

## Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio pela Inoculação de Estirpes de *Bradyrhizobium* em Soja, no Estado de Mato Grosso do Sul



**República Federativa do Brasil**  
*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**  
*Roberto Rodrigues*  
Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**  
*Luis Carlos Guedes Pinto*  
Presidente

*Clayton Campanhola*  
Vice-Presidente  
*Alexandre Kalil Pires*  
*Ernesto Paterniani*  
*Hélio Tollini*  
*Marcelo Barbosa Saintive*  
Membros

**Diretoria-Executiva**  
*Clayton Campanhola*  
Diretor-Presidente

*Gustavo Kauark Chianca*  
*Herbert Cavalcante de Lima*  
*Mariza Marilena T. Luz Barbosa*  
Diretores-Executivos

**Embrapa Agropecuária Oeste**  
*Mário Artemio Urchei*  
Chefe-Geral  
*Renato Roscoe*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
*Auro Akio Otsubo*  
Chefe-Adjunto de Administração



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1679-043X

Dezembro, 2004

## **Documentos**68

# **Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio pela Inoculação de Estirpes de *Bradyrhizobium* em Soja, no Estado de Mato Grosso do Sul**

Fábio Martins Mercante

Auro Akio Otsubo

Luiz Alberto Staut

Dourados, MS  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agropecuária Oeste**

BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó  
Caixa Postal 661  
79804-970 Dourados, MS  
Fone: (67) 425-5122  
Fax: (67) 425-0811  
www.cpao.embrapa.br  
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Renato Roscoe*

Secretário-Executivo: *Rômulo Penna Scorza Júnior*

Membros: *Amoacy Carvalho Fabricio, Clarice Zanoni Fontes, Eli de Lourdes Vasconcelos, Fernando Mendes Lamas e Gessi Ceccon*

Editoração eletrônica, Revisão de texto e Supervisão editorial:

*Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Fotos da capa: *Fábio Martins Mercante*

**1ª edição**

1ª impressão (2004): online

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

CIP-Catálogo-na-Publicação.

*Embrapa Agropecuária Oeste.*

---

Mercante, Fábio Martins

Eficiência da fixação biológica de nitrogênio pela inoculação de estirpes de *Bradyrhizobium* em soja, no Estado de Mato Grosso do Sul / Fábio Martins

Mercante, Auro Akio Otsubo, Luiz Alberto Staut. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004.

32 p. ; 21 cm. (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X ; 68).

1. Soja - Inoculação - *Bradyrhizobium* - Fixação de nitrogênio - Brasil - Mato Grosso do Sul. 2. *Bradyrhizobium* - Soja - Inoculação - Fixação de nitrogênio - Brasil - Mato Grosso do Sul. I. Otsubo, Auro Akio. II. Staut, Luiz Alberto. III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Título. V. Série.

---

# **Autores**

## **Fábio Martins Mercante**

Eng. Agrôn., Pesquisador, Dr.,  
Embrapa Agropecuária Oeste,  
Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS.  
Fone: (67) 425-5122, Fax: (67) 425-0811  
E-mail: mercante@cpao.embrapa.br

## **Auro Akio Otsubo**

Eng. Agrôn., Pesquisador, M.Sc.,  
Embrapa Agropecuária Oeste,  
Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS.  
Fone: (67) 425-5122, Fax: (67) 425-0811  
E-mail: auro@cpao.embrapa.br

## **Luiz Alberto Staut**

Eng. Agrôn., Pesquisador, M.Sc.,  
Embrapa Agropecuária Oeste,  
Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS.  
Fone: (67) 425-5122, Fax: (67) 425-0811  
E-mail: staut@cpao.embrapa.br



# Apresentação

A elevada demanda de nitrogênio pela cultura da soja exige um eficiente funcionamento do sistema simbiótico com bactérias diazotróficas, capaz de garantir o suprimento desse nutriente nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, a obtenção de elevados níveis de produtividade.

Nesta publicação, são apresentados os resultados de estudos conduzidos na *Embrapa Agropecuária Oeste*, visando avaliar a eficiência das estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas pela pesquisa para a produção comercial de inoculantes no Brasil, quando inoculadas em soja cultivada sob sistemas de plantio direto ou convencional (aração e gradagem). Estes estudos fazem parte de um amplo projeto de pesquisa que vêm sendo conduzido por pesquisadores da área de microbiologia do solo nas principais regiões produtoras de soja do país, procurando selecionar estirpes de rizóbio que proporcionem taxas mais elevadas de fixação de  $N_2$  e que sejam capazes de competir com outras estirpes estabelecidas no solo, visando suprir a demanda de N pelas cultivares de soja, que, a cada ano, são disponibilizadas para cultivo no País.

**Mário Artemio Urchei**  
Chefe-Geral  
Embrapa Agropecuária Oeste





# Sumário

<b>Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio pela Inoculação de Estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> em Soja, no Estado de Mato Grosso do Sul</b> .....	9
<b>Resumo</b> .....	9
<b>Abstract</b> .....	11
<b>Introdução</b> .....	13
<b>Material e Métodos</b> .....	16
<i>Caracterização das áreas experimentais e sistemas de manejo do solo</i> .....	16
<i>Delineamento experimental</i> .....	16
<b>Resultados</b> .....	17
Safrá 2000/2001.....	17
Safrá 2001/2002.....	20
Safrá 2002/2003.....	26
<b>Conclusões</b> .....	30
<b>Agradecimentos</b> .....	30
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	31



# Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio pela Inoculação de Estirpes de *Bradyrhizobium* em Soja, no Estado de Mato Grosso do Sul

---

*Fábio Martins Mercante*

*Auro Akio Otsubo*

*Luiz Alberto Staut*

## Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência das estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas pela pesquisa para a produção comercial de inoculantes no Brasil, quando inoculadas em soja cultivada sob sistemas de plantio direto ou convencional (aração e gradagem). Os experimentos foram conduzidos nas safras agrícolas 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003, nos Municípios de Dourados e Ponta Porã, MS. Na safra 2000/2001, o ensaio foi conduzido sob sistema convencional, enquanto nas outras safras os experimentos foram conduzidos sob sistema plantio direto, após o cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*) ou trigo (*Triticum aestivum* L.).

Na safra 2000/2001 avaliaram-se os seguintes tratamentos: controle não inoculado; controle sem inoculação e com aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia, sendo 50% no plantio e 50% no florescimento; estirpes SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5079 e SEMIA 5080, inoculadas individualmente, e as combinações das estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5019 e SEMIA 5079 + SEMIA

5080. Nas safras 2001/2002 e 2002/2003 foram acrescentados os tratamentos com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia, aplicados no plantio, e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia, em quatro aplicações (plantio, início de florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos). Na safra 2001/2002, sob sistema plantio direto, a inoculação pela estirpe SEMIA 5019 promoveu um incremento de cerca de 22% no rendimento de grãos na cultura da soja em relação ao tratamento-controle não inoculado. Em ambos os ensaios não foram detectados incrementos no rendimento de grãos pela aplicação de adubo nitrogenado, independente da dose utilizada e da época de aplicação. De modo geral, os controles sem inoculação não apresentaram diferenças significativas da maioria dos tratamentos com plantas inoculadas, para os rendimentos de grãos de soja, nas três safras avaliadas. Esta falta de resposta à inoculação pode ser atribuída à população estabelecida de *Bradyrhizobium* nas áreas experimentais, que mostraram uma elevada eficiência simbiótica.

**Palavras-chave:** Simbiose, *Glycine max* (L.) Merrill, *Bradyrhizobium*.

## **Efficiency of Biological Nitrogen Fixation by Strains of *Bradyrhizobium* in Soybean, Mato Grosso do Sul State, Brazil**

### **Abstract**

This study was carried out to evaluate the efficiency of the *Bradyrhizobium* strains as recommended by research, in soybean crop under conventional (disk plowing) and no-tillage systems. These experiments were carried out in the 2000/2001, 2001/2002 and 2002/2003 cropping seasons, in Dourados and Ponta Porã, Mato Grosso do Sul State. In the season of 2000/2001, the cropping system was conventional, while in the other seasons the experiments were conducted in areas cultivated under no-tillage systems, after cropping of *Triticum aestivum* L. or *Avena strigosa*.

In the season of 2000/2001, the treatments were: non-inoculated control; 200 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen fertilizer, split twice and without inoculation; the commercial strains SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5079 and SEMIA 5080, tested individually, and the combinations of the strains SEMIA 587 + SEMIA 5019 and SEMIA 5079 + SEMIA 5080. In the seasons 2001/2002 and 2002/2003,

the treatments with 30 (at sowing) and 120 kg ha<sup>-1</sup> (split four times) of nitrogen fertilizer were added. In the season of 2001/2002, under no-tillage system, the inoculation by SEMIA 5019 strain promote a increase around 22% higher of soybean grain yield in relation to non-inoculated control. In all experiments, the addition of 200 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen fertilizer decreased nodules dry weight and did not increased soybean grain yield in relation to majority of the plants inoculated. Similarly, the addition of others treatments with nitrogen fertilizers did not increased soybean grain yield. The non-inoculated control did not differ significantly from the majority of the treatments with plants inoculated, for soybean grain yield evaluation, during the three cropping seasons. This lack of soybean response to inoculation may be attributed to the established population of *Bradyrhizobium*, that showed a high symbiotic efficiency.

**Index terms:** Symbiosis, *Glycine max* (L.) Merrill, *Bradyrhizobium*.

## **Introdução**

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] teve um grande desenvolvimento nas últimas três décadas no Brasil, sendo, atualmente, a principal fonte de divisas de exportação agrícola e responsável pelo superávit da balança comercial do país. O Estado de Mato Grosso do Sul vem se destacando entre os principais produtores de grãos dessa oleaginosa, obtendo uma produção de 3,25 milhões de toneladas na safra 2001/2002, numa área de 1,17 milhões de hectares, atingindo uma produtividade de 2.777 kg ha<sup>-1</sup> (Agrianual, 2002).

O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira estão associados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo. Entre os trabalhos de pesquisa que têm contribuído para viabilizar economicamente a cultura da soja no Brasil, encontram-se os estudos sobre a nutrição da planta, especialmente em relação ao suprimento de nitrogênio (N). Neste contexto, os elevados teores de proteínas encontrados nos grãos de soja (cerca de 40%) fazem do N o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura.

Desse modo, as principais fontes de fornecimento de N à cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e o processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>). A baixa eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados (em torno de 50%) pelas plantas conduz a estimativas da necessidade de 480 kg de N para a produção de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de soja (Hungria et al., 2001). Considerando-se a aplicação de uréia (45% de N), seriam necessários 1.067 kg desse fertilizante para obtenção dessa produtividade, o que inviabilizaria economicamente a cultura no Brasil. Além disso, deve-se considerar os graves problemas ambientais provocados pelo efeito potencialmente poluidor do nitrato lixiviado no solo, resultante do uso indiscriminado de

fertilizantes nitrogenados, como tem sido verificado em diversos países da Europa.

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) resulta da transformação do  $N_2$  em amônia ( $NH_3$ ), intermediado pela enzima dinitrogenase, presente em determinados grupos de bactérias. No caso da soja, a simbiose ocorre com bactérias das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, sendo capazes de formar uma estrutura especializada (nódulo) nas raízes, onde captam o  $N_2$  atmosférico, que, após a sua transformação, poderá então ser utilizada pela planta. Em troca, a planta fornece à bactéria energia obtida através da fotossíntese. Assim, forma-se uma perfeita associação, sendo planta e bactéria mutuamente favorecidas.

Contudo, a elevada demanda de N pela cultura da soja exige um eficiente funcionamento do sistema simbiótico com bactérias diazotróficas, capaz de garantir o suprimento desse nutriente nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, a obtenção de elevados níveis de produtividade. Por outro lado, um sistema simbiótico ineficiente exigiria a aplicação de fertilizantes nitrogenados, que poderia inviabilizar economicamente a cultura no Brasil. Conforme modelo apresentado por Alves et al. (2000), o processo de FBN é iniciado para a cultura da soja quando o N disponível do solo já não é mais suficiente para atender a demanda da cultura. Nas áreas sob plantio direto, onde a disponibilidade de N é baixa, principalmente nos primeiros anos de implantação, o processo de FBN é iniciado precocemente, o que não se observa em áreas de plantio convencional. Sob plantio convencional, a disponibilidade de N mineral do solo é aumentada com a perturbação do solo pela mecanização, e a FBN somente se inicia mais tarde quando o N mineral do solo passa a limitar o desenvolvimento da planta. Assim, deve-se destacar que a FBN é estimulada no Sistema Plantio Direto, onde têm sido verificados incrementos no número de células



viáveis de *Bradyrhizobium*, na nodulação da raízes e no rendimento de grãos de soja (Hungria, 2000).

A pesquisa brasileira vem produzindo trabalhos significativos para a maximização da eficiência simbiótica na interação entre soja e estirpes de rizóbio, visando à obtenção de incrementos na produtividade da cultura.

Trabalhos contínuos vêm sendo conduzidos por pesquisadores da área de microbiologia do solo, procurando selecionar estirpes de rizóbio que proporcionem taxas mais elevadas de fixação de N<sub>2</sub> e que sejam capazes de competir com outras estirpes estabelecidas no solo, visando suprir a demanda de N pelas cultivares de soja, que, a cada ano, são disponibilizadas para o cultivo no país.

Atualmente, são recomendadas quatro estirpes para a produção de inoculantes comerciais para a cultura da soja no Brasil, sendo duas da espécie *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 = CPAC 15 e SEMIA 5080 = CPAC 7) e duas da espécie *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 587 e SEMIA 5019). Devido à elevada eficiência já demonstrada por todas essas estirpes, a pesquisa as disponibiliza para a indústria, que utiliza quaisquer combinações aos pares para a composição do produto comercial.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivos avaliar o efeito da reinoculação da soja em solos sob sistema plantio direto ou convencional, identificar as estirpes e/ou combinações de estirpes de *Bradyrhizobium* mais eficientes nas condições edafoclimáticas de Mato Grosso do Sul, além de verificar os efeitos da aplicação de diferentes doses de adubo nitrogenado na cultura da soja.

## **Material e Métodos**

### ***Caracterização das áreas experimentais e sistemas de manejo do solo***

Os experimentos foram conduzidos nas safras agrícolas 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003, nos Municípios de Dourados e Ponta Porã, MS, em solos classificados como Latossolo Vermelho distroférrico típico, de textura muito argilosa e Latossolo Vermelho distrófico típico, de textura média, respectivamente.

Na safra 2000/2001, o ensaio foi conduzido sob sistema convencional, enquanto nas outras safras os experimentos foram conduzidos sob Sistema Plantio Direto, após o cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*) ou trigo (*Triticum aestivum* L.).

Todas as parcelas experimentais foram implantadas em área de cultivo tradicional de soja, com população estabelecida de *Bradyrhizobium* sp.

### ***Delineamento experimental***

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com seis repetições. Cada parcela experimental constituiu-se por seis linhas de 4,0 m, com espaçamento de 0,45 m entre si. Os rendimentos de grãos foram calculados em duas linhas, dispensando-se 0,50 m de cada extremidade

## **Resultados**

As avaliações foram realizadas em quatro ensaios, nas safras agrícolas de 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003. Os resultados apresentados a seguir estão descritos por cada safra individualmente.

Em todos os ensaios, a adubação de manutenção (sem nitrogênio) foi efetuada de acordo com as necessidades indicadas pela análise química do solo. Aos 45 dias após a semeadura, aplicou-se Mo e Co via foliar, na dose de 30 g/ha de Mo e 2 g/ha de Co.

### ***Safra 2000/2001***

No ensaio conduzido na safra agrícola de 2000/2001, as parcelas experimentais foram implantadas em área com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, com médias entre  $10^4$  e  $10^5$  células  $g^{-1}$  de solo, na camada de 0-0,15 m de profundidade.

A análise do tecido foliar das plantas de soja amostradas no florescimento da cultura demonstrou teores de fósforo (P) semelhantes entre os tratamentos (Tabela 1). Os teores de K foram mais elevados nas plantas inoculadas com as estirpes SEMIA 587, SEMIA 5019 e SEMIA 5079, apresentando concentrações no nível de suficiência ou médio. Plantas inoculadas com as combinações de estirpes ou plantas sem inoculação apresentaram baixos teores de K nas folhas. Quanto aos demais nutrientes, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos.

**Tabela 1.** Análise de tecido foliar de plantas de soja, var. BRS 182, amostradas no florescimento da cultura. Valores médios de seis amostras. Dourados, MS. Safra agrícola 2000/2001.

Tratamento	P			K			Ca			Mg			S			Cu			Fe			Mn			Zn			B		
	g/kg									mg/kg																				
Testemunha sem inoculação (TSI)	2,23	16,0	7,3	1,9	1,3	1,3	3,3	208	172	52,1	38,8																			
(TSI) + 200 kg/ha <sup>-1</sup> de N <sup>(1)</sup>	2,35	16,3	6,8	1,9	1,7	1,7	4,2	151	176	58,8	35,9																			
SEMIA 587	2,41	17,9	7,1	1,9	1,5	1,5	2,4	174	176	55,2	36,2																			
SEMIA 5019	2,24	17,2	7,5	1,9	1,7	1,7	3,3	245	180	59,8	39,7																			
SEMIA 5079	2,25	17,3	7,0	2,0	1,8	1,8	3,8	152	187	72,9	38,0																			
SEMIA 5080	2,39	15,8	6,8	1,8	1,5	1,5	3,0	250	162	64,5	40,5																			
SEMIA 587 + SEMIA 5019	2,29	15,9	7,08	1,9	1,5	1,5	5,5	222	187	61,1	48,5																			
SEMIA 5079 + SEMIA 5019	2,44	15,5	7,8	1,9	1,7	1,7	4,8	212	167	55	38,6																			

<sup>(1)</sup> Aplicação parcelada em 50% no plantio e 50% no florescimento.

Os teores de N foliar foram semelhantes entre todos os tratamentos, independente das plantas serem inoculadas ou adubadas com N-mineral (200 kg N-uréia/ha, parcelados em duas vezes), conforme dados apresentados na Tabela 2. A massa nodular das plantas foi reduzida significativamente pela adubação nitrogenada, quando comparada com as plantas inoculadas com as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019, individualmente ou associadas, e pela combinação das estirpes SEMIA 5079 + SEMIA5019 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Avaliação do número de nódulos, matéria seca da parte aérea e de nódulos, teor foliar de N e rendimento de grãos de soja, var. BRS 182, utilizando-se inoculantes ou adubação nitrogenada. Dourados, MS. Safra agrícola 2000/2001.

Tratamento	Nº de nódulos planta <sup>-1</sup>	Matéria seca planta <sup>-1</sup>		Teor foliar de N (g kg <sup>-1</sup> )	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
		Nódulos	Parte aérea		
Testemunha sem inoculação (TSI)	32,3 a	84,2 ab	17,1 b	42,9 a	3.712 a
TSI + 200 kg/ha N <sup>(1)</sup>	20,6 a	17,2 b	20,5 ab	43,2 a	4.004 a
SEMIA 587	39,0 a	113,2 a	18,8 ab	40,8 a	3.721 a
SEMIA 5019	42,3 a	137,4 a	19,0 ab	41,4 a	3.592 a
SEMIA 5079	72,0 a	88,0 ab	24,5 a	42,2 a	3.616 a
SEMIA 5080	37,3 a	94,7 ab	18,4 ab	42,8 a	3.624 a
SEMIA 587 + SEMIA 5019	57,7 a	109,3 a	19,9 ab	43,0 a	3.923 a
SEMIA 5079 + SEMIA 5080	44,4 a	123,6 a	19,1 ab	42,4 a	3.608 a
CV (%)	102,0	25,9	64,4	7,2	8,8

<sup>(1)</sup> Aplicação parcelada em 50% no plantio e 50% no florescimento.

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si (Duncan, 5%).

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas inoculadas com a estirpe SEMIA 5079 foi superior àquela obtida pelas plantas não inoculadas e que não receberam adubação nitrogenada. Contudo, não foram detectadas diferenças significativas entre as plantas inoculadas e as plantas adubadas com N mineral, independentemente da estirpe e/ou combinação de estirpes inoculadas.

Quanto ao rendimento de grãos na cultura da soja, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, demonstrando que independente da estirpe e/ou combinação de estirpes de *B. japonicum* e/ou *B. elkanii* utilizadas, a adubação nitrogenada com 200 kg de N. ha<sup>-1</sup> não proporcionou incrementos no rendimento da cultura. Os resultados demonstraram ainda que não houve diferenças quanto ao rendimento de grãos de soja entre os tratamentos com plantas inoculadas com rizóbio e os controles sem inoculação, o que poderia ser explicado pelas elevadas populações de *Bradyrhizobium* estabelecidas na área experimental utilizada, atingindo cerca de 105 células/g de solo.

### **Safra 2001/2002**

Na safra agrícola 2001/02, os ensaios para avaliação da eficiência simbiótica das estirpes de *Bradyrhizobium* sp. e do efeito da aplicação de doses de adubo nitrogenado na cultura da soja foram conduzidos sob sistema plantio direto, em sucessão às culturas de aveia preta (*Avena strigosa*) e trigo (*Triticum aestivum* L.), nos campos experimentais da *Embrapa Agropecuária Oeste* em Dourados e Ponta Porã, MS, respectivamente. As estirpes comerciais de *Bradyrhizobium* para a cultura da soja foram avaliadas individualmente e em combinações aos pares. Além desses tratamentos, no campo experimental em Ponta Porã, foram incluídos controles sem inoculação e com diferentes doses de N-uréia, sem inoculação: 30 kg ha<sup>-1</sup>, na semeadura; 120 kg ha<sup>-1</sup>, em

quatro aplicações (semeadura, início de florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos) e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , 50% na semeadura e 50% no florescimento. Em ambos os ensaios, os inoculantes foram adicionados na dose de 500 g/50 kg de sementes, utilizando como adesivo, solução açucarada a 10%, na dosagem de 300 ml de solução/500 g de inoculante.

A análise do tecido foliar das plantas de soja, amostradas no florescimento da cultura, demonstrou teores de fósforo (P) semelhantes entre os tratamentos, apresentando níveis baixos e suficientes, respectivamente, nos ensaios conduzidos em Dourados e Ponta Porã (Tabelas 3 e 4). Os teores dos demais nutrientes apresentaram-se com concentrações no nível de suficiência ou médio, em ambos os locais, com exceção do zinco que, em Ponta Porã, apresentou níveis baixos (Tabelas 3 e 4).

No ensaio conduzido em Dourados não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para número de nódulos, produção de matéria seca da parte aérea e teores de N-total da parte aérea das plantas (Tabela 5). Entretanto, houve redução da massa nodular das plantas supridas com N mineral ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ), quando comparadas com plantas inoculadas com as estirpes SEMIA 587, SEMIA 5019 e com a combinação das estirpes SEMIA 5079 + SEMIA 5080. A inoculação das estirpes SEMIA 5079, SEMIA 5080 e da combinação das estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5019 proporcionou uma produção de massa nodular, respectivamente, 54%, 56% e 53% superior àquela obtida com as plantas supridas com  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-uréia (Tabela 5). Os maiores rendimentos de grãos foram verificados nas plantas inoculadas com a estirpe SEMIA 5019, não diferindo estatisticamente das plantas inoculadas com a estirpe SEMIA 5079 ou adubadas com N mineral ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Em relação ao tratamento sem inoculação, observaram-se incrementos no rendimento de grãos em torno de 22% pela reinoculação da estirpe SEMIA 5019 (Tabela 5). A diagnose foliar das plantas indicou que os teores de N acumulados estiveram na faixa de suficiência em todos os tratamentos.

No campo experimental de Ponta Porã, verificou-se uma redução significativa da massa nodular nas raízes das plantas adubadas com 200 kg ha<sup>-1</sup>, em relação aos demais tratamentos. A produção de matéria seca da parte aérea foi similar entre os tratamentos com plantas adubadas com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia e as plantas inoculadas com as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5079 + SEMIA 5080. Do mesmo modo não houve diferença estatística entre as plantas adubadas com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia e as plantas inoculadas com as estirpes SEMIA 5019, SEMIA 5079, SEMIA 587 + SEMIA 5019 e SEMIA 5079 + SEMIA 5080, em relação ao acúmulo de N-total na parte aérea e rendimento de grãos da cultura (Tabela 6).

**Tabela 3.** Conteúdo de nutrientes observados na análise de tecido foliar de plantas de soja, var. BRS 182, amostradas no florescimento da cultura. Valores médios de seis amostras. Dourados, MS.

Tratamento	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	g/kg					mg/kg				
1. Testemunha sem inoculação (TSI)	2,0	11,1	8,7	2,7	2,6	6	85	93,8	38	40
2. (TSI) + 200 kg/ha N <sup>(1)</sup>	2,2	13,0	9,8	2,9	3,0	7,7	100	114	42	41
3. SEMIA 587	2,3	12,9	9,6	3,1	2,9	8,2	106	116	46	39
4. SEMIA 5019	2,1	13,4	10,5	3,0	3,4	8,2	100	113	45	37
5. SEMIA 5079	2,1	13,5	9,7	3,1	3,1	8,0	95	106	48	38
6. SEMIA 5080	2,2	12,8	9,8	4,0	3,1	7,8	96	119	51	40
7. SEMIA 587 + SEMIA 5019	2,1	13,9	10,2	3,1	3,3	8,8	92	110	48	39
8. SEMIA 5079 + SEMIA 5019	2,3	12,9	10,7	3,3	3,3	9,2	102	110	48	39

<sup>(1)</sup> Aplicação de N-uréia parcelada em 50% na semeadura e 50% no florescimento.



**Tabela 4.** Conteúdo de nutrientes observados na análise de tecido foliar de plantas de soja, var. BRS 182, amostradas no florescimento da cultura. Valores médios de seis amostras. Ponta Porã, MS.

Tratamento	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	g/kg					mg/kg				
1. Testemunha sem inoculação (TSI)	3,2	19,4	7,7	2,8	5,0	8,0	106	30	9	37
2. TSI + 200 kg/ha N <sup>(1)</sup>	2,8	18,2	7,0	2,7	5,0	9,0	94	38	12	32
3. TSI + 120 kg/ha N <sup>(2)</sup>	2,6	17,8	7,1	2,6	4,9	7,3	92,3	34	10	31
4. TSI + 30 kg/ha N <sup>(3)</sup>	2,8	17,1	7,0	2,6	4,7	9,0	97,2	34	13	35
5. SEMIA 587	2,6	15,8	6,7	2,6	5,0	8,3	96,5	31	10	30
6. SEMIA 5019	2,6	15,6	6,9	2,5	5,2	8,3	104	33	14	33
7. SEMIA 5079	2,7	16,6	6,6	2,6	5,1	8,0	106	34	14	31
8. SEMIA 5080	2,8	19,2	7,5	2,7	5,1	7,3	99,2	36	12	33
9. SEMIA 587 + SEMIA 5019	2,5	16,5	7,0	2,8	4,7	7,3	89	29	12	35
10. SEMIA 5079 + SEMIA 5019	2,6	18,5	7,4	2,8	5,0	6,0	92,2	38	11	33

<sup>(1)</sup> Aplicação de N-uréia parcelada em 50% na semente e 50% no florescimento.

<sup>(2)</sup> 120 kg N-uréia ha<sup>-1</sup>, parcelados em quatro aplicações: plantio, início do florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos.

<sup>(3)</sup> Aplicação de N-uréia no plantio.

**Tabela 5.** Avaliação do número de nódulos, matéria seca da parte aérea, peso de nódulos secos e teor foliar de N de plantas de soja, var. BRS 182, cultivadas sob plantio direto, em Dourados, MS.

Tratamento	Nº de nódulos planta <sup>-1</sup>	Matéria seca planta <sup>-1</sup>		Teor foliar de N (g kg <sup>-1</sup> )	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
		Nódulos	Parte aérea		
Testemunha sem inoculação (TSI)	17,7 a <sup>(2)</sup>	72,8 ab	4,2 a	48,9 a	3.141 bc
TSI + 200 kg N <sup>(1)</sup>	23,2 a	37,4 b	5,0 a	49,4 a	3.798 ab
SEMIA 587	19,7 a	71,1 ab	3,5 a	46,7 a	2.956 c
SEMIA 5019	17,6 a	59,2 ab	3,8 a	50,6 a	4.052 a
SEMIA 5079	27,0 a	80,6 a	3,6 a	46,8 a	3.423 abc
SEMIA 5080	20,2 a	84,6 a	3,6 a	49,2 a	2.942 c
SEMIA 587 + SEMIA 5019	25,5 a	79,5 a	4,6 a	49,7 a	3.219 bc
SEMIA 5079 + SEMIA 5080	21,9 a	72,8 ab	5,0 a	50,6 a	3.211 bc
CV (%)	40,8	45,4	31,7	7,1	17,8

(1) Aplicação parcelada em 50% no plantio e 50% no florescimento.

(2) Valores médios de seis repetições. Letras diferentes nas colunas contrastam médias pelo teste de Duncan (p 0,05).

**Tabela 6.** Avaliação do número de nódulos, matéria seca da parte aérea, peso de nódulos secos e teor foliar de N de plantas de soja, var. BRS 182, cultivadas sob plantio direto, em Ponta Porã, MS.

Tratamento	Nº de nódulos planta <sup>-1</sup>	Matéria seca planta <sup>-1</sup>		Teor foliar de N (g kg <sup>-1</sup> )	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
		Nódulos	Parte aérea		
Testemunha sem inoculação (TSI)	55,4 a	302,4 a	8,5 b	58,3 b	2.006 b
TSI + 200 Kg N <sup>(2)</sup>	43,7 a	108,0 b	14,0 a	59,8 a	2.453 a
TSI + 120 Kg N <sup>(3)</sup>	58,2 a	268,5 a	13,2 ab	61,5 ab	2.054 ab
TSI + 30 Kg N <sup>(4)</sup>	47,3 a	230,5 a	8,2 b	58,2 b	2.022 b
SEMIA 587	48,9 a	249,5 a	9,8 ab	58,5 b	1.959 b
SEMIA 5019	50,1 a	281,8 a	8,4 b	58,8 ab	2.133 ab
SEMIA 5079	60,0 a	299,5 a	9,1 b	59,3 ab	2.242 ab
SEMIA 5080	53,7 a	316,7 a	8,6 b	58,2 b	2.034 b
SEMIA 587 + SEMIA 5019	52,8 a	281,6 a	8,4 b	58,8 ab	2.453 ab
SEMIA 5079 + SEMIA 5080	54,3 a	335,1 a	10,5 ab	57,4 ab	2.149 ab
CV (%)	32,8	33,4	38,7	4,1	14,6

<sup>(1)</sup> Valores médios de seis repetições. Letras diferentes nas colunas contrastam médias pelo teste de Duncan (p 0,05).

<sup>(2)</sup> Aplicação parcelada em 50% no plantio e 50% no florescimento.

<sup>(3)</sup> 120 kg ha<sup>-1</sup>, parcelados em quatro aplicações: plantio, início do florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos.

<sup>(4)</sup> Aplicação no plantio.

A falta de resposta à adubação nitrogenada no rendimento de grãos da soja sob Sistema Plantio Direto também foi observada em diversos ensaios conduzidos no Paraná (Hungria, 2000; Crispino et al., 2001), Rio Grande do Sul (Campos et al., 2001), Mato Grosso (Loureiro et al., 2001) e nos Cerrados (Mendes et al., 2000). De modo semelhante ao observado nos ensaios conduzidos em Mato Grosso do Sul, a prática da reinoculação nos Estados acima mencionados também proporcionou ganhos no rendimento de grãos da cultura da soja.

Com base na diagnose foliar, os teores de N acumulados pelas plantas estiveram na faixa de nível alto, independente do tratamento.

De modo geral, os resultados demonstraram ainda que não houve diferenças quanto ao rendimento de grãos de soja entre os tratamentos com plantas inoculadas com rizóbio e os controles sem inoculação, o que poderia ser explicado pelas elevadas populações de *Bradyrhizobium* estabelecidas na área experimental utilizada, atingindo cerca de  $10^5$  células  $g^{-1}$  de solo.

### **Safra 2002/2003**

Na safra Na safra agrícola 2002/03, foram avaliados os mesmos tratamentos do ensaio conduzido em Ponta Porã, MS, da safra anterior. O ensaio experimental foi conduzido sob sistema plantio direto, em sucessão à cultura de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), no campo experimental da *Embrapa Agropecuária Oeste*, em Dourados, MS.

A análise do tecido foliar das plantas de soja, amostradas no florescimento da cultura, demonstrou teores dos nutrientes P, K,

Ca, Mg, S, Cu Fe, Zn e B em nível de suficiência ou médio. Apenas os teores de Mn apresentaram-se em níveis altos (Tabela 7). Os teores de N-total na parte aérea foram semelhantes nas plantas inoculadas, nos tratamentos adubados com 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia e no tratamento onde as sementes não haviam sido inoculadas. Embora as plantas adubadas com 200 kg N ha<sup>-1</sup> tenham apresentados os teores de N- total na parte aérea mais elevados, estes valores não diferiram significativamente da maioria dos tratamentos avaliados (Tabela 8). Os resultados indicaram que a adubação nitrogenada afetou a nodulação, reduzindo o número e a massa seca de nódulos, especialmente no tratamento correspondente à dose mais elevada (200 kg N ha<sup>-1</sup>), conforme apresentado na Tabela 8. As plantas correspondentes ao tratamento com adubação de 200 kg N ha<sup>-1</sup> apresentaram uma redução de 79% na massa seca de nódulos, em relação às plantas cujas sementes foram inoculadas com a combinação das estirpes SEMIA 5079 + SEMIA 5080. Quanto à produção de matéria seca da parte aérea das plantas de soja, não foram detectadas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (Tabela 8). O rendimento de grãos de soja correspondente ao tratamento com adubação de 200 kg N ha<sup>-1</sup> foi semelhante ao apresentado pelas plantas inoculadas com as estirpes SEMIA 587, SEMIA 5079 e pelas combinações das estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5019 e SEMIA 5079 + SEMIA 5080. As plantas não inoculadas (controle) apresentaram rendimentos de grãos similares aos demais tratamentos, o que pode ser atribuído ao estabelecimento de altas populações de *Bradyrhizobium* (cerca de 10<sup>6</sup> células/g de solo), que demonstraram uma elevada eficiência simbiótica.

**Tabela 7.** Conteúdo de nutrientes observados na análise de tecido foliar de plantas de soja, var. BRS 182, amostradas no florescimento da cultura. Valores médios de seis amostras. Safra 2002/03, Dourados, MS.

Tratamento	g/kg			mg/kg			B			
	P	K	Ca	Mg	S	Cu		Fe	Mn	Zn
Testemunha sem inoculação (TSI)	2,6	20,8	5,6	3,1	2,0	12,2	93	129	31	33
TSI + 200 kg/ha N <sup>(1)</sup>	2,8	20,2	6,4	3,1	2,1	13,5	93	138	34	30
TSI + 120 kg/ha N <sup>(2)</sup>	2,9	21,3	5,6	3,0	2,0	12,3	95	144	36	36
TSI + 30 kg/ha N <sup>(3)</sup>	2,7	20,7	5,8	3,1	1,9	13,2	97	138	37	34
SEMIA 587	2,6	20,5	5,9	3,1	2,0	11,8	92	136	33	32
SEMIA 5019	2,9	20,5	5,9	3,1	1,9	12,0	100	127	34	33
SEMIA 5079	2,7	19,8	5,8	3,1	2,0	12,5	100	130	35	35
SEMIA 5080	2,6	20,5	5,7	2,9	1,9	11,7	91	135	35	30
SEMIA 587 + SEMIA 5019	2,6	20,9	6,2	2,9	1,8	12,0	91	127	34	35
SEMIA 5079 + SEMIA 5019	2,7	20,2	5,7	3,0	2,0	11,3	89	120	34	33

(1) Aplicação de N-uréia parcelada em 50% na semeadura e 50% no florescimento.

(2) 120 kg N-uréia ha<sup>-1</sup>, parcelados em quatro aplicações: plantio, início do florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos.

(3) Aplicação de N-uréia no plantio.

**Tabela 8.** Número de nódulos, matéria seca da parte aérea, peso de nódulos secos e teor foliar de N de plantas de soja, cv. BRS 182, cultivadas sob plantio direto, na safra agrícola 2002-2003, em Dourados, MS.

Tratamento	Nº de nódulos planta <sup>-1</sup>	Matéria seca planta <sup>-1</sup>		Teor foliar de N (g kg <sup>-1</sup> )	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
		Nódulos	Parte aérea		
Testemunha sem inoculação (TSI)	72,2 <sup>(1)</sup> a	389,7 ab	15,3 a	39,4 ab	3.387 ab
TSI + 200 kg N <sup>(2)</sup>	41,6 b	108,7 c	16,6 a	43,3 a	3.683 a
TSI + 120 kg N <sup>(3)</sup>	72,1 a	380,6 ab	19,1 a	40,5 ab	3.278 b
TSI + 30 kg N <sup>(4)</sup>	60,8 ab	314,9 b	18,7 a	38,5 ab	3.499 ab
SEMIA 587	58,2 ab	425,5 ab	16,6 a	35,1 b	3.410 ab
SEMIA 5019	76,5 a	410,0 ab	18,2 a	40,1 ab	3.330 b
SEMIA 5079	75,3 a	470,5 ab	17,8 a	39,7 ab	3.449 ab
SEMIA 5080	84,3 a	487,2 a	18,9 a	35,8 b	3.288 b
SEMIA 587 + SEMIA 5019	74,8 a	465,2 ab	17,9 a	36,1 b	3.611 ab
SEMIA 5079 + SEMIA 5080	84,1 a	526,4 a	18,2 a	35,0 b	3.598 ab
CV (%)	29,0	30,3	16,4	12,2	7,5

<sup>(1)</sup> Valores médios de seis repetições. Letras diferentes nas colunas contrastam médias pelo teste de Duncan (P = 0,05).

<sup>(2)</sup> Aplicação de N-uréia parcelada em 50% na semeadura e 50% no florescimento.

<sup>(3)</sup> 120 kg N-uréia ha<sup>-1</sup>, parcelados em quatro aplicações (plantio, início do florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos).

<sup>(4)</sup> Aplicação de N-uréia no plantio.

## **Conclusões**

Em todos os experimentos, a adição de fertilizantes nitrogenados, especialmente na dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup>, reduziu a nodulação em plantas de soja;

Não se observaram incrementos no rendimento de grãos na cultura da soja com a adição de fertilizantes nitrogenados, independente da dose aplicada e do estágio de desenvolvimento das plantas;

A reinoculação pode proporcionar ganhos significativos no rendimento de grãos de soja, reforçando a recomendação técnica dessa prática, que deve ser efetuada a cada cultivo de soja no Brasil.

## **Agradecimentos**

Ao Técnico do Laboratório de Microbiologia do Solo, Aroldo da Silva Júnior, e ao Técnico Agrícola Júlio Aparecido Leal, pelo auxílio na execução do trabalho.

À FUNDECT - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, pela concessão dos recursos para realização do trabalho.



## Referências Bibliográficas

AGRIANUAL, 2002: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, [2002]. 536p.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Transformação do nitrogênio em rotações de culturas sob sistema plantio direto. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 9-31. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).

CAMPOS, B. C.; HUNGRIA, M.; TEDESCO, V. Eficiência da fixação de N<sub>2</sub> por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 583-592, 2001.

CRISPINO, C. C.; FRANCHINI, J. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLE, R. N. R.; LOUREIRO, M. F.; SANTOS, E. N.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Adubação nitrogenada na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 6 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 75).

HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. In: REUNIÓN BIENAL DE LA RED LATINOAMERICANA DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, 2000. CD ROM.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

LOUREIRO, M. F.; SANTOS, E. N.; HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J. **Efeito da reinoculação e da adubação nitrogenada no rendimento da soja em Mato Grosso**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 4 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 74).

MENDES, I. C.; VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura, em sistema de plantio direto e convencional na Região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 12).



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó  
Caixa Postal 661 - 79804-970 Dourados, MS  
Telefone (67) 3425-5122 Fax (67) 3425-0811  
[www.cpao.embrapa.br](http://www.cpao.embrapa.br)*

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

