóbios já estabelecidos, com taxa de inoculação alta ou sem inoculação, em época próxima ao florescimento. Em fase posterior, o peso seco de nódulos foi aproximadamente dez

vezes superior com a mesma taxa de inoculação na área de primeiro cultivo, e quase quatro vezes maior em área com histórico de cultivo de soja; além disso, nesta área todas as plantas estavam noduladas.

Não havendo diferenças entre os tratamentos, pode-se considerar que houve boa resposta a todos os tipos de inoculantes utilizados, independente do veículo. Deve-se considerar também a hipótese de que mesmo que os veículos não tenham sido eficientes na sua função, não comprometeram, ou foram garantidos pela colonização anterior das estirpes de rizóbios não aparecendo diferenças na comparação entre médias para peso de matéria seca de nódulos. No caso da colonização anterior já ter dado condições para a simbiose ou fixação do N_2 , pode-se tender para não recomendação da aplicação anual de inoculantes para a cultura. Porém, como novas estirpes se adaptam, há intensa competição com população de estirpes de bactérias nativas, e pelo custo do inoculante ser pequeno, acrescentando muito pouco no custo de produção total, recomenda-se que a inoculação seja feita, porém de forma adequada e com produtos inoculantes de comprovada eficiência.

Através dos tratamentos onde não se inoculou as sementes, notou-se claramente que a bactéria permaneceu no solo, desde o último cultivo, pelo menos. Assim, desempenhou sua função na simbiose tão logo foi introduzido seu hospedeiro específico.

Pelos coeficientes de variação observados em

ambas as áreas, nota-se que são valores altíssimos, colocando-se dúvidas quanto à avaliação do caráter peso de matéria seca dos nódulos nos experimentos realizados no campo. Esses valores indicam a grande variabilidade de nodulação entre as plantas, que é um fato comprovado, e quanto ao método para avaliar ou estimar a eficiência de fixação de N_2 . Mesmo com os valores obtidos, pode-se ter uma visão sobre o que ocorreu nos dois experimentos, quando se considera a introdução de estirpes em uma área de cultivo. Deve-se considerar que a avaliação da nodulação com o objetivo de se observar a eficiência do processo simbiótico, é uma metodologia adotada em estudos desta natureza. Porém, há outras, como teor de N nas folhas por exemplo, que poderiam ser associadas a essa, revelando maior precisão nos estudos de eficiência da simbiose (GALLI, 1987).

4.6.3. Análise conjunta

Em função dos dados obtidos na análise de variância para cada experimento, constatou-se que os quadrados médios do resíduo para a variável estudada neste ítem, são numericamente distantes. Pela razão entre eles, admitiu-se que a análise conjunta não é praticável, devendo essa variável ser considerada isoladamente para cada um dos experimentos (Gráficos 5 e 6).

A formação de nódulos na planta de soja representa um forte efeito da presença de inóculo e

consequentemente a simbiose, assim como a fixação de N_2 . Porém, o simples fato da presença de nódulos pode não significar muito. É necessário considerar a quantidade de nódulos, e entre os nódulos presentes, quais os realmente ativos. Evidentemente, uma grande quantidade de nódulos no sistema radicular de uma leguminosa será indício de maior fixação de N_2 , comparada a uma planta com nodulação reduzida.

Segundo a literatura, a eficiente fixação de N_2 será uma consequência da estirpe de rizóbio e sua capacidade de sobrevivência no meio em que foi introduzida, através da inoculação. A partir dessa sobrevivência e adaptação é que poderão surgir os nódulos (ROUGHLEY, 1981; FREIRE & KOLLING, 1986; WILLIAMS, 1984).

A taxa de inoculação também poderá influenciar nos resultados de nodulação. A nodulação resultante de baixas taxas de inoculação pode ocorrer em casa de vegetação sob condições controladas, mas não no campo. Sob condições de campo, a competição com rizóbios nativos e antagonismo e predação para outros microrganismos do solo podem decrescer significativamente a nodulação. Os rizóbios do solo podem ser estimulados na presença da leguminosa, sendo mais eficiente que o rizóbio aplicado na semente, resultando em uma nodulação preferencial pelo rizóbio do solo (ROVIRA, 1961; KREMER & PETERSON, 1982).

PESO DE MATÉRIA SECA DE NÓDULOS (mg)

ÁREA SEM HISTÓRICO

GRÁFICO 5

PESO DE MATÉRIA SECA DE NÓDULOS (mg)

ÁREA COM HISTÓRICO

GRÁFICO 6

4.7. Peso de matéria seca da parte aérea

4.7.1. Área sem histórico de inoculação

Pela análise estatística dos dados referentes ao peso de matéria seca da parte aérea, obtiveram-se valores de F significativos para os dois estádios avaliados. Porém, na comparação dos valores médios para essa característica, não foi constatada diferença significativa entre qualquer um dos tratamentos. Os valores podem ser vistos na Tabela 20.

4.7.2. Área com histórico de inoculação

Nessa área, a análise estatística dos dados revela valores de F não significativos em R_2 e significativos em R_5 . Na Tabela 20 têm-se os dados referentes à área com histórico de inoculação, onde se comparam os valores médios de peso seco de parte aérea, em dois estádios fenológicos diferentes. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, observando-se um desenvolvimento uniforme das plantas.

4.7.3. Análise Conjunta

Pelos quadrados médios do resíduo obtidos nos experimentos, observa-se que são próximos no estádio R_2 , permitindo a análise conjunta. Já em R_5 , não foi verificada essa proximidade entre quadrados médios, impedindo a análise

conjunta para essa característica.

Na análise conjunta dos dados, ocorreram diferenças significativas entre os locais, no estágio fenológico R_2 .

Destacam-se os pesos maiores para a área com histórico de inoculação, principalmente no estágio fenológico R_5 (Tabela 20). Assim, sugere-se um melhor desenvolvimento das plantas, pela melhor condição de fixação de nitrogênio, refletindo em absorção de luz, taxa fotossintética, área foliar, crescimento e produção (Gráficos 7 e 8).

Os dados em que são comparadas as médias das áreas para a característica de peso de matéria seca de parte aérea para R_2 , podem ser vistos na Tabela 21.

Tabela 20. Peso de matéria seca de parte aérea de plantas de soja (10 plantas), cultivar IAC-8, em área sem e com histórico de inoculação, em dois estádios fenológicos.

TRATAMENTO	Peso de Matéria Seca de Parte Aérea (g)			
	área sem histórico		área com histórico	
	R_2	R_5	R_2	R_5
NO	98,7 a	194,5 a	103,5 a	262,6 a
Uréia	74,1 a	181,4 a	130,7 a	296,3 a
SA	100,3 a	246,6 a	109,5 a	220,7 a
IE	93,0 a	233,1 a	119,6 a	189,5 a
OV	87,6 a	209,3 a	112,0 a	286,0 a
OM	97,8 a	202,8 a	96,4 a	240,3 a
TI	101,8 a	192,4 a	99,7 a	240,0 a
TN	97,0 a	186,6 a	102,2 a	254,3 a
Média	93,8	102,1	109,2	248,7
c.v. (%)	18,2	23,8	21,4	26,5
D.M.S. (5%)	35,2	4,8	48,4	136,1

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Tabela 21. Valores médios de peso de matéria seca de parte aérea de plantas de soja, cultivar IAC-8, em áreas sem e com histórico de inoculação.

ÁREA	Peso de Matéria Seca de Parte Aérea (g)
	R_2
Sem Histórico	93,8 b
Com Histórico	109,2 a
Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey	

Em trabalho conduzido por FREIRE & VIDOR (1970), observou-se boa relação entre o peso da matéria seca da parte aérea e o peso seco de nódulos. Entretanto, para algumas estirpes, o peso de nódulos foi menor do que para outras, mas correspondeu a um maior peso de matéria seca da parte aérea, o que sugere maior capacidade de fixação por grama de nódulo (BERGENSEN, 1970; BARNI & KOLLING, 1981).

Entretanto, nos experimentos em questão não se observou variação de peso de matéria seca da parte aérea das plantas em função da variação do peso de matéria seca dos nódulos, pois estes, em área sem histórico de inoculação, apresentaram-se com maior valor nos tratamentos com inoculantes turfosos. Na área com os rizóbios já estabelecidos anteriormente não ocorreu essa variação do peso de nódulos, assim como do peso de matéria seca da parte aérea (Gráficos 7 e 8).

PESO DE MATÉRIA SECA DE PARTE AÉREA (g)

ÁREA SEM HISTÓRICO

GRÁFICO 7

PESO DE MATÉRIA SECA DE PARTE AÉREA (g)

ÁREA COM HISTÓRICO

GRÁFICO 8

4.8. Peso de 1.000 grãos

4.8.1. Área sem histórico de inoculação

O peso de 1.000 sementes, segundo MARCOS FILHO et al. (1987), é um dado importante que pode dar uma idéia a respeito da qualidade das sementes (estado de maturidade, sanidade, além de outros), bem como oferecer informações que facilitarão o cálculo para semeadura e regulação de semeadoras.

Trata-se de um valor característico do cultivar. Para o cultivar IAC-8, tem-se como peso de 1.000 sementes, um valor médio de 181,1 g (SEDIYAMA et al., 1981).

Foram considerados aqui, os grãos de soja como sementes, a fim de adequar a denominação da característica em análise (peso de 1.000 grãos = peso de 1.000 sementes). Sabe-se porém, que os procedimentos para a produção de soja com finalidade de produção de sementes são diferentes daqueles para a produção de grãos.

São apresentados na Tabela 22 o peso de 1.000 grãos de soja, referentes às duas áreas experimentais.

A análise de variância apresentou valor de F significativo. A área sem histórico de inoculação mostrou diferenças significativas entre os tratamentos para o peso de 1.000 grãos, na comparação entre médias pelo teste de Tukey. Entre todos os tratamentos, TN e TI foram aqueles que apresentaram maiores valores, embora o tratamento NO não diferisse significativamente destes. Os tratamentos IE, SA e

Uréia foram os de menores pesos, porém não diferiram dos outros significativamente, com exceção aos turfosos.

Tabela 22. Valores médios obtidos para peso de 1.000 grãos de soja, cultivar IAC-8, em área sem e com histórico de inoculação (13% de umidade).

TRATAMENTO	Peso de 1.000 grãos (g)	
	área sem histórico	área com histórico
NO	156,7 abc	169,1 a
Uréia	149,3 c	174,2 a
SA	150,1 c	173,3 a
IE	150,9 c	177,3 a
OV	151,8 bc	179,3 a
OM	151,1 bc	171,9 a
TI	169,6 ab	171,6 a
TN	174,3 a	175,3 a
Média	156,7	174,9
C.V.(%)	5,7	3,3
D.M.S.(5%)	18,5	11,7

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

Os tratamentos com valores menores (Uréia, SA e IE), não foram considerados eficientes para uma alta produção, em área de primeiro cultivo. Esse efeito, com relação ao tratamento IE, provavelmente, ocorreu devido ao veículo ou ineficiência da associação veículo x bactéria na sobrevivência desses microrganismos. Quanto à Uréia e ao SA, podem não ter sido satisfeitas as necessidades da cultura pelas doses aplicadas, ou alto teor de perdas do nitrogênio em formas facilmente transportadas.

Os dados da Tabela 14 revelaram que os tratamentos Uréia e SA foram tão eficientes quanto os

tratamentos TI e TN. Porém, os dados da Tabela 22 revelaram que TI e TN proporcionaram a formação de sementes mais pesadas. Tais resultados sugerem que a formação de maior quantidade de sementes/planta não reflete na formação de sementes mais pesadas. Sugerem também que por algum motivo, a fonte biológica de nitrogênio, com base em inoculante turfoso, promove a formação de sementes mais pesadas do que fontes minerais de nitrogênio.

De uma maneira geral, observa-se que os pesos médios obtidos para todos os tratamentos foram abaixo do peso médio característico do cultivar IAC-8.

4.8.2. Área com histórico de inoculação

Através da análise de variância, observaram-se valores de F não significativos para a variável peso de 1.000 grãos.

A área com histórico de inoculação não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Tal ocorrência pode ser observada através dos dados da Tabela 22.

Segundo a Tabela 22, os pesos para 1.000 grãos obtidos nesta área estão mais próximos do valor médio característico do cultivar. Os pesos de 1.000 grãos relacionam-se diretamente com a produção, revelando portanto, que a área com histórico de inoculação proporcionará uma produção de grãos maior, independentemente

da fonte de N_2 usada.

4.8.3. Análise conjunta

Entre os locais, a partir da análise conjunta dos dados, não houve diferença significativa no teste F. Os dados médios comparativos entre as áreas, podem ser vistos na Tabela 23.

Tabela 23. Valores médios para peso de 1.000 grãos e rendimento de grãos de soja, cultivar IAC-8, em área sem e com histórico de inoculação.

ÁREA	Peso de 1.000 grãos (g)	Rendimento (kg/ha)
Sem histórico	156,7 b	2069,7 b
Com Histórico	174,0 a	2979,8 a

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

O que se pode observar é que acompanhando a nodulação, os grãos apresentaram maiores pesos nos tratamentos turfosos, na área sem histórico de inoculação. Desta forma, a eficiência no tratamento com inoculante provavelmente influenciou na produção de grãos, através da formação de sementes mais pesadas. Tendo-se como componentes da produção, o número de vagens/planta, o número de sementes/vagem e o peso das sementes, havendo benefício do nitrogênio sobre um ou mais destes componentes, espera-se maior rendimento agrícola. Na área com histórico, as diferenças não foram notadas, pela atuação dos rizóbios

introduzidos pela colonização anterior e real interação das bactérias com o meio. Isso fica evidente nos tratamentos com fontes minerais, onde ocorre a nodulação e desenvolvimento e produção em níveis próximos aos tratamentos com inoculantes.

4.9. Rendimento agrícola

4.9.1. Área sem histórico de inoculação

A análise de variância revelou valores de F significativos para a variável rendimento, nesta área. Os valores médios obtidos para o rendimento de grãos, expressos em kg/ha são apresentados na Tabela 24.

Pela análise estatística dos dados, para a área sem histórico de inoculação, houveram diferenças, sendo que os tratamentos com inoculantes turfosos foram superiores aos demais.

Quanto às fontes minerais de nitrogênio, o tratamento SA também apresentou resultados compatíveis de rendimento em relação aos tratamentos turfosos (TI e TN). Porém, o seu custo, atualmente, é inviável para a produção de soja.

O tratamento IE apresentou na área sem histórico para inoculação, o menor índice de produtividade.

As diferenças entre os tratamentos com inoculantes poderiam ter sido provocadas por vários aspectos. Entre eles é possível de ser citado o veículo do inoculante. O veículo deve proporcionar às bactérias um meio

com condições para sua sobrevivência, até que sejam aplicadas às sementes ou ao solo, e que se estabeleça a simbiose. Outro aspecto a ser mencionado são as estirpes de rizóbios. Elas devem ser compatíveis com o hospedeiro e competitivas com as bactérias nativas de grande eficiência.

No experimento, as causas concentram-se no veículo, já que os cuidados foram rigorosos na condução do experimento e o inoculante tinha garantia de qualidade em relação às estirpes. O tratamento IE constou de um inoculante em estudo, não lançado comercialmente, que mostrou dúvidas quanto à sua eficiência. Os inoculantes com veículo oleoso demonstraram uma eficiência abaixo da esperada, ou seja, no mínimo deveriam ser semelhantes aos turfosos.

Segundo BARNI & KOLLING (1981), há evidências experimentais que indicam que fontes minerais de nitrogênio (0, 8, 16, 32, 64, 128 kg/ha) aplicadas através da adubação de manutenção, praticamente não afetam o rendimento de grãos e as demais características agronômicas e industriais da soja. Quando se adiciona nitrogênio ao solo, a planta de soja supre suas necessidades através da absorção desse nitrogênio mineral aplicado, reduzindo o número e peso de nódulos e tornando ocioso o processo da fixação simbiótica de nitrogênio.

4.9.2. Área com histórico de inoculação

Na área com histórico de inoculação, pela análise estatística dos dados, o teste F não revelou valores significativos e na comparação entre médias pelo teste de Tukey, não foram constatadas diferenças entre os tratamentos, quanto ao rendimento. Desta forma, duas hipóteses devem ser analisadas. Todos os tratamentos foram eficientes ou seriam dispensáveis, já que o solo já estava colonizado com rizóbios, considerando-se os ganhos de produção. Os dados podem ser observados através da Tabela 24.

Tabela 24. Rendimento da cultura de soja, cultivar IAC-8, em kg/ha, para diferentes fontes de nitrogênio em áreas sem e com histórico de inoculação.

TRATAMENTO	Rendimento (kg/ha)	
	área sem histórico	área com histórico
NO	1827,6 bc	3351,2 a
Uréia	2065,6 bc	3009,0 a
SA	2159,0 ab	2813,0 a
IE	1733,4 c	3061,6 a
OV	1913,0 bc	3101,0 a
OM	1847,4 bc	2763,6 a
TI	2505,2 a	2738,4 a
TN	2506,6 a	3000,2 a
Média	2069,7	2979,8
C.V.(%)	9,1	11,3
D.M.S.(5%)	390,4	696,7

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey

4.9.3. Análise conjunta

Pelos quadrados médios do resíduo, obtidos na análise de variância dos experimentos, observa-se a possibilidade de fazer-se a análise conjunta.

Entre as duas áreas, pela análise conjunta dos dados, constatou-se diferença entre elas para o rendimento (Tabela 23).

O rendimento é certamente um dos caracteres de maior interesse em estudos de produção de uma cultura, onde se busca obter dados sobre efeito dos tratamentos, rejeitando-se aqueles ineficientes. É sabido que para esse fator ser o de maior importância, anterior a ele vêm outros que permitem a sua expressão. No tipo de estudo efetuado, antes do rendimento agrícola foram considerados, para tanto, as características da planta. Estas tornaram-se importantes para poder-se acompanhar o desenvolvimento até à produção.

Entre os caracteres observados no trabalho, o rendimento mostrou uma associação com os valores dos pesos de nódulos, número de sementes/planta e peso de 1.000 grãos. Nesta situação, observa-se nas Tabelas 19 e 24 que os tratamentos com maior peso seco de nódulos apresentaram maior rendimento agrícola. Já na área com histórico, o rendimento não se apresentou diferente significativamente entre os tratamentos, assim como no peso seco de nódulos das plantas de soja (Tabelas 19 e 24) (Gráfico 9).

A média de rendimento da área sem histórico

foi de 2.069,7 kg/ha. Para a área com histórico foi de 2.979,8 kg/ha, mostrando uma diferença de 910,1 kg/ha em relação à área anterior, ocorrendo diferença significativa entre os locais. Essa diferença pode ser atribuída em primeiro lugar à atuação dos inoculantes e seu efeito. Outros também deveriam ser considerados, já que o cultivar IAC-8 é também conhecido pelo seu bom desenvolvimento nos primeiros cultivos da área com soja. Desta forma, considera-se que sua característica genética de rusticidade, seria um fator que poderia contribuir para o rendimento final. Porém, neste caso esse fator não se destacou.

GRÁFICO 9

CONCLUSÕES

Em área sem histórico de cultivo de soja, cultivar IAC-8 e em condições de alta fertilidade do solo, a forma mais eficiente de fornecimento de nitrogênio para as plantas consiste em inoculação das sementes com inoculantes turfosos.

Em área com histórico de cultivo de soja e de inoculação, constata-se maior produção de nódulos no sistema radicular das plantas de soja, sob qualquer fonte de nitrogênio utilizada, refletindo em maior crescimento das plantas e maior rendimento agrícola, devido à interação de Bradyrhizobium japonicum ao solo. Neste caso, não foi detectado benefício com nenhum tipo de inoculante.

Os inoculantes turfosos, de maior uso geral, superam as novas formas de inoculantes, em termos de eficiência, os quais exigem maiores estudos sobre o veículo do inoculante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO,S.C. Rizobiologia: produção e uso de inoculantes no Brasil. In: MIYASAKA,S. & MEDINA,J.C., ed. A soja no Brasil. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. cap.9, p.447-52.
- ARAUJO,R.S & HENSON,R.A. Fixação biológica de nitrogênio. In: ZIMMERMANN,M.J.O.; ROCHA,M.; YAMADA,T., eds. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.213-27.
- ATTHASAMPUNNA,P.; DAENGSUBHA,W.; BUDHAKA,P.; BOONKERD,N. Viability of freeze-dried Rhizobium cultures and nitrogen-fixing ability. Mircen News, (11): 13, July, 1989.
- BALATTI,A.P. Culturing Rhizobium in large-scale fermentors. In: GRAHAM,P.H.& HARRIS,S.C. Biological Nitrogen Fixation. Technology for tropical agriculture. Cali, CIAT. Cali, 1981. p.127-32.
- BARAIBAR LUCAS,A.R. Caracterização e seleção de Rhizobium

- phaseoli para a produção de inoculantes comerciais. Piracicaba, 1986. 169p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BARNI, A.N. & KOLLING, J. Técnicas culturais: técnica de inoculação e eficiência da adubação nitrogenada. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J.C., ed. A soja no Brasil. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. cap.10, p.533-6.
- BEARD, B.H. & HOOVER, R.M. Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigated soybeans. Agronomy Journal, Madison, 63: 815-6. 1971.
- BERDICEK, D.F.; MULFORD, A.F.; MAGEE, B.H. Influence of organic nitrogen on soil nitrogen, nodulation, nitrogen fixation and yield of soybeans. Soil Science Society American Proceedings, Madison, 38: 268-73, 1978.
- BONETTI, R. Efeito do N do solo na fixação simbiótica do N₂ e na utilização de fertilizante nitrogenado em soja (Glycine max (L.) Merrill). Piracicaba, 1982. 139p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BRASIL. Secretaria de Fiscalização Agropecuária. Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura; legislação.

Brasília, 1983. 88p.

- BRASILEIRO, B.G.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. Efeito do tratamento das sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill) com óleo mineral sobre a emergência das plântulas e sobre a nodulação radicular. Revista Ceres, Viçosa, 36(208): 483-91, 1989.
- BROCKWELL, J.; GAULT, R.R.; CHASE, D.L.; TURNER, G.L.; BERGERSEN, F.J. Establishment and expression of soybean symbiosis in a soil previously free of Rhizobium japonicum. Australian Journal Agricultural Research, East Melbourne, 36: 397-409, 1985.
- BROCKWELL, J.; GAULT, R.R.; CHASE, D.L.; HELY, F.W.; ZORIN, M.; CORBIN, E.J. An appraisal of practical alternatives to legume seed inoculation with solid and liquid inoculants. Australian Journal Agricultural Research, East Melbourne, 31: 47-60, 1980.
- BURTON, J.C. Modern concepts in legume inoculation. In: GRAHAM, P.H. & HARRIS, S.C. Biological Nitrogen Fixation. Technology for tropical agriculture. Cali, CIAT, 1981. p.105-14.
- BUSHBY, H.V.A. Quantitative estimation of Rhizobial in non-sterile soil using antibiotics and fungicides. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, 13: 237-9. 1981.
- BUSHBY, H.A.V. Colonization of rhizosphere and nodulation of

- two Vigna species by rhizobia inoculated on to seed: influence of soil. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, 16: 635-41. 1984.
- CALDWELL, B.E. & VEST, G. Effects of Rhizobium japonicum strains on soybean yields. Crop Science, Madison, 10: 19-21. 1970.
- CASSIOLATO, A.M.R. Produção de inóculos microbianos utilizados na agricultura. Piracicaba, ESALQ / Depto. de Genética, 1986. 40p.
- CORBY, H.D.L. A method of making pure-culture, peat type legume inoculant, using a substitute for peat. In: NUTMAN, P.S., ed. Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge, Cambridge University Press. 1976. p.169-73.
- DATE, R.A. & ROUGHLEY, R.J. Preparation of legume seed inoculant. In: HARDY, R.W.F. & GIBSON, A.H., eds. A treatise on dinitrogen fixation. New York, John Wiley & Sons, 1977. p.243-276.
- DIATLOFF, A. The introduction of Rhizobium japonicum to soil by seed inoculation of non-host legumes and cereals. Australian Journal Experimental Agriculture Animal Husb., Victoria, 9: 357-60. 1969.
- DÖBEREINER, J. The Brazilian program in biological nitrogen fixation. In: GRAHAM, P.H. & HARRIS, S.C. Biological Nitrogen Fixation. Technology for tropical agriculture.

- Cali, CIAT, 1981. p.687-8.
- DÖBEREINER, J.; FRANCO, A.A.; GUZMAN, I. Estirpes de Rhizobium japonicum de excepcional eficiência. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 5: 155-62. 1970.
- EAGLESHAN, A.R.J. & GOLDMAN, B.J. Oil-based inoculants for preinoculation of *Centrosema macrocarpum*. PROCEEDING OF WORKSHOP ON Rhizobium/LEGUME INOCULANTS. 1985. Porto Alegre, p.283-9.
- ELEGBA, M.S. & RENNIE, R.J. Effect of different inoculant adesive agents on rhizobial survival, nodulation and nitrogenase (acetylene reducing) activity of soybeans (Glycine max (L.) Merrill). Canadian Journal Soil Science, Ottawa, 64: 631-6. 1984.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans (Glycine max (L.) Merrill). Crop Science, Madison, 11: 929-31, 1971.
- FONSECA, S.; SAITO, S.M.T.; VIDOR, C.A. A vantagem dos mutantes resistentes à estreptomicina. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(52): 609-14, 1985.
- FRANCO, A.A. & VINCENT, J.M. Competition amongst rhizobial strains for the colonization and nodulation of two tropical legumes. Plant and Soil, Dordrecht, 45: 27-48, 1976.

- FREIRE, J.R.J. & KOLLING, J. . Alguns tópicos sobre o manejo para a maximização da fixação do N₂ pela simbiose Rhizobium/leguminosas. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE Rhizobium , 12, Campinas, 1984. Anais. Campinas, I.A.C., 1986. p.461-81.
- FREIRE, J.R.J. & VIDOR, C. Rizobiologia: estudos no estado do Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J.C., ed. A soja no Brasil. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1981. cap.9, p.417-25.
- FRENEY, J.R. & GIBSON, A.H. The nature of non protein nitrogen accumulation in T. subterraneum root nodules. Soil Biology Biochemistry, Oxford, 6: 313-8. 1974.
- GALLI, L.V. Avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill) e de estirpes de Bradyrhizobium japonicum para eficiência simbiótica. Piracicaba, 1987. 137p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz").
- GANDOLFI, V.H.; BAN, A.D.; VILHORDO, B.W.; MÜLLER, L. Morfologia, anatomia e desenvolvimento. In: VERNETTI, F.J., coord. Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras. Campinas, Fundação Cargill, 1983. cap.2, p.17-89.
- GIBSON, A.H. Limitation to dinitrogen fixation by legumes. In: Proceedings of the 1st. INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF NITROGEN FIXATION. Pullman, Washington, Washington State

University Press, 1976, p.400-28.

GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 13^a edição.

São Paulo, Livraria Nobel, 1990. 468p.

HAAG, H.P. Evolução do uso de fertilizantes nas culturas do cafeeiro, cana-de-açúcar e soja no período de 1963 a 1983. Campinas, Fundação Cargill, 1986. 184p.

HAVELKA, U.O. & HARDY, R.W.F. Photosynthate as a major factor limiting nitrogen fixation by field grown legumes with emphasis on soybeans. In: NUTMAN, P.S., ed. Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge, Cambridge University Press. 1976. p.421-47.

HERRIDGE, D.P.; ROUGHLEY, R.J.; BROCKWELL, J. Low survival of Rhizobium japonicum inoculant leads to reduce nodulation, nitrogen fixation and yeald of soybean in the current crop but not in the subsequent crop. Australian Journal Agricultural Research, Victoria, 38: 75-82, 1987.

KREMER, R.J. & PETERSON, H.L. Effect of inoculant carrier on survival of Rhizobium on inoculated seed. Soil Science, Baltimore, 134(2): 117-25, 1982.

KREMER, R.J. & PETERSON, H.L. Effect of carrier and temperature on survival of Rhizobium spp in legume inocula: Development of an improved type of inoculant. Applied and Environmental Microbiology, Washington, 45(6): 1790-4, 1983.

- LABANDERA, C. Produccion y uso de inoculantes para leguminosas. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE Rhizobium, 12, Campinas, 1984. Anais. Campinas, I.A.C., 1986. p.502-11.
- LAWN, R.J. & BRUN, W.A. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I. Effects of photosynthetic source-sink manipulations. Crop Science, Madison, 14: 11-6. 1974.
- LOPES, E.S. Inoculantes para leguminosas : importância, produção e controle de qualidade. O Agrônomo, Campinas, 27/28: 73-83, 1975.
- LOPES, E.S. & GIARDINI, A.R. Survival of Rhizobium phaseoli in sterilized peat. Bragantia, Campinas, 36: XXXIX-XLII, 1977.
- LOPES, E.S.; GIARDINI, A.R.; SANCHES, L. Sobrevivência de Rhizobium japonicum em turfa esterilizada com raios gama. Bragantia, Campinas, 39: 205-8, 1980.
- LOVATO, F.E.; PEREIRA, J.C.; VIDOR, C. Flutuação populacional de estirpes de Rhizobium phaseoli na rizosfera de feijão. Revista Brasileira da Ciência do Solo, Campinas, 9: 211-8. 1985.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo. Agronômica Ceres, 1980. 254p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações.

- Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba, FEALQ, 1987. 230p.
- MARCOS FILHO, J.; GODOY, O.P.; CÂMARA, G.M.S. Soja; pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo, Secretaria da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia. FEALQ, 1982. 99p. (Extensão Agroindustrial, 7).
- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; BATAGLIA, O.C. Produção, absorção e extração por linhagem de soja que nodula e que não nodula. I. Efeito do nitrogênio mineral e da inoculação. Bragantia, Campinas, 43(2): 397-404, 1984.
- McLOUGHLIN, A. & DUNICAN, L.K. Competition studies with Rhizobium trifolii in laboratory experiments. Plant and Soil, The Hague, 88: 139-43. 1985.
- MORETTI, V.L. & SAITO, S.M.T. Crescimento e sobrevivência de Rhizobium phaseoli em torta de filtro de cana, "peat-moss" e turfa comercial. O Solo, Piracicaba, 70(1): 44-8, 1978.
- ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná. 1990/91. Cascavel, 1990. 100p. (OCEPAR. Boletim Técnico, 27).

- ORTOLANI, A.A. & CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.71-81.
- PARKER, F.E. & VINCENT, J.M. Sterelization of peat by gamma radiation. Plant and Soil, The Hague, 61(2): 285-93. 1982.
- PASARIBU, D.; MORRIS, R.A.; TORRES, R.O. Inoculation methods and nitrogen fertilizer effects on soybeans in the tropics; dry matter and seed yields. Tropical Agriculture, Trinidad, 64(4): 323-8, 1987.
- PERES, J.R.R. & SUHET, A.R. Relações de especificidade na fixação de N₂. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE Rhizobium, 12, Campinas, 1984. Anais. Campinas, I.A.C., 1986. p.445-60.
- PERES, J.R.R. & VIDOR, C. Relação entre concentração de células no inoculante e competição por sítios de infecção nodular entre estirpes de Rhizobium japonicum. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4 : 139-43, 1980.
- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T. Estabelecimento de Bradyrhizobium japonicum num solo de cerrado pela inoculação de sementes de arroz. Revista Brasileira de

- Ciência do Solo, Campinas, 13: 35-9, 1989.
- ROMANI,V.L.M. Otimização de condições para produção de inoculantes de alta qualidade para feijão (Phaseolus vulgaris L.). Piracicaba, 1989. 166p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- ROUGHLEY,R.J. The storage, quality control and use of legume seed inoculants. In: GRAHAM,P.H. & HARRIS,S.C. Biological Nitrogen Fixation. Technology for tropical agriculture. Cali, CIAT, 1981. p.115-26.
- ROVIRA,A.D. Rhizobium numbers in the rhizospheres of red clover and Paspalum in relation to soil treatment and the numbers of bacteria and fungi. Australian Journal Agriculture Research, Victoria, 12: 77-83. 1961.
- RUSCHEL, A.P. Rizobiologia; origem e distribuição do nitrogênio. In: MIYASAKA,S. & MEDINA,J.C., ed. A Soja no Brasil. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. cap.9, p.414-6.
- RUSCHEL,A.P.; SUHET,A.R.; VIANNA,R.; ALMEIDA,D.L.de. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio e da inoculação na produção de sementes, proteína e óleo em duas cultivares de soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 10: 19-23, 1975.
- SEDIYAMA,T.; DESTRO,D.; SEDIYAMA,C.S.; TRAGNAGO,J.L.; CARRARO,I.M.; COSTA,A.V. Caracterização de cultivares de

soja. Viçosa, U.F.V./ Centro de Ciências Agrárias, 1981.
81p.

SFREDO, G.J.; LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; BORKERT, C.M. Soja; nutrição mineral, adubação e calagem. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1986. 51p. (EMBRAPA/CNPSO. Documentos, 17).

SHIBLES, R.M.; ANDERSON, I.C.; GIBSON, A.H. Soybean. In: EVANS, L.T, ed. Crop Physiology. Cambridge, Cambridge University Press, 1980. p.151-89.

SMITH, S. Production and quality control of inoculants. In: ELKAN, G.H., ed. Symbiotic nitrogen fixation technology. Marcel Dekker, New York, 1987. p.391-411.

SORENSEN, R.C. & PENAS, E.J. Nitrogen fertilization of soybeans. Agronomy Journal, Madison, 70 (2): 213-6. 1978.

STRIJDOM, B.W. & DESCHODT, C.C. Carriers of rhizobia and the effects of prior treatment on the survival of rhizobia. In: NUTMAN, P.S., ed. Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge, Cambridge University Press. 1976. p.151-68.

STRIJDOM, B.W. & RENSBURG, H.J.van. Effect of steam sterilization and gamma irradiation of peat on quality of rhizobium inoculants. Applied and Environmental Microbiology, Baltimore, 41(6): 1344-7. 1981.

TORRES, R.O.; MORRIS, R.A. PASARIBU, D. Inoculation methods and

- nitrogen fertilizer effects on soybeans in the Philippines: I. nodulation and nitrogen yields. Tropical Agriculture, Trinidad, 65(3): 219-25, 1988.
- VARGAS,M.A.T. & SUHET,A.R. Efeito de tipos e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(3): 343-7. 1980.
- VARGAS,M.A.T.; PERES, J.R.R.; SUHET,A.R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(8): 1127-32, 1982.
- VIDOR,C. Microbial constrains to legume symbiosis. In: GRAHAM,P.H. & HARRIS,S.C. Biological Nitrogen Fixation. Technology for tropical agriculture. Cali, CIAT, 1981. p.183-94.
- VIDOR,C.; KOLLING,J.; FREIRE,J.R.J.; SCHOLLES,D; BROSE,E.; PEDROSO,M.H.T. Fixação biológica de nitrogênio pela simbiose entre Rhizobium e leguminosas. Porto Alegre, 1983. 51p. (IPAGRO. Boletim Técnico, 11).
- WILLIAMS,P.M. Current use of legume inoculant technology. In: ALEXANDER,M., ed. Biological nitrogen fixation; ecology, technology and physiology. New York, Plenum, 1984. p.173-200.
- ZYLBERSZTAJN,D.; FONSECA,M.A.S.; CARMO,A.S.B.; MORICOCCHI,L;

CARVALHO,P.C.T.. Estudo econômico do uso de processos biotecnológicos na agricultura. In: VIEGAS,J.A. & BARROS,D.M., org. Biotecnologia e desenvolvimento nacional. São Paulo, Secretaria, Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Depto. de Ciências e Tecnologia. 1985. cap.4, p.35-103.

APÊNDICES

Apêndice 1. Dados meteorológicos ocorridos durante o ciclo da soja, cultivar IAC-8, Piracicaba, SP.

dezembro/90				janeiro/91		
	Radiação global	Precip.	Temp média	Radiação global	Precip.	Temp. média
dia	cal/cm ² .d	mm/alt	°C	cal/cm ² .d	mm/alt	°C
1	550	0,0	26,75	535	0,0	23,85
2	547	0,0	26,75	474	0,0	25,45
3	455	2,0	27,75	259	25,2	24,05
4	460	0,0	26,60	217	14,3	23,00
5	431	0,0	26,60	521	0,0	23,05
6	542	0,0	26,30	592	0,0	23,35
7	231	9,1	26,50	568	0,0	24,50
8	267	0,0	22,05	525	0,0	25,95
9	353	0,0	21,60	447	0,0	26,05
10	325	2,3	24,05	391	14,5	25,50
11	335	0,3	25,50	265	53,8	24,75
12	423	3,4	26,35	378	0,0	24,40
13	247	11,9	25,85	518	0,0	24,65
14	157	4,0	23,05	166	22,3	24,65
15	324	0,0	23,25	321	51,2	25,15
16	503	0,0	25,55	358	1,9	25,60
17	593	0,0	24,70	455	0,0	24,30
18	521	0,0	26,15	602	0,0	23,15
19	555	17,0	26,95	403	0,0	23,95
20	478	0,0	26,35	545	0,0	24,80
21	592	0,0	25,95	544	0,0	26,15
22	607	0,0	25,85	523	0,0	26,75
23	591	0,0	26,20	516	0,0	27,05
24	528	5,6	26,10	523	0,0	26,20
25	465	3,7	25,80	304	19,5	24,20
26	547	0,0	24,20	167	22,3	23,05
27	478	0,0	23,85	287	13,6	22,10
28	601	0,6	24,60	493	10,8	25,15
29	216	0,4	20,35	475	3,7	25,20
30	662	0,0	19,25	428	4,3	24,30
31	603	0,0	22,10	285	9,2	24,35
Média	457,65		24,93	422,1		24,67
Total		61,10			266,6	

Fonte: Depto. de Física e Meteorologia - ESALQ/USP

Apêndice 2. Dados meteorológicos ocorridos durante o ciclo da soja, cultivar IAC-8, Piracicaba, SP.

fevereiro/91				março/91		
	Radiação global	Precip.	Temp. média	Radiação global	Precip.	Temp. média
dia	cal/cm ² .d	mm/alt	°C	cal/cm ² .d	mm/alt	°C
1	201	54,9	23,65	400	42,8	25,20
2	279	5,9	24,35	244	55,4	23,75
3	277	0,0	24,20	271	36,7	24,90
4	431	26,8	24,55	297	0,8	23,75
5	277	3,1	24,40	191	56,9	22,90
6	376	21,7	25,25	214	13,6	23,05
7	334	23,1	24,45	223	13,4	23,20
8	293	43,8	23,80	124	0,4	23,90
9	316	16,9	24,25	490	0,0	25,20
10	342	2,0	25,30	513	0,0	25,30
11	340	0,0	25,25	440	3,2	25,85
12	424	6,4	25,25	491	4,9	24,70
13	468	0,0	25,90	444	8,8	25,65
14	537	0,8	24,80	349	0,0	25,20
15	399	0,0	25,20	455	0,0	23,95
16	382	0,0	25,10	466	0,0	22,50
17	448	0,6	25,55	415	0,0	23,45
18	358	8,9	25,05	357	0,0	24,40
19	476	0,0	23,35	253	8,2	25,85
20	555	0,0	22,90	191	5,0	23,70
21	519	0,0	24,05	300	6,0	25,45
22	517	0,0	25,30	355	0,0	24,15
23	332	0,0	25,40	451	0,0	23,05
24	583	0,0	21,20	306	0,0	22,65
25	506	0,0	22,45	252	27,6	23,30
26	466	0,0	23,20	111	23,8	20,70
27	463	0,0	23,95	70	51,8	17,25
28	443	2,7	26,30	66	40,8	17,35
29				73	12,1	18,50
30				119	17,8	19,90
31				277	1,9	23,25
Média	405,07		24,44	297,03		23,29
Total		217,6			413,90	

Fonte: Depto. de Física e Meteorologia - ESALQ/USP

Apêndice 3. Dados meteorológicos ocorridos durante o ciclo da soja, cultivar IAC-8, Piracicaba, SP.

abril/91				maio/91		
	Radiação global	Precip.	Temp. média	Radiação global	Precip.	Temp. média
dia	cal/cm ² .d	mm/alt	°C	cal/cm ² .d	mm/alt	°C
1	456	0,0	24,20	407	0,0	19,90
2	391	0,0	23,25	374	0,0	20,90
3	439	0,0	22,75	355	0,0	20,85
4	397	0,0	23,60	379	0,0	21,30
5	294	0,0	20,60	349	0,0	21,10
6	466	0,0	21,10	165	1,1	20,30
7	409	6,9	22,30	256	0,8	20,35
8	381	0,0	24,15	142	0,0	19,60
9	401	0,0	24,40	390	0,0	18,20
10	385	0,0	23,90	325	0,0	17,60
11	396	0,0	25,10	353	0,0	18,60
12	372	0,0	24,90	352	0,0	18,50
13	96	14,2	21,20	298	0,0	19,15
14	366	0,0	24,80	200	26,1	21,55
15	414	10,0	25,85	132	6,2	19,15
16	334	0,0	24,75	211	0,0	19,00
17	394	0,0	24,80	336	0,0	17,70
18	138	4,1	22,60	350	0,0	19,60
19	144	6,8	21,55	351	0,0	20,75
20	325	0,0	19,30	327	4,9	20,85
21	432	0,0	19,80	318	3,0	20,00
22	409	0,0	20,15	304	0,0	21,40
23	429	0,0	21,05	378	0,0	20,25
24	274	73,9	20,65	325	0,0	18,75
25	165	13,7	20,15	348	0,0	18,30
26	256	0,0	21,30	315	0,0	20,10
27	370	0,0	19,60	346	0,0	20,60
28	368	0,0	18,70	349	0,0	19,60
29	378	0,0	18,85	341	0,0	19,35
30	401	0,0	20,55	334	0,0	19,05
31				325	0,0	19,05
Média	349,33		22,20	314,0		19,72
Total		129,60			42,10	

Fonte: Depto. de Física e Meteorologia - ESALQ/USP

Apêndice 4. Valores de Quadrados médios obtidos para número de nós formados por planta, em quatro estádios de desenvolvimento, para área sem histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G. L.	21 DAE	R ₂	R ₅	R ₇
			Q.M.		
Tratamentos	7	0,0645	0,3766	0,8885	0,5000
Repetições	4	0,1529	5,9735*	5,2778*	3,2659*
Resíduo	28	0,0716	0,4419	0,7432	0,4883
C.V. (%)		6,23	6,63	5,84	4,57
Média		4,29	10,03	14,77	15,29
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 5. Valores de Quadrados médios obtidos para altura de planta (cm), em quatro estádios de desenvolvimento, para área sem histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G. L.	21 DAE	R ₂	R ₅	R ₇
			Q.M.		
Tratamentos	7	3,0777	50,4348	27,9040	100,0994
Repetições	4	8,3840*	1198,6728*	1666,6329*	1114,0184*
Resíduo	28	2,3279	46,0038	109,3717	72,7747
C.V. (%)		7,54	7,33	9,17	7,03
Média		20,25	92,53	114,09	121,27
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 6. Valores de Quadrados médios obtidos para população inicial e final de planta, peso de matéria seca de nódulos (PMSNOD) (g), em dois estádios de desenvolvimento (R_2 e R_5) para área sem histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	P.INICIAL	P.FINAL	PMSNOD R_2	PMSNOD R_5
Q.M.					
Tratamentos	7	6,6179*	6,0629	0,0630*	12,8345*
Repetições	4	1,1445	2,7699	0,0049	2,7495
Resíduo	28	2,0649	2,9994	0,0035	1,9814
C.V.(%)		5,79	7,58	113,58	150,89
M-dia		24,83	22,83	0,05	0,93
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 7. Valores de Quadrados médios obtidos para peso de matéria seca de sistema radicular (PMSSR) e peso de matéria seca de parte aérea (PMSPA) (g), em dois estádios de desenvolvimento (R_2 e R_5) para área sem histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	PMSSR R_2	PMSSR R_5	PMSPA R_2	PMSPA R_5
Q.M.					
Tratamentos	7	108,5673*	50,7028	416,7954	584,2221
Repetições	4	135,3368*	135,0651*	2721,8753	4288,9576*
Resíduo	28	5,7295	33,8185	289,852	592,0647
C.V.(%)		16,85	23,23	18,16	23,84
Média		93,77	102,06	14,20	25,03
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 8. Valores de Quadrados médios obtidos número de ramificações por planta (R/pl), número de sementes por planta (S/pl), número de sementes por vagem (S/v) e número de vagens por planta (V/pl), para área sem histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	R/pl	S/pl	S/v	V/pl
		Q.M.			
Tratamentos	7	0,7564	333,5947*	0,0125	97,8926*
Repetições	4	0,2790	719,4523*	0,0023	178,9598*
Resíduo	28	0,6079	62,2695	0,0061	18,1006
C.V. (%)		32,28	14,78	4,05	15,31
Média		2,42	53,41	1,92	27,78
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 9. Valores de Quadrados médios obtidos para peso de 1.000 grãos (g) e rendimento (kg/ha) para área sem histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	PESO 1000 gr.	RENDIMENTO
		Q.M.	
Tratamentos	7	474,3095*	453011,0250
Repetições	4	110,4233	563424,4000
Resíduo	28	80,3067	35634,4000
C.V. (%)		5,72	9,12
Média		156,72	2069,73
OBS.: * significância a nível de 5%			

Apêndice 10. Valores de Quadrados médios obtidos para número de nós formados por planta, em quatro estádios de desenvolvimento, para área com histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	21 DAE	R ₂	R ₅	R ₇
Q.M.					
Tratamentos	7	0,0411	0,6311	3,0263*	0,8150
Repetições	4	0,0790	1,6554	5,2584*	0,1625
Resíduo	28	0,1254	0,7085	0,7422	0,4386
C.V.(%)		8,26	7,60	5,60	4,22
Média		4,11	11,08	15,37	15,71
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 11. Valores de Quadrados médios obtidos para altura de planta (cm), em quatro estádios de desenvolvimento, para área com histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	21 DAE	R ₂	R ₅	R ₇
Q.M.					
Tratamentos	7	1,0788	71,0691	299,9177*	72,7365
Repetições	4	5,6784	439,1154*	432,4746*	24,1215
Resíduo	28	3,3612	51,1035	90,3099	79,6371
C.V.(%)		8,83	7,12	7,72	7,19
Média		20,77	100,37	123,05	124,17
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 12. Valores de Quadrados médios obtidos para população inicial e final de planta, peso de matéria seca de nódulos (PMSNOD) (g), em dois estádios de desenvolvimento (R_2 e R_5) para área com histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	P.INICIAL	P.FINAL	PMSNOD R_2	PMSNOD R_5
Q.M.					
Tratamentos	7	7,0866	3,9972	0,0952	0,3166
Repetições	4	14,6923	2,0732	0,0580	0,5369
Resíduo	28	4,7167	2,6607	0,0914	0,2577
C.V. (%)		8,74	7,38	56,33	62,46
Média		24,86	22,10	0,5367	0,8156
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 13. Valores de Quadrados médios obtidos para peso de matéria seca de sistema radicular (PMSSR) e peso de matéria seca de parte aérea (PMSPA) (g), em dois estádios de desenvolvimento (R_2 e R_5) para área com histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	PMSSR R_2	PMSSR R_5	PMSPA R_2	PMSPA R_5
Q.M.					
Tratamentos	7	652,1994	5942,9259	7,0357	98,3014
Repetições	4	1573,4829*	23882,6781*	14,6268	323,5640*
Resíduo	28	548,0450	4328,9348	8,9654	93,4974
C.V. (%)		21,44	26,45	20,54	37,49
Média		109,19	248,71	14,57	25,79
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 14. Valores de Quadrados médios obtidos número de ramificações por planta (R/pl), número de sementes por planta (S/pl), número de sementes por vagem (S/v) e número de vagens por planta (V/pl), para área com histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	R/pl	S/pl	S/v	V/pl
		Q.M.			
Tratamentos	7	0,4103	285,1577	0,0153*	81,1825
Repetições	4	0,4340	1228,0073*	0,0058	292,6809*
Resíduo	28	0,4760	433,1984	0,0057	102,1532
C.V. (%)		25,65	26,52	3,95	24,83
Média		2,69	78,49	1,91	40,70
OBS.: * significância a nível de 5%					

Apêndice 15. Valores de Quadrados médios obtidos para peso de 1.000 grãos (g) e rendimento (kg/ha) para área com histórico de inoculação.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	PESO 1000 gr.	RENDIMENTO
		Q.M.	
Tratamentos		54,8739	209590,0430
Repetições		59,8185	47299,4380
Resíduo		32,0466	113484,9090
C.V. (%)		3,25	11,31
Média		173,99	2979,75
OBS.: * significância a nível de 5%			

Apêndice 16. Quadrados médios do resíduo obtidos na análise de variância dos dados referentes às variáveis, para as áreas sem histórico (A) e com histórico (B) de inoculação.

Caracter	ÁREA A	ÁREA B	QMr1/QMr2
	QMr	QMr	
n ^o de nós			
21 d.a.e.	0,0716	0,1254	1,75
R ₂	0,4419	0,7085	1,60
R ₅	0,7432	0,7422	1,00
R ₇	0,4883	0,4386	1,11
altura de planta			
21 d.a.e.	2,3279	3,3612	1,44
R ₂	46,0038	51,1035	1,11
R ₅	109,3717	90,3099	1,21
R ₇	72,7746	79,6371	1,09
pop. inicial	2,0649	4,7167	2,28
pop. final	2,9993	2,6607	1,13
peso de mat. seca de sist. radic.			
R ₂	5,7294	8,9654	1,56
R ₅	33,8185	93,4974	2,76
peso de mat. seca de nódulos			
R ₂	0,0035	0,0914	26,11
R ₅	1,9814	0,2577	7,69
peso de mat. seca de parte aérea			
R ₂	289,8452	548,0450	1,89
R ₅	592,0647	4328,9348	7,31
n ^o ramif/pl	0,6078	0,4760	1,28
n ^o sem./pl	62,2995	433,1984	6,95
n ^o sem./vag	0,0061	0,0057	1,07
n ^o vag./pl	18,1006	102,1532	5,64
peso 1.000 gr.	80,3067	32,0466	2,50
rendimento	38210,4040	113484,9090	2,97

QMr : Quadrado médio do resíduo

QMr1 : Quadrado médio do resíduo maior

QMr2 : Quadrado médio do resíduo menor

d.a.e.: dias após a emergência