

Utilização de Inoculantes de *Bradyrhizobium* no Cultivo de Soja nos Cerrados de Roraima

02

Circular
TécnicaBoa Vista, RR
Dezembro, 2005

Autores

Jerri Édson Zilli

Pesquisador em Microbiologia do Solo,
Doutor em Agronomia Ciência do Solo -
Embrapa Roraima, CP 133, 69301-970,
Boa Vista, RR; zilli@cpafrr.embrapa.br

Rubens José Campo

Pesquisador em Microbiologia do Solo,
PhD em Ciência do Solo -
Embrapa Soja,
CP 231,86001-970, Londrina PR;
rjcampo@cnpsa.embrapa.br

Karen Gonçalves Ribeiro

Acadêmica do Curso de Ciências
Biológicas - Faculdades Cathedral
Av Ville Roy, 2003, Caçari
RR, 69307-053, Boa Vista, RR.

Vicente Gianluppi

Pesquisador em Fitotecnia e Manejo de
Culturas, Mestre em Agronomia -
Embrapa Roraima, CP 133, 69301-970,
Boa Vista, RR;
vicente@cpafrr.embrapa.br

Oscar José Smiderler

Pesquisador em Tecnologia de
Sementes e Manejo de Culturas Anuais,
Doutor em Fitotecnia - Embrapa
Roraima, CP 133, 69301-970, Boa Vista,
RR; ojsmider@cpafrr.embrapa.br

Mariângela Hungria

Pesquisador em Microbiologia do Solo,
PhD em Ciência do Solo -
Embrapa Soja, CP 231,86001970,
Londrina PR;
hungria@cnpsa.embrapa.br



Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) na Cultura da Soja no Brasil

Os trabalhos de pesquisa com soja têm desenvolvido novas tecnologias de cultivo com aumento sucessivo de produtividade e, por conseqüência, maior necessidade de nitrogênio para a cultura. O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja, cerca de 80 kg/ha a cada tonelada de grãos produzidos.

As principais fontes de nitrogênio disponíveis para a soja são os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio. No Brasil, a FBN se constitui na fonte mais viável economicamente e ecologicamente para a cultura. A simbiose, que ocorre entre esta leguminosa e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (bactérias do grupo rizóbio) que resulta na formação de nódulos nas raízes da planta, possibilita a obtenção de todo o nitrogênio que a cultura necessita para alta produtividade. 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 um volume de 110 a 250 kg/ha a cada safra. Isto demonstra que o sucesso da soja, no Brasil, em grande parte se deve a eficiente exploração da FBN.

O uso da FBN, em Roraima, onde o custo do nitrogênio supera R\$ 2,5 reais o quilo grama, significa uma redução de mais de 50% no custo de produção da soja, em relação ao custo com nitrogênio mineral. A redução do custo de produção torna a soja altamente competitiva no mercado mundial, representando uma economia estimada em mais de 3 bilhões de dólares anuais para o Brasil.

Resultados obtidos em todas as regiões onde a soja é cultivada mostram que a aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais na semeadura ou em cobertura, em qualquer estágio vegetativo da planta, em sistemas de plantio direto ou convencional, não aumenta a produtividade da soja. Ao contrário, a aplicação de nitrogênio mineral em quantidade superior a

20 kg/ha tende a inibir a formação de nódulos nas plantas e a própria FBN. Experimentos conduzidos em Londrina e Ponta Grossa no Estado do Paraná, com dois cultivares de soja, aplicando-se até 400 kg/ha de N, mesmo divididos em dez aplicações durante o ciclo vegetativo da cultura não resultou em aumento da produtividade quando comparado a inoculação.

A pesquisa atualmente recomenda, para a cultura da soja, a utilização de inoculantes com a combinação de duas das quatro estirpes: *Bradyrhizobium elkanii* Semia 587 e Semia 5019 (29w) e, *B. japonicum* Semia 5079 (CPAC-15) e Semia 5080 (CPAC-7). Avaliações conduzidas na maioria das regiões produtoras de soja brasileiras, com estas estirpes, mostraram que elas possuem alta eficiência em fixar nitrogênio atmosférico em simbiose com plantas de soja, validando assim a tecnologia para estas regiões. No cerrado de Roraima, a Embrapa Roraima conduziu alguns experimentos com inoculação de soja e obteve produtividade superior a 4 toneladas por ha, e com base, nestas observações, recomenda o uso destas quatro estirpes. Entretanto, ainda suscitam importantes dúvidas quanto à dose de inoculante a ser utilizada e a capacidade das estirpes inoculantes sobreviverem no solo de uma safra para

outra, nas condições edafoclimáticas do cerrado de Roraima.

Inoculação em Áreas de Primeiro Ano de Cultivo

Os solos brasileiros não possuem naturalmente bactérias capazes de nodular e fixar nitrogênio eficientemente em soja, sendo, portanto, indispensável à inoculação das sementes. Nos solos do cerrado de Roraima, onde é característico baixo teor de matéria orgânica e conseqüentemente nitrogênio, torna-se extremamente necessário uma boa inoculação das sementes, que resulte numa boa nodulação. Caso não se faça uma inoculação adequada com inoculante de boa qualidade e com alta concentração de células, a lavoura fica totalmente comprometida, pois o solo não fornece nitrogênio em quantidade suficiente para o desenvolvimento adequado das plantas. Tem sido observado 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.

Existem poucos resultados de pesquisa para recomendar a melhor forma de inoculação e, especialmente, a quantidade de inoculante a se utilizar no cerrado de Roraima. Entretanto, experiências tidas em área de produtores e nos campos experimentais da Embrapa

demonstram que, altos rendimentos de soja estão diretamente relacionados com altas doses do inoculante: pelo menos duas vezes mais inoculantes que a dose recomendada pela pesquisa, que em geral fica em torno de 600 000 células/semente. Doses maiores, até 1,2 milhões de células/semente, têm apresentado benefícios significativos na nodulação, FBN e, em consequência, nos rendimentos da soja.

Inoculação em Áreas já Cultivadas com Soja

Bactérias do grupo rizóbio exibem capacidade de sobreviver em condições saprofitas na matéria orgânica do solo. Em lavouras de soja que ano após ano recebem inoculações tendem a aumentar a população destas bactérias no solo. Em regiões produtoras de soja tem sido observada menor resposta à inoculação (aumento de 4 a 15%) quando existe uma população de rizóbio estabelecida no solo. No cerrado de Roraima, entretanto, onde as condições edafoclimáticas tendem a manter o número de rizóbios no solo muito baixo, pode ser observado que lavouras de soja em áreas com vários cultivos apresentem respostas a inoculação semelhantes a áreas de primeiro cultivo.

Pesquisas com FBN na Cultura Soja em Roraima em 2005

Na safra 2005, no campo experimental Água Boa, da Embrapa Roraima, foram conduzidos dois experimentos para avaliação do desempenho, quanto à FBN, das estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a cultura da soja (Semia 587, Semia 5019 (29W), Semia 5079 (CPAC-15) e Semia 5080 (CPAC-7) de forma isolada e combinada, em comparação a adubação nitrogenada mineral e testemunha sem inoculação, no cv BRS Tracajá. Os experimentos foram conduzidos em área de primeiro e segundo ano de 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, aplicação a lanço e incorporação com grade niveladora de 1,5 toneladas/ha de cacáreo dolomítico (PRNT 80%), 100 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 50 kg/ha de FTE BR-12. A área de primeiro ano de cultivo diferiu da área de segundo ano de cultivo apenas pelo fato de não ter sido semeada ainda em 2004.

Os tratamentos utilizados nos experimentos foram: sem inoculação, inoculação padrão Semia 5079+Semia

5080 + 200 kg/ha de N (50% no plantio e 50% em cobertura aos 35 dias após a germinação), Semia 587, Semia 5019 (29W), Semia 5079 (CPAC 15), Semia 5080 (CPAC 7), Semia 587 + Semia 5019 e Semia 5079 + Semia 5080. Todos os inoculantes foram produzidos pela FEPAGRO, RS, utilizando-se o veículo turfoso e concentração de célula de

5×10^9 células/g de inoculante. A dose de inoculante utilizada foi suficiente para alcançar 1,2 milhões de células/semente, o que corresponde ao dobro da dose mínima recomendada, que é 600 mil células/semente. Ambos experimentos foram implantados entre os dias 25 e 27 de maio de 2005, seguindo as adubações e tratos culturais descritos na Tabela 01.

Tabela 01 – Adubação e tratos culturais nos experimentos de soja no ano de 2005 em área de primeiro e segundo cultivo, dentro do campo experimental da 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
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 emergência da soja
Aplicação de herbicidas	Verdict-R – 500 mL/ha Basagran 600 – 2 L/ha	Pós-emergência aos 25-30 dias após a emergência
Aplicação de fungicidas	Folicur 200CE – 500 mL/ha Nimbus – 1L/ha	Folicur 200CE - 60 e 80 dias após a emergência Nimbus - 60 dias após a emergência
Aplicação de inseticidas	Match CE – 300 mL/ha Dimilin – 30 g/ha	Aplicação aos 60 dias após a emergência

Tabela 2 – Média de produtividade de grãos e massa seca de nódulos (35 dias após a germinação) do cultivar de soja BRS Tracajá em experimentos conduzidos em área de primeiro e segundo cultivo no campo experimental Água Boa/Embrapa Roraima.

Tratamentos	Produtividade	Massa Seca de	Produtividade	Massa Seca de	
	kg/ha	Nódulos mg/planta	kg/ha	Nódulos mg/planta	
	Área de primeiro ano de cultivo		Área de segundo ano de cultivo		
Testemunha	2462,36 c	34,67 e	4720,39 a	231,17 a	
Test. Nitrogenada	4246,36 a	121,83 d	4515,53 a	239,33	a
Semia 587	3914,64 ab	390,67 b	4388,96 a	247,83 a	
Semia 5019	3426,90 b	465,00 a	5040,76 a	317,00 a	
Semia 5079	4365,53 a	297,50 c	4587,91 a	279,67 a	
Semia 5080	4383,24 a	309,50 c	4645,85 a	249,67 a	
Semia 587+5019	3715,85 ab	396,00 b	4405,85 a	288,33 a	
Semia 5079+5080	3785,63 ab	281,67 c	5094,57 a	242,00 a	
Média	3787,56	287,11	4674,98	261,88	
CV (%)	13,54	20,45	18,12	20,84	

* Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não difere significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Tabela 03 – Análise da fertilidade do solo e população de rizóbio presente no solo.

Área	Prof.	Rizóbio	pH	Al	K	Ca	Mg	H+Al	V	C	P
		no solo UFC*/g									
Primeiro ano	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
Segundo ano	0-20cm	1600	5,6	0,00	0,05	1,21	0,39	2,88	46	6,8	27,2
	21-40cm	-	4,3	0,15	0,03	0,56	0,17	2,62	22	5,61	15,02

* Unidades formadoras de colônias

Resultados

A inoculação de sementes de soja na área de primeiro cultivo proporcionou a formação de nódulos que resultou em uma massa seca superior a 280 mg/planta para todos os tratamentos, exceto a testemunha e a testemunha nitrogenada (Tabela 02). Os tratamentos com as estirpes de *B. elkanii* Semia 587 e Semia 5019 apresentaram mais de 390 mg/planta de massa seca de nódulos, sendo estes valores significativamente superiores aos das estirpes de *B. japonicum* Semia 5079 e Semia 5080.

As maiores massas de nódulos observadas para as estirpes de *B. elkanii* SEMIA 587 e SEMIA 5019 estão em acordo com os freqüentes relatos na literatura e ocorre em função da maior adaptabilidade destas estirpes às condições edafoclimáticas brasileiras. Por outro lado, o fato desta maior massa de nódulos não ter se traduzido em maior rendimento da soja pode representar uma maior quantidade de nódulos fisiologicamente inativos advindos das

estirpes de *B. elkanii*, fato também relatado anteriormente.

Quanto à produtividade de grãos todos os tratamentos, exceto a testemunha, proporcionaram rendimento superior a 3400 kg/ha, tendo os tratamentos com as estirpes Semia 5079 e Semia 5080, quando aplicadas isoladamente, proporcionado os maiores rendimentos, mais de 4000 kg/ha.

As estirpes Semia 5079 e Semia 5080 foram isoladas em solos de Cerrado, no Brasil Central, o qual possui características semelhantes aos solos onde os experimentos foram conduzidos, o que indica adaptabilidade destas estirpes às condições do solo de cerrado. Por outro lado, a combinação de estirpes das distintas espécies, não resultou em ganhos adicionais de rendimento, ao contrário, em valores absolutos apenas foram superiores a testemunha e ao tratamento com a estirpe Semia 5019. De forma similar, Campo et al. (2004) também têm observado essa ocorrência em experimentos realizados em outras

regiões do Brasil, mostrando a necessidade de se repensar a recomendação atual de estirpes combinadas.

Considerando ainda, as condições de baixa fertilidade do solo com baixo teor de matéria orgânica (Tabela 03) e textura arenosa (87% de areia, 12% de argila e 1% de silte), os rendimentos de grãos observados para os tratamentos inoculados com as estirpes de *Bradyrhizobium* representam alta produtividade em área de cerrado de primeiro ano de cultivo. Além disso, o fato da produtividade dos tratamentos inoculados ser significativamente igual ao tratamento nitrogenado (inoculação + 200 kg/ha de nitrogênio), somado a comprovada eficiência destas estirpes nas principais regiões produtoras de soja do Brasil, confirma que elas podem ser plenamente utilizadas no cerrado de Roraima, inclusive em lavouras com expectativa de produtividades superiores a 4000 kg/ha.

Quanto à testemunha, a produtividade em torno de 2400 kg/ha reflete uma condição experimental e provavelmente relaciona-se ao fato da área ter sido preparada mais de um ano antes do plantio da soja, o que permitiu a mineralização de nutrientes contidos no material vegetal incorporado. Além disso, a colheita foi realizada de forma manual

tornando as perdas quase nulas. Cabe salientar que em lavouras mecanizadas a perda seria elevada, devido ao tamanho reduzido das plantas, em torno de 20-25 cm.

Na área de segundo cultivo observou-se que a produtividade média foi superior a 4 600 kg/ha, chegando o tratamento com as estirpes Semia 5079 e Semia 5080 proporcionar rendimento superior a 5 000 kg/ha. Como mencionado anteriormente, considerando as condições de fertilidade do solo (Tabela 03) estes rendimentos representam uma elevada produtividade, mais de 80 sacas/ha.

Além da elevada produtividade de grãos nesta área, também chama atenção o fato de não ter havido diferença significativa no rendimento e nem na massa de nódulos formados de cada tratamento, muito embora os tratamentos inoculados tenham apresentado a tendência de maior nodulação (Tabela 02).

O fato de a nodulação ter sido significativamente igual em todos os tratamentos está diretamente associada ao tamanho da população de rizóbios nodulantes de soja no solo desta área, estimada 1600 células por grama de solo (Tabela 04), que é uma população consideravelmente alta. Estas bactérias que se encontravam presentes no solo antes da implantação do experimento

provavelmente sejam remanescente do cultivo realizado na safra de 2004 e que sobreviveram no solo de uma safra para outra.

As características edafoclimáticas, especialmente estiagem prolongada, baixo teor de matéria orgânica no solo e textura arenosa, observadas no Cerrado em Roraima, são fatores que causam expressiva redução da população de rizóbio no solo. Análises da população do solo realizadas em anos anteriores não detectaram bactérias desse gênero no solo, e, portanto, seria esperada uma nodulação pouco expressiva no tratamento sem inoculação (Testemunha). Entretanto, os resultados mostram justamente o contrário, ou seja, ocorrência de uma abundante nodulação. Atribui-se este resultado ao fato do período de estiagem entre outubro de

2004 e abril de 2005 ter sido atípico, comparado aos anos anteriores (Figura 01). Ocorreram precipitações, com exceção ao mês de dezembro, sempre maiores na estiagem 2004/2005 do que a média dos três anos anteriores. Esta maior precipitação (cerca de 263 mm ocorridos nos meses de outubro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) deve ter proporcionado a manutenção de maior umidade no solo e como consequência maior sobrevivência de bactérias nodulantes de soja. Contudo, esta observação é extremamente pontual, e de maneira alguma, pode ser generalizada para afirmar que as estirpes inoculantes recomendadas para a soja possuem a capacidade de sobreviver em grande quantidade de um ano para outro, no cerrado de Roraima, em condições climáticas normais.

