



Fotos: Jerri E. Zilli

Avaliação da Fixação Biológica de Nitrogênio na Soja em Áreas de Primeiro Cultivo no Cerrado de Roraima

Jerri Édson Zilli¹
Leandro Carvalho Marson²
Rubens José Campo³
Vicente Gianluppi¹
Mariângela Hungria³



Introdução

Os trabalhos de pesquisa com soja têm desenvolvido novas tecnologias de cultivo e materiais genéticos que resultam em incremento sucessivo de produtividade e, por conseqüência, maior necessidade de nitrogênio (N). O N é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura, cerca de 80 kg a cada tonelada de grãos produzidos.

As principais fontes de N disponíveis para a soja são os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) atmosférico. No Brasil, a FBN representa a fonte economicamente e ecologicamente mais viável para a cultura. A simbiose, que ocorre entre esta leguminosa e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (bactérias do grupo rizóbio) resulta na formação de

nódulos nas raízes da planta, possibilitando a obtenção de todo o N que a cultura necessita, mesmo com expectativa de alta produtividade de grãos. Avaliações realizadas em diversas regiões produtoras de soja indicam que a FBN é responsável por mais de 80% do nitrogênio acumulado pela planta, o que significa até 300 kg/ha a cada safra. Isto demonstra que o sucesso da soja, no Brasil, se deve em grande parte à exploração do processo de FBN.

O uso da FBN, em Roraima, onde o custo do nitrogênio supera R\$ 2,5 reais/kg, significa uma redução de mais de 50% no custo de produção da soja, em relação ao custo utilizando N mineral. A redução do custo de produção torna a soja competitiva no mercado mundial, representando uma

¹ Pesquisador Embrapa Roraima. BR-174, km 08, Cep 69301-970, CP 133, Boa Vista, RR - zilli@cpafrr.embrapa.br; vicente@cpafrr.embrapa.br.

² Acadêmico de Agronomia da UFRR e Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq) na Embrapa Roraima. BR-174, km 08, Cep 69301-970, CP 133, Boa Vista, Roraima, novorumoplan@osite.com.br

³ Pesquisador Embrapa Soja. Rod. Carlos João Strass, Cep 86001-970, CP 231, Londrina PR - ricampo@cnpso.embrapa.br; hungria@cnpso.embrapa.br

economia estimada em mais de 3 bilhões de dólares anuais para o Brasil (Hungria et al., 2005).

Os solos brasileiros não possuem, naturalmente, bactérias capazes de nodular e fixar N eficientemente em soja, sendo, portanto, indispensável a inoculação das sementes. Nos solos do cerrado de Roraima, onde é característico baixo teor de matéria orgânica e conseqüentemente N, torna-se extremamente necessário uma inoculação eficiente das sementes, que resulte em uma boa nodulação. Caso não ocorra uma nodulação adequada das plantas, a lavoura fica comprometida, pois o solo não fornece N em quantidade suficiente para o desenvolvimento das plantas. Têm sido observadas, em condições experimentais e em lavouras bem conduzidas e com plantas bem noduladas, produtividades superiores a 3 toneladas/ha, mesmo em área de primeiro ano.

Desde 1992, duas estirpes de *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 5019 e SEMIA 587) e duas de *B. japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080), selecionadas no Brasil, vêm sendo recomendadas para a cultura da soja. Essas estirpes, até recentemente, eram utilizadas nos inoculantes aos pares, de acordo com a escolha de cada empresa fabricante. A partir da última reunião da RELARE (Rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbianos de interesse

agrícola), em junho de 2006, passou a vigorar a recomendação, também, para utilização das estirpes isoladamente nos inoculantes.

A expansão da cultura da soja para o norte do país trouxe consigo a mesma recomendação de inoculação utilizada no centro-sul, embora não tenha sido avaliado o desempenho das estirpes nas condições edafoclimáticas regionais.

Especialmente entre os anos de 2000 e 2002 ocorreram, em Roraima, vários problemas com má nodulação de lavouras de soja, tendo sido sugerida, entre outros fatores, a hipótese de que as estirpes inoculantes recomendadas poderiam não apresentar a mesma eficiência na FBN que nas demais regiões produtoras de soja do país.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a nodulação, a biomassa vegetal e a produtividades de grãos da cultura da soja em área de primeiro cultivo inoculada com as quatro estirpes de *Bradyrhizobium* atualmente recomendadas.

Avaliações realizadas

Nas safras 2005 e 2006, no campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima (área representativa das condições edafoclimáticas para o cultivo de soja em Roraima), foram conduzidos dois experimentos em área de primeiro cultivo. Ambas as áreas foram preparadas no ano

de 2004, com incorporação da vegetação nativa, composta principalmente por gramíneas (estimativa de 6 toneladas/ha de matéria seca), utilizando grade aradora oito meses antes da semeadura da soja. E, 30 dias antes do plantio, procedeu-se à aplicação a lanço e, incorporação com grade niveladora, de 1,5 toneladas/ha de calcário dolomítico (PRNT 80%), 100 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato simples e 50 kg/ha de FTE BR-12. Parte da área foi cultivada no ano de 2005, tendo sido realizado o plantio convencional. E, na área destinada ao experimento de 2006, semeou-se milho no ano de 2005, o qual foi dessecado com glyphosate 15 dias antes do plantio da soja e procedeu-se a semeadura diretamente sobre a palha. No ano de 2005 a densidade da cultura foi de 210-220 mil plantas (espaçamento de 0,5 m entre linhas e 15 a 16 plantas por m linear) e, em 2006, a densidade foi de 230 mil (espaçamento de 0,45 m entre linhas e 14 a 15 plantas por m linear). A cultivar de soja utilizada foi a BRS Tracajá.

Os tratamentos utilizados nos experimentos foram: controle (sem inoculação), 200 kg/ha de N (50% no plantio e 50% em cobertura aos 35 dias após a germinação) + inoculação padrão SEMIA 5079 (=CPAC15) + SEMIA 5080 (=CPAC 7), SEMIA 587, SEMIA 5019 (=29W), SEMIA 5079, SEMIA 5080, SEMIA 587 + SEMIA 5019 e SEMIA 5079 + SEMIA 5080. Todos os inoculantes foram produzidos pela FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul), utilizando-se veículo turfoso e concentração de 5×10^9 células/g de inoculante. A dose de inoculante utilizada foi suficiente para aplicar 1,2 milhões de células/semente, o que corresponde ao dobro da dose mínima atualmente recomendada. Ambos experimentos foram conduzidos entre maio e setembro de 2005 e de 2006, seguindo as recomendações técnicas para a região (Gianluppi et al., 2001), como descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Adubação e tratos culturais nos experimentos de soja cultivada em área de primeiro cultivo no ano de 2005 e 2006 no campo experimental Água Boa - Embrapa Roraima.

Adubação/trato cultural	Dose	Forma de aplicação
Adubação fosfatada	90 kg/ha de P ₂ O ₅ na forma de superfostato simples	Semeadura
Adubação potássica	100 kg/ha K ₂ O na forma de cloreto de potássio	50% no plantio e 50% aos 35 dias após a emergência (DAG)
Adubação com Co+Mo	Co - 10,08 g/ha na forma de cloreto de cobalto Mo - 50,42 g/ha na forma de molibdato de sódio	Adubação foliar 35 dias após a DAG
Aplicação de herbicidas	2005 -Verdict-R - 500 mL/ha e Basagran 600 - 2 L/ha; 2006 - Roudup - 4L/ha; Laço 6L/ha	2005 - Pós-emergência aos 25-30 DAG; 2006 - 15 dias antes da emergência e em pré emergência da cultura, respectivamente.
Aplicação de fungicidas	2005 - Folicur 200CE - 500 mL/ha e Nimbus - 1L/ha; 2006 - Priori-Extra 0,3 L/ha 2006 - Sphere 0,4 L/ha + Assist 2,0 L/ha	2005 - Aplicação aos 60 e 80 DAG, respectivamente. 2006 - Aplicação aos 60 e 80 DAG, respectivamente.
Aplicação de inseticidas	2005 - Match CE - 300 mL/ha e Dimilin - 30 g/ha; 2006 - Lanate 0,5 L/ha + Match 0,15, L/ha, Tamaron 0,5 L/ha e Klorpan 1,5 L/ha + Match 150 mL/ha;	2005 - Aplicação aos 60 DAG; 2006 - Aplicação aos 30, 40 e 50 dias aDAG , respectivamente.

Tabela 02 – Análise da fertilidade do solo e população de rizóbios presente no solo.

Profundidade	Rizóbio no solo	pH	Al	K	Ca	Mg	H+Al	V	C	P
	UFC*/g	CaCl ₂	cmol _c / dm ³			%	g/dm ³	mg/dm ³		
0-20cm [†]	21	5,3	0,00	0,02	0,94	0,32	2,02	39	5,85	29,97
21-40cm [†]	-	4,2	0,21	0,02	0,43	0,11	2,48	18	5,28	3,11

* Unidades formadoras de colônias

[†] Textura - 87% de areia, 12% de argila e 1% de silte.

Nodulação

O solo da área experimental apresentava baixa população de rizóbio antes da semeadura da soja (Tabela 2). Nestas condições admite-se que a nodulação das plantas de soja (Tabela 3) tenha sido quase exclusivamente via inoculação.

Na avaliação da nodulação aos 35 dias, as maiores médias de número de nódulos ocorreram nos tratamentos inoculados com as estirpes *B. elkanii* SEMIA 5019 e SEMIA

587. Em especial, a estirpe SEMIA 587 proporcionou uma média de número de nódulos 80% superior à média dos demais tratamentos inoculados, em termos absolutos. Aos 60 dias houve um aumento do número de nódulos para todos os tratamentos, mas novamente as estirpes de *B. elkanii* proporcionaram maiores médias.

Quanto à massa de nódulos, praticamente não se observou diferença significativa entre os tratamentos inoculados com as estirpes isoladamente e, ao contrário do

parâmetro número de nódulos, o maior valor foi constatado com uma estirpe de *B. japonicum* (Tabela 3).

Quando as estirpes foram combinadas, observou-se, tanto para *B. elkanii*, como para *B. japonicum*, um aumento da massa de nódulos em relação à utilização das estirpes isoladamente, embora para o número de nódulos tenha havido uma redução em relação a *B. elkanii*.

Em relação ao controle, a média do número de nódulos e a massa nodular foi muito baixa na avaliação aos 35 dias. Aos 60 dias, no entanto, constatou-se um incremento neste parâmetro, indicando uma nodulação

tardia ou secundária das plantas pela proliferação das estirpes inoculantes no solo (Tabela 3).

Em termos gerais, todos os tratamentos inoculados apresentaram número de nódulos superior a 15/planta e massa nodular superior a 250mg/planta, mostrando que todos as estirpes proporcionaram nodulação adequada para obtenção de altos rendimentos de grãos. Segundo Hungria et al., (2001) plantas com 10 a 30 nódulos/planta e massa seca de nódulos 100 a 200 mg/planta no florescimento, foram suficientes para a obtenção de altos teores de nitrogênio fixado e, conseqüentemente, alto rendimento de grãos.

Tabela 3 – Número e massa seca de nódulos aos 35 e 60 dias após a germinação do cultivar de soja BRS Tracajá em experimentos conduzidos em área de primeiro cultivo no campo experimental Água Boa/Embrapa Roraima, nos anos de 2005 e 2006.

Tratamentos	Número de nódulos (Nº/planta)		Massa de nódulos secos (mg/planta)	
	35 dias	60 dias	35 dias	60 dias
Controle	0,98 e	13,10 f	29 e	365,98 e
Nitrogênio	15,64 d	27,39 e	143,85 d	464,32 e
Semia 587	33,52 a	73,15 a	273,15 c	685,63 d
Semia 5019	25,35 b	68,11 ab	265,98 c	789,42 cd
Semia 5079	17,91 cd	42,10 d	270,40 c	849,07 c
Semia 5080	22,89 cb	42,23 d	325,76 bc	922,75 bc
Semia 587 + Semia 5019	22,97 cb	51,66 cd	341,39 ab	1095,90 ab
Semia 5079 + Semia 5080	21,93 bcd	55,95 bc	397,84 a	1194,70 a
CV (%)	39,67	33,82	29,40	30,15

*Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 5\%$).

Massa da parte aérea

Quanto à produção de massa da parte aérea seca, observou-se, na avaliação aos 35 dias, plantas pouco desenvolvidas no tratamento controle, sendo a média

significativamente inferior à de todos os outros tratamentos (Tabela 4). Ao contrário, o tratamento que recebeu nitrogênio apresentou a maior média, 6,41 g/planta, sendo superior a todos os tratamentos inoculados, que não diferiram entre si. Aos

60 dias, ao contrário, o tratamento nitrogenado proporcionou média de massa seca acumulada superior apenas ao controle, ao tratamento com a estirpe SEMIA 5019 e ao tratamento inoculado com

combinação das estirpes SEMIA 5079 + SEMIA 5080. Para este último tratamento, entretanto, observou-se variação entre blocos podendo ter ocorrido efeito local, não representando a realidade.

Tabela 4 – Massa seca da parte aérea do cultivar de soja BRS Tracajá nos experimentos conduzidos em área de primeiro cultivo no campo experimental Água Boa/Embrapa Roraima nos anos de 2005 e 2006.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea (g/planta)			
	35 dias		60 dias	
Controle	2	c	8,20	c
Nitrogênio	6,41	a	24,46	a
Semia 587	3,87	b	20,95	ab
Semia 5019	4,02	b	19,83	b
Semia 5079	4,03	b	21,40	ab
Semia 5080	4,05	b	20,87	ab
Semia 587 + Semia 5019	3,92	b	22,07	ab
Semia 5079 + Semia 5080	4,07	b	19,10	b
CV (%)	30,83		27,69	

*Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem

estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 5\%$).

Rendimento de grãos

Na avaliação do rendimento de grãos, em 2005, observou-se, de forma geral, rendimento elevado para uma área de primeiro cultivo (Tabela 5). Em especial, os tratamentos inoculados com as estirpes de *B. japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080 e o tratamento nitrogenado proporcionaram rendimentos superiores a 4 200 kg/ha. Em termos significativos, os dados seguem a mesma tendência da produção de massa seca (Tabela 4), sendo o tratamento com a estirpe SEMIA 5019, novamente, o menos produtivo.

Em 2006, a média geral do rendimento de grãos foi inferior à de 2005, em torno de 3500 kg/ha, sendo que todos os

tratamentos inoculados e o nitrogenado proporcionaram rendimentos de grãos superiores ao controle sem inoculação (Tabela 5). Ao contrário do observado em 2005, todos os tratamentos inoculados e o tratamento nitrogenado produziram de forma muito semelhante entre si (Tabela 5).

Na análise conjunta dos dados de 2005 e 2006 (Tabela 5), observou-se que todos os tratamentos inoculados produziram de forma estatisticamente igual ao tratamento nitrogenado e superior ao controle, à exceção do tratamento com a estirpe SEMIA 5019 isoladamente, que proporcionou rendimentos superiores ao controle, porém inferior ao tratamento com a estirpe SEMIA 5079 e ao nitrogenado.

Comparando os tratamentos inoculados, com o tratamento nitrogenado, observa-se que não houve nenhuma vantagem na utilização da adubação nitrogenada, exceto em comparação ao tratamento com a estirpe Semia 5019. É importante destacar também, que o tratamento nitrogenado apresentou produção de matéria seca maior que os tratamentos inoculados, especialmente aos 35 dias. Entretanto, esta maior massa seca não se traduziu em rendimento de grãos.

Também não se obteve aumento de produtividade utilizando a combinação de estirpes. Ao contrário, em termos de rendimento de grãos houve a tendência, na média dos dois anos, das estirpes de *B. japonicum* proporcionarem os maiores valores, quando inoculadas isoladamente. A menor produtividade de grãos ocorrida em 2006, para todos os tratamentos, está relacionada, provavelmente, às condições climáticas, especialmente com o número de dias nublados, em relação ao ano de 2005. Em comparação com o ano de 2005, o ciclo

da cultura em 2006 foi maior em cerca de 8 a 10 dias.

Contudo, vale destacar, que há uma tendência de utilização de maior adensamento da cultivar de soja BRS Tracajá entre os produtores da região, pois, empiricamente, tem se observado aumento no rendimento de grãos nestas condições.

Considerando ainda as condições de fertilidade do solo, com baixo teor de matéria orgânica e textura arenosa (Tabela 03), os rendimentos de grãos obtidos para os tratamentos inoculados com as estirpes de *Bradyrhizobium* representam alta produtividade em área de cerrado de primeiro cultivo. Além disso, o fato da produtividade dos tratamentos inoculados ser significativamente igual ao tratamento nitrogenado (inoculação + 200 kg/ha de nitrogênio), somado à comprovada eficiência destas estirpes nas principais regiões produtoras de soja do Brasil, confirma que elas podem ser utilizadas no cerrado de Roraima, inclusive em lavouras com expectativa de produtividades de 4000 kg/ha.

Tabela 5 – Rendimento de grãos do cultivar de soja BRS Tracajá nos experimentos conduzidos em área de primeiro cultivo no campo experimental Água Boa/Embrapa Roraima nos anos de 2005 e 2006.

Tratamentos	Rendimento de grãos (kg/ha)		
	2005	2006	Média
Controle	2462 d	1984 b	2223 c
Nitrogênio	4246 ab	3249 a	3749 a
Semia 587	3915 abc	3301 a	3608 ab
Semia 5019	3427 c	3110 a	3269 b
Semia 5079	4366 a	3216 a	3791 a
Semia 5080	4383 a	2981 a	3683 ab
Semia 587 + Semia 5019	3716 bc	3518 a	3617 ab
Semia 5079 + Semia 5080	3786 abc	3132 a	3459 ab
CV (%)	16,4	30,8	16,5

*Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 5\%$).

Conclusões

Os resultados obtidos nos experimentos conduzidos na safra de 2005 e 2006 mostraram que as quatro estirpes recomendadas atualmente para a inoculação de sementes de soja: SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5079 e SEMIA 5080 possuem alta capacidade para fixar nitrogênio e, conseqüentemente, proporcionar alta produtividade da cultura. Na média dos dois anos, entretanto a estirpe Semia 5019 proporcionou rendimento de grãos inferior às demais.

Também na média dos dois anos, a utilização das estirpes combinadas, tanto *B. elkanii*, como *B. japonicum*, não proporcionou aumento no rendimento de grãos, mostrando não haver benefícios desta combinação, como já definido na última reunião da RELARE em junho de 2006.

Com base nos resultados obtidos e o fato destas estirpes serem amplamente utilizadas nas principais regiões produtoras de soja do Brasil a mais de 10 anos, recomenda-se a utilização destas para a inoculação de sementes de soja em Roraima em área de primeiro cultivo. Contudo, recomenda-se preferencialmente utilizar as estirpes SEMIA 5079, SEMIA 5080 e SEMIA 587.

Pelos resultados obtidos, a dose de inoculante a ser utilizada, considerando as condições de solo e clima do cerrado de Roraima deve ser de pelo menos 1,2 milhões de células/semente.

Para calcular o número de células por semente o produtor deve tomar por base a qualidade do inoculante e considerar que 1 kg de semente de soja possui aproximadamente 7000 sementes.

Por exemplo:

População desejada = 1,2 milhões de células/semente
1 kg de semente = 7000 sementes
População declarada no inoculante = 2,0 x 10⁹ células/g ou ml produto
Cálculo do número de células/kg semente:
1 200 000 x 7000 = 8,4 x 10⁹ células/kg semente

Cálculo da quantidade de inoculante/kg semente
Nº de células/kg semente + concentração de células do inoculante
8,4 x 10⁹ células/kg semente + 2,0 x 10⁹ = 4,2 mL ou g de inoculante/kg de semente ou, 210 mL ou g de inoculante/50 kg de semente.

Referências Bibliográficas

GIANLUPPI, D., GIANLUPPI, V., SMIDERLE, O.J. **Recomendações técnicas para cultivo da soja nos cerrados de Roraima – 1999/2001**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2001. 28p. (Embrapa Roraima. Circular Técnica, 1).

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

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America.. In: Werner, D.; Newton, W.E. (eds.). (org.). **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment**. Dordrecht, Amsterdam: Springer, 2005, v., p. 25-42.

ZILLI, J. E.; CAMPO, R. J.; RIBEIRO, K. G.; GIANLUPPI, V.; HUNGRIA, M.; SMIDERLE, O. J. **Utilização de inoculantes de *Bradyrhizobium* no cultivo de soja nos cerrados de Roraima**. Embrapa Roraima, 2005, 10p. (Embrapa Roraima. Circular Técnica 02).

Comunicado
Técnico, 20

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Roraima
Rodovia Br-174, km 8 - Distrito Industrial
Telefax: (95) 3626 71 25
Cx. Postal 133 - CEP. 69.301-970
Boa Vista - Roraima- Brasil
sac@cpafrr.embrapa.br
1ª edição
1ª impressão (2006): 100

Comitê de
Publicações

Presidente: Roberto Dantas de Medeiros
Secretário-Executivo: Alberto Luiz Marsaro Júnior
Membros: Aloísio Alcântara Vilarinho
Gilvan Barbosa Ferreira
Kátia de Lima Nechet
Liane Marise Moreira Ferreira
Moisés Cordeiro Mourão de Oliveira Júnior

Expediente

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo