

Notas Científicas

Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja

Jerri Édson Zilli⁽¹⁾, Rubens José Campo⁽²⁾ e Mariangela Hungria⁽³⁾

⁽¹⁾Embrapa Roraima, BR 174 km 08, Distrito Industrial, Caixa Postal 133, CEP 69307-970 Boa Vista, RR. E-mail: zilli@cpafrr.embrapa.br ⁽²⁾Rua Prefeito Hugo Cabral, nº 1.065, Apto. 701 CEP 86020-111 Londrina PR. E-mail: rjcampo@cnpso.embrapa.br ⁽³⁾Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. E-mail: hungria@cnpso.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura de soja e o efeito do tratamento das sementes com fungicidas na nodulação. Foram usados controles sem inoculação, que receberam ou não a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N. A inoculação em pré-semeadura mostrou desempenho igual à inoculação padrão quanto à nodulação, produção de matéria seca, produtividade de grãos e acúmulo de nitrogênio nos tecidos e grãos da soja. Entretanto, quando as sementes foram tratadas com fungicidas, houve redução da nodulação e da produtividade.

Termos para indexação: *Glycine max*, adubação nitrogenada, cerrado, fungicida, rendimento de grãos, rizóbio.

Effectiveness of *Bradyrhizobium* inoculation at pre-sowing of soybean

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of *Bradyrhizobium* inoculation on soybean pre-sowing and the effect of the treatments of seeds using fungicides on nodulation. Control treatments consisted of two non-inoculated treatments, with or without N-fertilizer supply (200 kg ha⁻¹ of N). Inoculation at pre-sowing had a performance similar to the standard inoculation at sowing regarding soybean nodulation, dry matter production, grain yield and N accumulation in tissues and grains. However, when seeds were treated with fungicides, nodulation and grain yield decreased.

Index terms: *Glycine max*, nitrogen fertilization, cerrado, fungicide, grain yield, rhizobia.

O uso de inoculante com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium* é, atualmente, uma tecnologia indispensável para a cultura da soja no Brasil. A eficiência desses microrganismos tem possibilitado a obtenção de altos rendimentos de grãos da cultura, sem a necessidade de aplicação de nitrogênio mineral (Alves et al., 2003).

Entretanto, apesar de essa tecnologia ser aplicada na maioria das lavouras de soja do país, o processo de inoculação das sementes no momento da semeadura é, frequentemente, descrito como uma atividade que reduz a eficiência da semeadura, em razão do tempo despendido para sua operação. Por vezes, essa dificuldade tem sido responsável pela não utilização da inoculação na cultura por parte dos agricultores (Campo & Hungria, 2007).

Novas formas de inoculação, como o uso de inoculantes líquidos aplicados ao sulco de semeadura da cultura, com uso de semeadoras próprias ou adaptadas,

e a inoculação das sementes com maior antecedência da semeadura têm se constituído em estratégias que tendem a difundir-se em lavouras de soja (Tecnologias de produção de soja, 2008). De acordo com Campo & Hungria (2007), avaliações realizadas em diversos experimentos no Brasil, durante três anos consecutivos, indicaram ser possível a inoculação antecipada das sementes da soja em até cinco dias antes da semeadura, o que possibilitaria ao produtor realizar a inoculação previamente à semeadura e executá-la no momento oportuno.

Contudo, existe pouca informação acerca dos efeitos do tempo decorrido entre inoculação e plantio sobre a nodulação das plantas e a produtividade de grãos, especialmente em solos desprovidos de bactérias nodulantes da soja, arenosos e com baixo teor de matéria orgânica. O uso de sementes pré-inoculadas – sementes inoculadas antes da comercialização – ou inoculadas com antecedência de alguns dias da

semeadura, constituem práticas utilizadas há algumas décadas em outros países, para várias culturas além da soja (Deaker et al., 2004; Herridge, 2008). No entanto, a aplicação dessa estratégia de inoculação depende de vários fatores, especialmente da habilidade da bactéria sobreviver na semente e das condições de armazenamento das sementes. Esse fato tem restringido o uso dessa prática (Date, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, sob condições de campo, em solo arenoso e desprovido de bactérias nodulantes de soja, os benefícios da inoculação em pré-semeadura, comparativamente à inoculação padrão.

Nas safras agrícolas de 2006 e 2007, foram conduzidos dois experimentos em condições de campo, em área de cerrado de primeiro cultivo de soja, no Campo Experimental Água Boa, da Embrapa Roraima, no Município de Boa Vista, RR (02°15'00"N; 60°39'54"W). O preparo da área foi realizado com antecedência de cerca de um ano, com gradagem e aplicação de 1,5 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 80%), 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 50 kg ha⁻¹ de FTE BR-12. Após o preparo do solo, semeou-se milho, o qual foi dessecado com glyphosate, de acordo com a recomendação técnica.

Análises de solo realizadas antes do plantio, na profundidade de 0 a 20 cm, mostrou as seguintes características, para os anos de 2006 e 2007, respectivamente, pH em CaCl₂, 5,5 e 5,2; alumínio, não detectado; potássio, 0,03 e 0,04 cmol_c dm⁻³; cálcio, 0,90 e 1,01 cmol_c dm⁻³; magnésio, 0,32 e 0,30 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica, 9,75 e 10,03 g dm⁻³; fósforo, 26,87 e 30,01 mg dm⁻³; células de rizóbio nodulantes de soja, 50 e 21 unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de solo; areia, 852 e 870 g kg⁻¹; argila, 138 e 120 g kg⁻¹; e silte, 11 e 10 g kg⁻¹. A precipitação pluviométrica (mm) durante o período entre a inoculação em pré-semeadura e a implantação dos experimentos em 2006 e 2007 foi, respectivamente: dia da inoculação, 11,2 e 49,6; primeiro dia após a inoculação, 4,0 e 16,2; segundo dia, 5,8 e 41,0; terceiro dia, 52,4 e 98,6; quarto dia, 4,6 e 4,8; e quinto dia, 22,8 e 0,0.

Como adubação, foram aplicados no plantio, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Aos 35 dias após a emergência das plantas (DAE), foram aplicados, em cobertura, 50 kg ha⁻¹ de K₂O, 2,5 g ha⁻¹ de Co e 20,0 g ha⁻¹ de Mo, na forma de cloreto de potássio, cloreto de cobalto

e molibdato de sódio, respectivamente. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para a região (Smiderle, 2007).

Em 2006, a inoculação padrão foi realizada com produto comercial em veículo turfoso com as estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 (CPAC-15) e SEMIA 5080 (CPAC-7), na dose de 1,2 milhão de células bacterianas por semente de soja. A inoculação em pré-semeadura (antecedência de cinco dias da semeadura) foi realizada com o mesmo produto e dose do tratamento anterior. Utilizou-se tratamento controle sem nitrogênio e sem inoculação, e outro sem inoculação e com 200 kg ha⁻¹ de N mineral na forma de ureia (50% aplicados no plantio e 50% aplicados aos 35 DAE). Em 2007, foram avaliados estes mesmos tratamentos, além da aplicação nas sementes do fungicida carboxin+thiram – cerca de 600 mg kg⁻¹ do ingrediente ativo (i.a) carboxin mais 600 mg kg⁻¹ do i.a thiram, seguida da inoculação padrão e em pré-semeadura. A inoculação foi realizada com aplicação nas sementes de soja de 5 mL kg⁻¹ de solução açucarada a 10%, seguida de homogeneização, aplicação ou não do fungicida, aplicação do inoculante e nova homogeneização. As sementes que receberam a inoculação padrão foram semeadas logo em seguida, enquanto as sementes inoculadas em pré-semeadura foram mantidas em temperatura ambiente em sacos de polietileno abertos e abrigados em galpão, durante o período de cinco dias.

Ambos os experimentos foram conduzidos em blocos ao acaso com seis repetições, em parcelas de 5x4 m, e a semeadura consistiu na distribuição manual das sementes de soja, cv. BRS Tracajá, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 14 a 15 sementes por metro. Aos 35 DAE, foram avaliados o número e massa de nódulos secos, massa da matéria seca da parte aérea e N total na parte aérea, pelo método de Kjeldahl (Liao, 1981). As avaliações foram realizadas seguindo-se o procedimento de coletar 10 plantas linearmente, na segunda linha de plantio de cada parcela, tendo-se desconsiderado 1 m em cada extremidade da linha. Na colheita, avaliaram-se produtividade (13% de umidade) e conteúdo de N nos grãos. A área útil colhida foi de 5,4 m² (3 m das quatro linhas centrais de cada parcela). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nos dois experimentos, a inoculação realizada com antecedência de cinco dias da semeadura proporcionou

número e massa de nódulos estatisticamente igual à inoculação padrão. As médias do número de nódulos foram superiores a 20 por planta e a massa superior a 200 mg por planta (Tabela 1). Além disso, esses tratamentos proporcionaram nodulação superior aos tratamentos controle e nitrogenado. Em 2007, quando se realizou o tratamento de sementes com fungicida antes da aplicação do inoculante, verificou-se que, no tratamento com a inoculação em pré-semeadura, houve redução no número e massa de nódulos, com valores semelhantes aos observados no controle sem inoculação. Contudo, na inoculação padrão, não foi observado efeito negativo significativo do fungicida sobre a nodulação.

Pode-se verificar que ambos os métodos de inoculação, sem o uso de fungicidas, proporcionaram quantidade e massa dos nódulos adequadas para a cultura da soja (Cardoso et al., 2009). Isso indica que as bactérias inoculadas foram capazes de sobreviver nas sementes de soja durante o período de armazenagem de cinco dias, o que pode ter sido favorecido pelo uso do veículo turfoso, que protege as bactérias fisicamente (Temprano et al., 2002) e, também, pela alta umidade relativa do ar, proporcionada pela pluviosidade ocorrida durante cinco dias decorridos entre a inoculação em pré-semeadura e a semeadura da soja – cerca de 100 e 200 mm em 2006 e 2007, respectivamente. Por sua vez, também ficou evidente

que a inoculação em pré-semeadura aumentou o efeito negativo do fungicida à base de carboxin+thiram sobre as bactérias inoculantes, mesmo esse fungicida tendo apresentado baixa toxicidade para as estirpes de *B. japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080, quando a inoculação foi realizada no dia do plantio (Campo et al., 2009; Zilli et al., 2009).

Quanto à massa de matéria seca da parte aérea e à produtividade de grãos, constatou-se que o tratamento sem inoculação e com adubação nitrogenada e os inoculados apresentaram valores semelhantes entre si e superiores ao controle, em ambos os anos de experimentação, exceto quando foi realizado o tratamento de sementes com o fungicida e a inoculação foi realizada em pré-semeadura (Tabela 1). Nesse caso, as plantas produziram cerca de 70% menos biomassa e 30% menos grãos, comparativamente à inoculação em pré-semeadura sem a aplicação do fungicida.

Quanto ao acúmulo de N, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em nenhum dos experimentos (Tabela 1). Esse acúmulo de N semelhante entre os tratamentos provavelmente ocorreu em razão das plantas ainda estarem utilizando nitrogênio disponível no solo até o período da avaliação das plantas, fato também observado em outros trabalhos (Zilli et al., 2009). Nos grãos, observou-se que todos os tratamentos inoculados, e também o tratamento com adubação nitrogenada, proporcionaram maior acúmulo de N do que o controle.

Tabela 1. Nodulação, massa de matéria seca da parte aérea, produtividade de grãos e acúmulo de N na parte aérea e nos grãos de soja, em função dos tratamentos⁽¹⁾.

Tratamento	Número de nódulos por planta ⁽²⁾	Massa de nódulos (mg por planta)	Massa de matéria seca (g por planta)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Conteúdo de N na matéria seca (mg por planta)	Conteúdo de N nos grãos (kg ha ⁻¹)
2006						
Controle	0,99b	18,3b	1,6b	1.650,2b	82,1a	145,0b
Controle + 200 kg ha ⁻¹ de N	2,39b	2,9b	5,3a	3.249,3a	98,4a	207,0a
Inoculação padrão	24,85a	236,5a	3,9a	3.562,4a	99,2a	217,8a
Inoculação em pré-semeadura	22,05a	232,7a	3,7a	3.804,1a	108,4a	218,1a
CV (%)	21,6	30,9	32,9	18,2	25,9	20,0
2007						
Controle	1,9b	29,2b	1,3b	1.859,9c	103,4a	143,8b
Controle + 200kg ha ⁻¹ de N	2,7b	43,9b	4,9a	3.257,9a	123,7a	170,7a
Inoculação padrão	29,3a	226,3a	4,2a	3.437,5a	130,7a	179,9a
Inoculação padrão +Fungicida	25,4a	193,8a	3,9a	3.541,2a	125,5a	182,7a
Inoculação em pré-semeadura	28,0a	240,2a	5,3a	3.671,9a	137,9a	179,1a
Inoculação em pré-semeadura + Fungicida	1,5b	30,4b	1,7b	2.550,2b	124,9a	181,0a
CV (%)	29,0	17,7	21,1	12,5	22,1	22,2

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾A comparação das médias de nodulação foi realizada por meio da transformação com uso de raiz quadrada.

Esses resultados foram obtidos em experimentos conduzidos em solo arenoso, pobre em matéria orgânica e praticamente desprovido de bactérias nodulantes da soja. Contudo, avaliações em outras regiões do país são necessárias, a fim de que seja possível estabelecer uma recomendação para a cultura nas diversas regiões. Também é importante considerar que os inoculantes utilizados neste trabalho consistiam de produtos comerciais em veículos turfosos e que o uso de inoculantes com outras formulações também precisa ser avaliado. Além disso, também é possível que mesmo produtos turfosos apresentem diferenças na proteção bacteriana.

Referências

- ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v.252, p.1-9, 2003.
- CAMPO, R.J.; ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v.48, p.154-163, 2009.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DE INOCULANTES DE INTERESSE AGRÍCOLA, 13., Londrina, 2006. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.89-123 (Embrapa Soja. Documentos, 290).
- CARDOSO, J.D.; GOMES, D.F.; GOES, K.C.G.P.; FONSECA JUNIOR, N. da S.; DORIGO JUNIOR, O.F.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, p.1760-1763, 2009.
- DATE, R.A. Advances in inoculant technology: a brief review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.321-325, 2001.
- DEAKER, R.; ROUGHLEY, R.J.; KENNEDY, I.R. Legume seed inoculation technology: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, 1275-1288, 2004.
- HERRIDGE, D.F. Inoculation technology for legumes. In: DILWORTH, M.J.; JAMES, E.K.; SPRENT, J.I.; NEWTON, W.E. (Ed.). **Nitrogen-fixing leguminous symbioses**. Dordrecht: Springer, 2008. p.77-115.
- LIAO, C.F.H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of American Journal**, v.45, p.852-855, 1981.
- SMIDERLE, O.J. (Coord.). **Cultivo da soja no cerrado de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. 84p. (Embrapa Roraima. Sistemas de produção, 1).
- TECNOLOGIAS de produção de soja: região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 280p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 12).
- TEMPRANO, F.J.; ALBAREDA, M.; CAMACHO, M.; DAZA, A.; SANTAMARÍA, C.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, D.N. Survival of several *Rhizobium/Bradyrhizobium* strains on different inoculant formulations and inoculated seeds. **International Microbiology**, v.5, p.81-86, 2002.
- ZILLI, J.E.; RIBEIRO, K.G.; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.917-923, 2009.

Recebido em 8 de janeiro de 2010 e aprovado em 10 de fevereiro de 2010