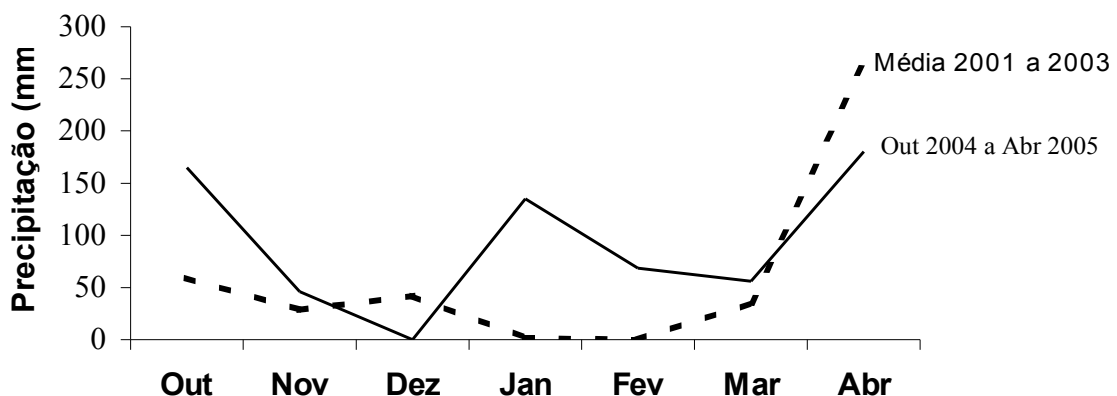


Fig. 01 - Dados de precipitação no Campo Experimental Água Boa durante o período de estiagem nos cerrados do Estado de Roraima.

Considerações e Recomendações

Os resultados obtidos nos experimentos conduzidos na safra de 2005, tanto em área de primeiro como segundo cultivo, 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 na cultura da soja.

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 estirpes para a inoculação de sementes de soja em Roraima, tanto em área de primeiro como de dois ou mais cultivos. A dose a ser utilizada, considerando as condições de solo e clima 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 um kg de semente possui 7000 sementes.

Por exemplo:

População desejada = 1,2 milhões de células/semente

Um kg de semente = 7000 sementes

População declarada no inoculante = $2,0 \times 10^9$ células/g ou ml produto

Cálculo do número de células/kg semente:

$1\ 200\ 000 \times 7000 = 8,4 \times 10^9$ células/kg semente

Cálculo da quantidade de inoculante/kg semente

N° de células/kg semente \div concentração de células do inoculante

$8,4 \times 10^9$ células/kg semente $\div 2,0 \times 10^9 = 4,2$ ml ou g de inoculante/kg de semente ou,

210 ml ou g de inoculante/50 kg de semente

Referências Bibliográficas

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M.; MIURA, L.M.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLE, R.N.R.; SOUZA, M.P.; OLIVEIRA, M.C.N. Avaliação de estirpes de *Bradyrhizobium*, inoculantes microbianos e métodos de inoculação, em diferentes regiões do Brasil. In: **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja – 2003 – Microbiologia dos Solos**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.32-45. (Embrapa Soja. Documentos, 243).

GIANLUPPI, D., GIANLUPPI, V.,
SMIDERLE, O.J. **Recomendações técnicas para cultivo da soja nos cerrados de Roraima – 1999/2001**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2000. 28p. (Embrapa Roraima. Circular Técnica, 1).

Sistema de produção de soja para os cerrados de Roraima, 2005. (No prelo)

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

Circular
Técnica, 02

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@cpafr.embrapa.br
1ª edição
1ª impressão (2004): 100

Comitê de
Publicações

Presidente: Roberto Dantas de Medeiros
Secretário-Executivo: Amaury Burlamaqui Bendahan
Membros: Alberto Luiz Marsaro Júnior
Bernardo de Almeida Halfeld Vieira
Ramayana Menezes Braga
Aloísio Alcântara Vilarinho
Helio Tonini

Expediente

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo