

# FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE N<sub>2</sub> POR CULTIVARES DE SOJA EM PRIMEIRO CULTIVO NO OESTE PAULISTA

Fabio Fernando de Araujo<sup>1</sup>; Carlos Sergio Tiritan<sup>2</sup>; José Eduardo Creste<sup>3</sup>; Wesley Messias de Menezes<sup>4</sup>

1- FCA/UNOESTE - P. Prudente, SP.; 2- FCA/UNOESTE - P. Prudente, SP.; 3 - FCA/UNOESTE, P. Prudente, SP.; 4- FCA/UNOESTE, P. Prudente, SP.

## RESUMO

A inoculação de semente de soja é uma técnica amplamente difundida na agricultura, porém em solos de cultivo sucessivos da cultura, a resposta a inoculação é pequena, devido principalmente ao estabelecimento de comunidade de *Bradyrhizobium* spp. no solo. Contudo, em áreas de primeiro cultivo da soja a presença das espécies fixadoras de N é muito pequena ou inexistente, sendo a inoculação das sementes uma prática imprescindível. Durante a safra 2005-2006 em Presidente Prudente, SP, foi realizado experimentos em casa de vegetação e campo, em solo de primeiro cultivo da soja, com objetivo de selecionar cultivares recomendados para a região que apresentasse maior potencial simbiótico com as estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas comercialmente. A cultivar de soja MG/BR 46 (conquista) apresentou bom desempenho quanto a nodulação, entre as cultivares avaliadas, em casa de vegetação. Esta cultivar foi avaliada em condições de campo e também apresentou desempenho satisfatório nos parâmetros de fixação biológica de nitrogênio. O rendimento e acúmulo de N nos grãos obtidos com esta cultivar aumentaram em 95% e 133%, respectivamente, quando inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. em área de primeiro cultivo.

**Palavras chaves:** *Bradyrhizobium*, soja, fixação de N<sub>2</sub>, inoculação, cultivares.

## BIOLOGICAL FIXATION OF N<sub>2</sub> BY SOYBEAN CULTIVARS IN FIRST CULTIVATION IN THE WESTERN PAULISTA

### ABSTRACT

The inoculation of the soybean seed is a technique widespread in agriculture, but in land under cultivation successive culture, the response to inoculation is small, mainly due to the establishment of community of *Bradyrhizobium* spp. In soil. However, in areas of primary cultivation of soybeans the presence of the symbiotics species is very small or nonexistent, and the inoculation of seed a practice essential. During the crop 2005-2006 in Presidente Prudente, SP, was conducted experiments in greenhouse and field in the first soil cultivation of soybean, in order to select cultivars recommended for the region to present more symbiotic potential with the strains of *Bradyrhizobium* recommended commercially. A variety of soybean MG/BR 46 (conquista) had good performance on nodulation, among cultivars evaluated, in greenhouse. This plant has been evaluated in conditions of field and also had satisfactory performance in the parameters of biological nitrogen fixation. The yield and accumulation of N in grain obtained with this cultivar increased by 95% and 133%, respectively, when inoculated with *Bradyrhizobium* spp. in the area of primary cultivation.

**Keywords:** *Bradyrhizobium*, soybean, N<sub>2</sub> fixation, inoculation, cultivars.

## INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pela soja. Para uma produção de 2000 Kg de grãos, são necessários 170 Kg de N o que equivale a 380 Kg de uréia (Costa, 1996). Basicamente, as fontes de N disponíveis para a cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) (Hungria et al., 1997). Resultados de pesquisas têm falhado em mostrar aumento de rendimento pelo fornecimento de nitrogênio mineral, em diversos estádios de desenvolvimento da soja, mesmo com a aplicação de doses elevadas de nitrogênio tem havido, inclusive, redução do rendimento (Costa, 1996). A FBN resultante da simbiose entre bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e a soja tem proporcionado o nitrogênio suficiente para a cultura, atingindo valores elevados de produtividade. Assim, patamares superiores a 4000 Kg ha<sup>-1</sup> são obtidos exclusivamente pela inoculação, não sendo necessário nenhuma complementação com fertilizantes nitrogenados (Hungria et al. 2001). Segundo Sedyama et al. (1985), uma boa fixação de nitrogênio não depende apenas da inoculação com a bactéria. Diversos fatores relacionados com o solo e com a planta hospedeira podem dificultar a fixação do nitrogênio atmosférico, refletindo em baixo rendimento da cultura. A busca de genótipos de soja que nodulem e fixem N<sub>2</sub> de modo eficiente com as estirpes estabelecidas no solo vem sendo sugerida como uma alternativa para incrementar a produtividade (Weiser et al., 1990).

A inoculação de sementes é o primeiro passo para a obtenção de boa nodulação e adequado suprimento de nitrogênio às plantas leguminosas. Em áreas de primeiro cultivo com soja, devido a ausência de rizóbio nativo capaz de nodulá-la, justifica-se a obrigatoriedade da inoculação (Hungria et al. 2001). Estes mesmos autores também relataram que em solos de primeiro ano sob vegetação de cerrado, foram encontrados vários insucessos da inoculação. A

região oeste paulista vem se constituindo, nos últimos anos, em uma nova fronteira agrícola para soja, principalmente pelo arrendamento de áreas tradicionalmente cultivadas por pastagens há várias décadas. Nestes solos, predominantemente ácidos e arenosos, existem poucos relatos sobre a resposta de cultivares de soja, recomendadas para a região, à inoculação com rizóbio. Desta forma este trabalho tem como objetivo avaliar em sete cultivares de soja o potencial de nodulação com o rizóbio presente no inoculante e selecionar o de melhor potencial para confirmar seu desempenho em condições de campo em área de primeiro ano de soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na casa de vegetação e área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias, Campus II, da Universidade do Oeste Paulista em Presidente Prudente, nos anos de 2005 e 2006.

Os cultivares de soja utilizados no trabalho foram: BRS 132, BRS 133, BRS 212, BRS 214, CD 207, CD 206 e MG/BR 46 (conquista), os quais constam entre os recomendados pela pesquisa (Embrapa, 2004) para cultivo no Estado de São Paulo. No experimento de casa de vegetação cada tratamento, com quatro repetições, foi constituído do cultivar de soja inoculada e não inoculada com o *Bradyrhizobium japonicum*. Para a inoculação das sementes foi utilizado inoculante turfoso comercial (concentração de 1,0.10<sup>9</sup> células g<sup>-1</sup>) o qual continha duas estirpes de *B. japonicum* (SEMIA 5019 e 5080) recomendadas pela pesquisa. A dosagem utilizada foi de 500 g de inoculante para 50 Kg de semente, recomendada pelo fabricante quando do plantio da soja em solo de primeiro cultivo da soja. A inoculação foi realizada com o umedecimento prévio das sementes de soja com uma solução açucarada (10% p v<sup>-1</sup>) na proporção de 6 ml Kg<sup>-1</sup> de semente (Hungria

et al. 2001). Os tratamentos foram conduzidos em vasos com 5 Kg de solo coletado da área experimental da Unoeste, Presidente Prudente, SP, sem relato de plantio de soja há várias décadas. Este solo foi classificado como ARGISOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO, textura média-argilosa. A análise do solo realizada, segundo metodologia de Van Raij et al. (2001), apresentou os seguintes resultados: pH ( $\text{CaCl}_2$ ) = 5,2; Al ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) = 0; Mat. orgânica. ( $\text{g dm}^{-3}$ ) = 13; P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) = 70; K ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) = 3; Ca ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) = 15; Mg ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) = 7; V% = 56; CTC ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) = 55. Em cada vaso foram semeadas cinco sementes. Após a germinação realizou-se o desbaste das plantas, deixando duas plantas por vaso. O experimento na casa de vegetação foi conduzido durante 40 dias (08/09/05 a 18/10/05), procedendo-se a reposição hídrica sempre que necessário.

Decorrido os 40 dias as plantas foram colhidas, separando-se a raiz da parte aérea. Os nódulos foram destacados da raiz e contados. Após este procedimento a parte aérea, raiz e nódulos foram secados em estufa (60° C), até peso constante, para determinação da matéria seca.

O experimento de campo foi instalado em 03/12/2008, empregando-se a variedade de soja conquista que apresentou maior potencial de nodulação e produção de matéria seca no experimento de casa de vegetação. O experimento foi conduzido, na área experimental da Unoeste no mesmo local onde foi coletado o solo para o experimento de casa de vegetação, empregando-se o delineamento blocos ao acaso com dois tratamentos (inoculado e não inoculado) e quatro repetições. Para inoculação das sementes foi utilizado o mesmo procedimento anterior. As parcelas tinham a dimensão de 3,0 x 5,0 m, o espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre linhas, sendo semeados 15 sementes por m linear. As plantas de soja foram conduzida procedendo-se com todos os

tratos culturais necessários, sendo efetuada a adubação no plantio com 400 Kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral NPK na formulação comercial (04-30-10). Em relação ao controle de pragas na cultura efetuou-se o controle dos percevejos com inseticida a base Methamidophós (1L ha<sup>-1</sup>). Para o controle de plantas daninhas foi efetuada a aplicação de herbicidas a base Fluazifop (1L ha<sup>-1</sup>) e Bentazon (1,5 L ha<sup>-1</sup>). Aos 60 dias, após o plantio, foram coletadas 10 plantas de cada parcela para avaliação de nodulação e teor de nitrogênio foliar seguindo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A colheita da soja foi efetuada em 16/05/06, sendo avaliada a produção de grãos em cada parcela, coletando as duas linhas de plantas centrais, para cálculo do rendimento de grãos por hectare. Foram retiradas amostras de grãos de cada tratamento para análise da concentração de N no grão seguindo metodologia de Malavolta et al. (1997)

Os experimentos foram conduzido em blocos ao acaso com quatro repetições utilizando-se o programa Sanest para efetivação da análise estatística e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados possibilitaram diagnosticar diferenças no potencial de desenvolvimento das cultivares, com ou sem inoculação, com relação ao peso seco da parte aérea e raiz e no número de nódulos (Tabela 1). Observa-se que o desenvolvimento das cultivares BRS 212, BRS 214 e conquista foi superior aos demais cultivares com relação ao peso seco da parte aérea. O cultivar BRS 133 apresentou o pior desempenho, entre as cultivares avaliados, no tocante ao desenvolvimento da parte aérea. Bohrer & Hungria (1998) concluíram, em avaliação de cultivares de soja quanto a fixação biológica de N, que o peso seco da parte aérea é suficiente para seleção

de genótipos de soja mais promissores em casa de vegetação.

**Tabela 1:** Nodulação e crescimento de sete cultivares de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Experimento conduzido em casa de vegetação, durante 40 dias. Unoeste, Presidente Prudente, SP.

Tratamento		Massa da parte aérea seca (g planta <sup>-1</sup> )	Número de nódulos por planta	Massa da raiz seca (g planta <sup>-1</sup> )
BRS 132	Inoculado	0,910 cd <sup>1</sup>	11,50 bc	0,357 e
	Controle	0,740 cd	- <sup>2</sup>	0,275 d
BRS 133	Inoculado	0,757 d	10,50 c	0,335 e
	Controle	0,585 d	-	0,287 d
BRS 212	Inoculado	1,175 ab	18,50 a	0,665 a
	Controle	1,037 ab	-	0,575 a
BRS 214	Inoculado	1,237 a	18,75 a	0,597 ab
	Controle	1,100 a	-	0,487 b
Conquista	Inoculado	1,262 a	20,25 a	0,582 b
	Controle	0,980 ab	-	0,487 b
Coodetec 206	Inoculado	1,097 abc	16,50 ab	0,500 b
	Controle	0,842 bc	-	0,442 bc
Coodetec 207	Inoculado	1,010 bc	15,500 abc	0,517 cd
	Controle	0,842 bc	-	0,387 c

1- Médias seguidas pela mesma letra não se diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

2- Ausência de nódulos

A nodulação das raízes foi considerada satisfatória para todas as variedades de soja avaliadas, sendo encontrada quantidade superior a 10 nódulos por planta (Tabela 1). Sobre isto, Vargas & Hungria (1997) relataram que em solos com baixos teores de N, a soja bem nodulada deve apresentar de quatro a oito nódulos nas primeiras semanas após a emergência. A ausência de nódulos nas plantas que não receberam inoculação confirma o que já era esperado para o plantio de soja em área de primeiro cultivo na região oeste paulista. Nestes solos a população de rizóbio nativo é muito baixa ou inexistente não proporcionando a nodulação adequada para o desenvolvimento da soja. Vários autores têm destacado a importância de se inocular a soja em solos de primeiro ano, pois a resposta ao inoculante é altamente significativa (Hungria et al., 2001).

Com relação a nodulação, em cada cultivar, observou-se que o cultivar de soja “conquista” apresentou tendência para desenvolvimento de maior massa nodular, demonstrando deste modo maior especificidade com as estirpes de *Bradyrhizobium* utilizadas. Isto confirma o que foi encontrado por Bohrer & Hungria (1998) que constatou um efeito acentuado de interação entre variedades e estirpes. Este autor citou que na avaliação de nodulação em 152 cultivares de soja foi constatado que diversas cultivares novas apresentavam capacidade de FBN inferior as parentais. A cultivar conquista é a mais antiga dos cultivares avaliados neste trabalho tendo na sua genealogia a cultivar Bragg que foi uma das pioneiras utilizadas para o melhoramento da soja no país. A variação encontrada em genótipos de soja quanto a FBN foi relatada desde os primeiros estudos condu-

zidos no Brasil, mostrando que o melhoramento de plantas deve ser conduzido com a preservação ou incremento deste processo (Dobereiner & Arruda, 1967). Os cultivares BRS 214, BRS 212, CD 206 e CD 207, também apresentaram respostas promissoras com relação a nodulação. O cultivar BRS 133 foi a que apresentou menor potencial para nodulação com o rizóbio no solo avaliado.

O experimento com inoculação da soja, no campo, em área de primeiro ano de cultivo, reforçou a importância de se introduzir o *Bradyrhizobium* pela inoculação de sementes. Observou-se que o solo, pela ausência ou baixa população de rizóbio nativo proporcionou nodulação insignificante no tratamento não ino-

culado (Tabela 2). Os rizóbios são microorganismos heterotróficos comuns dos solos tanto das regiões temperadas como das regiões tropicais, mas não são membros dominantes da comunidade microbiana (Neves & Rumjanek, 1998). Nas regiões de origem da planta hospedeira, rizóbios nativos estão sempre presentes no solo. Desse modo, como a soja não ocorre naturalmente no Brasil, pois é originária da China, também não existe rizóbio nativo capaz de nodulá-la em áreas de primeiro cultivo e quando a leguminosa hospedeira é introduzida em um novo ambiente, geralmente não se observa a nodulação da mesma, a não ser que as sementes sejam inoculadas com estirpes específicas (Hungria et al., 2001).

**Tabela 2** – Nodulação e concentração de N total na parte aérea de soja (Conquista), inoculada com *Bradyrhizobium japonicum*, cultivada na área experimental da Unoeste, P. Prudente, SP.

Tratamento	Nº de nódulos por planta	Massa nodular seca (mg planta <sup>-1</sup> )	% de N total na parte aérea
Sem inoculação	1,48 a <sup>1</sup>	23,3 a	2,86 a
Com inoculação	20,9 b	247,8 b	3,57 a

1- Médias seguidas pela mesma letra não se diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Cattelan & Hungria (1994) concluíram que uma planta de soja bem nodulada pode ser considerada aquela que na época do florescimento, mostre, no campo, entre 15 a 30 nódulos na raiz. Neste trabalho foi encontrado nodulação acima de 20 nódulos por planta, durante o florescimento o que revela que a soja estava com boa nodulação considerando-se ser uma área de primeiro cultivo de soja. Nesta avaliação (Tabela 2) também foi observado a concentração de 3,57 % de N nas folhas de soja inoculada.

O ganho de produtividade na soja com a simples técnica de inoculação de sementes foi superior a 1350 kg ha<sup>-1</sup> ou seja mais de 25 sacas de soja por hectare (Tabela 3). A produtividade obtida pelo tratamento inoculada foi de

2822 kg ha<sup>-1</sup> bem acima da média nacional em 2004 que foi de 2343 kg ha<sup>-1</sup> (Embrapa, 2004). Desta forma a fixação biológica de nitrogênio proporcionou a cultura rendimentos satisfatórios considerando-se ser área de primeiro cultivo. A inoculação da soja proporcionou ganhos significativos na quantidade de nitrogênio presente nos grãos com valores próximos a 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. Resultados similares, quanto quantidade de nitrogênio extraída pelos grãos, foram encontrados por Lima et al. (1998) quando inoculou a soja (IAS-5), com as mesmas estirpes de *Bradyrhizobium*, em área tradicional de soja em SP.

**Tabela 3** – Rendimento de grãos e concentração de N nos grãos em soja (cultivar conquista), inoculada com *Bradyrhizobium japonicum*, cultivada na área experimental da Unoeste, P. Prudente, SP.

Tratamento	Rendimento de grãos (Kg ha <sup>-1</sup> )	Nitrogênio nos grãos (Kg ha <sup>-1</sup> )
Sem inoculação	1466 b <sup>1</sup>	84,3 b
Com inoculação	2822 a	196,2 a

1- Médias seguidas pela mesma letra não se diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Os resultados encontrados demonstram que a cultivar de soja “conquista” pode ser recomendada para introdução da soja em áreas de primeiro cultivo da soja em condições edafoclimáticas semelhantes a encontrada neste trabalho, pois a mesma apresentou resposta positiva a inoculação com o *Bradyrhizobium*, comparando-se com outros cultivares recomendadas, e apresentou em condições de campo produtividade considerada satisfatória quando comparada com a média nacional.

## CONCLUSÕES

- Os cultivares de soja BRS 212, BRS 214 e conquista apresentaram maior potencial de desenvolvimento fenológico e nodulação com as estirpes de *Bradyrhizobium* utilizadas.
- O cultivar de soja “conquista” apresenta boa resposta quanto a nodulação e fixação de nitrogênio em condições de campo em primeiro cultivo.
- Nas condições do experimento, na região oeste paulista, a inoculação de sementes de soja, cultivar conquista, em área de primeiro cultivo proporcionou ganhos significativos de produtividade e fixação de nitrogênio em soja.

## REFERÊNCIAS

BOHRER, T.R.J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto a fixação biológica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, 937-952, 1998.

CATTELAN, A.J.; HUNGRIA, M. Nitrogen nu-  
Cultura Agrônoma - V. 20, N. 02, 2011

trition and inoculation. In: FAO (ed.) **Tropical soybean – improvement and production**. Rome: FAO, 1994. p. 201-215.

COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Ed. Manica, 1996. 233p.

DOBEREINER, J.; ARRUDA, N.B. Interrelações entre variedades entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja (*Glycine max*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.2, p.475-487, 1967.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja para região central do Brasil (2004-2005)**. Londrina: Embrapa soja, 2004. 239p. (Sistemas de produção, 6)

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

HUNGRIA, M.; VARGAS, A.T.; CAMPOS, R.J. **A inoculação da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1997. 28p. (Circular Técnica, 17)

LIMA, S.C.; LOPES, E.S.; LEMOS E.G.M. Caracterização de rizóbios (*Bradyrhizobium japonicum*) e produtividade da soja. **Scientia Agrícola**, v.55, p.360-366, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato, 1997. 201p.

NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Ecologia das bactérias diazotróficas nos solos tropicais.

In: Melo ISM and Azevedo JL (eds.) *Ecologia Microbiana*. Jaguariúna: Embrapa meio ambiente, 1998. 15-60.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja**. Viçosa: UFV, 1985. 96p.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 284p.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa cerrados, 1997. 524p.

WEISER, G.C.; SKIPPER, H.D.; WOLLUM II, A.G. Exclusion of inefficient *Bradyrhizobium japonicum* serogroups by soybean genotypes. **Plant and soil**, v.121, p.99-105, 1990.

