

Formas de aplicação de inoculante *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja

Andressa Bernardino Oleinik¹ e Luiz Antônio Zanão Júnior²

Resumo: A soja é a cultura anual de maior expressão econômica no Brasil, sendo a mais importante oleaginosa cultivada no mundo. O nutriente mais requerido pela cultura da soja é o nitrogênio (N). Desse modo uso de inoculante com bactérias fixadoras de N tornou-se uma tecnologia indispensável para essa oleaginosa. Este estudo teve como objetivo avaliar diferentes formas de inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja. O trabalho foi conduzido na safra 2017/2018, na Fazenda Escola do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel - PR. Foram avaliadas as seguintes formas de aplicação do inoculante: inoculação na semente; inoculação por pulverização no sulco de semeadura; inoculação por pulverização em cobertura e um tratamento em que foram realizadas todas as três formas de inoculação. Além disso, foi avaliada a testemunha, sem inoculação. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliados o número de vagens por planta, produtividade e massa de mil grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Sisvar. A inoculação da soja com *Bradyrhizobium japonicum* aumentou o número de vagens por planta, a produtividade e a massa de mil grãos da soja. A pulverização do inoculante no sulco de semeadura proporcionou os melhores resultados.

Palavras-chave: *Bradyrhizobium japonicum*; nutrição de plantas; inoculação.

Forms of application of *Bradyrhizobium japonicum* inoculant in soybean crop

Abstract: Soybean is the annual crop with the greatest economic expression in Brazil, being the most important oilseed crop in the world. The nutrient most required by the soybean crop is nitrogen (N). Thus, use of inoculant with N-fixing bacteria has become an indispensable technology for this oleaginous. This study aimed to evaluate different forms of inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* in the soybean crop. The work was conducted in the 2017/2018, at the School of the Assis Gurgacz Foundation University Center, Cascavel - PR. The following inoculant application methods were evaluated: seed inoculation; inoculation by spraying in the seeding groove; inoculation by spray coating and a treatment in which all three forms of inoculation were performed. In addition, the control was evaluated without inoculation. The statistical design adopted was a randomized block design, with four replications. The number of pods per plant, yield and mass of one thousand grains were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. Statistical analyzes were performed using the statistical program Sisvar. The inoculation of soybean with *Bradyrhizobium japonicum* increased the number of pods per plant, yield and the mass of one thousand grains of soybean. Spraying the inoculant in the sowing groove gave the best results.

Key words: *Bradyrhizobium japonicum*, plant nutrition; inoculation.

¹Graduanda de Agronomia do Centro Universitário Fundação Assis (FAG) – PR. andressa.oleinik@hotmail.com.

²Engenheiro Agrônomo. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas (UFV). Professor do Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG Gurgacz) – PR. lazan10@hotmail.com.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) originária da China, pertencente à família das Fabaceae (leguminosas). É a cultura anual de maior expressão econômica no Brasil, apresentando nas últimas cinco décadas uma taxa de crescimento superior à taxa de crescimento populacional, mantendo-se em destaque na alimentação humana e animal, sendo a mais importante oleaginosa cultivada no mundo (SANTOS NETO *et al.*, 2013). Segundo SEAB (2016), nas últimas cinco safras, houve aumento de 19 % na produção nacional, sendo o Paraná o segundo maior produtor com cerca de 28 % da produção nacional.

O nutriente mais requerido pela cultura da soja é o nitrogênio (N). São necessários 80 kg de N para produzir 1000 kg de grãos. Desses, 15 kg são acumulados nas folhas, caule e raiz e 65 kg nos grãos (HUNGRIA; RUBENS; NOGUEIRA, 2012).

As fontes de N para a cultura são basicamente os fertilizantes nitrogenados e o N atmosférico que se torna disponível através da fixação biológica do nitrogênio (FBN), através das BFN (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2007).

O processo de fixação biológica de N ocorre pela associação simbiótica de plantas leguminosas com bactérias pertencentes aos gêneros *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium* e *Rhizobium*. No caso da soja a fixação de nitrogênio ocorre principalmente pelas bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

De acordo com Zilli; Campo e Hungria, (2010) o uso de inoculante com bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN) do gênero *Bradyrhizobium*, se tornou uma tecnologia indispensável para a cultura da soja. Essas BFN têm-se mostrado bastante eficientes e, portanto, colaborando para um aumento no rendimento da cultura.

Segundo Lobo e Nogueira, (2014) a inoculação da soja com *Bradyrhizobium*, é uma prática realizada via tratamento de sementes, sendo o mesmo aplicado no momento da semeadura, porém nem sempre é eficiente, pelo fato de serem aplicados em conjuntos com fungicidas, inseticidas e micronutrientes, causando toxidez às bactérias.

Como alternativa para reduzir os efeitos negativos e viabilizar a inoculação, Zhang e Smith (1996) descrevem a inoculação no sulco de semeadura, como uma, estratégia com mais eficiência na inoculação.

No entanto, este procedimento deve ser adotado desde que a dose de inoculante seja no mínimo, seis vezes superior a dose indicada para a inoculação nas sementes, conforme Embrapa (2004). Vieira Neto *et al.* (2008) acreditam ainda, que esta forma de inoculação venha proporcionar um ambiente compatível com os demais tratamentos de sementes.

Pesquisas realizadas demonstram a grande eficiência da FBN para a cultura da soja. Em um estudo realizado na safra 2006/2007, onde se comparou a inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura e com a inoculação tradicional nas sementes. Verificou-se que a inoculação no sulco de semeadura proporcionou desempenho da FBN semelhante ao da inoculação realizada diretamente na semente. Assim, a inoculação no sulco de semeadura mostrou-se uma alternativa viável para a soja, quando a mesma está tratada com fungicidas (ZILLI; CAMPO; HUNGRIA, 2010).

Segundo Zilli *et al.* (2008), se constatada a falha na nodulação na lavoura, o produtor necessita contornar o problema. Uma alternativa seria adubação nitrogenada, o que aumenta o custo de produção. Em alguns casos, são realizadas aplicações de inoculantes diluídos em água, em cobertura da lavoura, empiricamente tendo mostrado respostas positivas. Esses autores avaliaram essa inoculação em cobertura e verificaram um incremento na nodulação e na produção de matéria seca das plantas aos 45 e 60 dias, proporcionando um aumento na produtividade de grãos da soja.

Frente ao exposto, este estudo tem como objetivo avaliar diferentes formas de inoculação na cultura da soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra 2017/2018, na Fazenda Escola do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz - FAG, localizada no município de Cascavel - PR, cujas as coordenadas geográficas são 24°56'43" Sul e 53°30'56" Oeste e uma altitude de 699 m.

A região possui clima subtropical mesotérmico superúmido e solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico Típico. As amostras de solo da área experimental foram submetidas à caracterização química antes da instalação do experimento (Tabela 1).

A cultivar utilizada no exposto trabalho foi a BRASMAX GARRA IPRO, considerada uma soja de alto nível tecnológico e de alto potencial produtivo, sendo uma cultivar de ciclo indeterminado e grupo de maturidade 6.3. As adubações, os tratos culturais bem como as aplicações de inseticidas e fungicidas ocorreram de acordo com o desenvolvimento da cultura e recomendações técnicas.

Tabela 1 - Teores de pH, macronutrientes, alumínio, acidez potencial, matéria orgânica, saturação de base da análise de solo de amostragem retirada de 0 a 10 cm do solo do experimento.

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	V
		mg dm ⁻³	cmol dm ⁻³					g dm ⁻³	%
5,10		16,43	0,44	7,33	1,65	0,00	5,76	42,79	62,06

P, K - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ - pH 7,0.

Fonte: do autor - 2018.

Foram avaliados cinco tratamentos contemplando métodos de inoculação das sementes de soja com *Bradyrhizobium japonicum*, sendo tratamento 1 = testemunha, sem inoculação; tratamento 2 = inoculação via tratamento de sementes; tratamento 3 = inoculação por pulverização no sulco de semeadura; tratamento 4 = inoculação por pulverização em cobertura e tratamento 5 = inoculação via tratamento de sementes + inoculação por pulverização no sulco de semeadura + inoculação por pulverização em cobertura.

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de 6 m, espaçadas em 0,45 cm, com uma área útil total de 10,8 m². A semeadura foi realizada de forma mecanizada, em sistema de plantio direto sobre a palhada de aveia. As sementes foram tratadas com fungicida Fludioxonil + Metalaxyl - M (1 ml kg⁻¹ sementes), e com inseticida Thiametoxan (2 ml kg⁻¹ sementes) e Abamectina (1 ml kg⁻¹ sementes).

Em todos os tratamentos em que houve inoculação, foi utilizado inoculante líquido, cuja dose recomendada e utilizada no presente trabalho foi de 60 mL para 50 kg de sementes.

O inoculante apresenta aproximadamente 7×10^9 células g⁻¹ de *Bradyrhizobium japonicum* sendo inoculadas de forma manual, com o auxílio de um recipiente plástico no tratamento de sementes.

Para as aplicações no sulco e cobertura foi utilizada uma máquina costal, onde foram realizadas aplicações direcionadas ao solo, utilizando-se um bico tipo leque. A dose do inoculante utilizada foi de 360 mL ha⁻¹, conforme recomendações do fabricante.

A inoculação de cobertura foi realizada quando as plantas estavam no estágio fenológico V3, facilitando assim o contato da bactéria com o solo, sendo que as sementes utilizadas neste experimento já estavam tratadas industrialmente com fungicidas e inseticidas.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: número de vagens por planta, produtividade e massa de mil grãos.

Na colheita, foram contados o número de vagens por planta de dez plantas de cada parcela, para obtenção do valor médio.

A produtividade de grãos foi determinada na área útil de cada parcela, transformados em kg ha⁻¹ a 13 % de umidade (base úmida). A colheita foi realizada manualmente.

A massa de mil grãos foi determinada em balança de precisão, com teor de água dos grãos corrigido para 13 % (base úmida), sendo realizadas em cinco repetições por unidade experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade com o auxílio do programa Sisvar.

Resultados e Discussão

Verifica-se diferença significativa a 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott nas variáveis produtividade, massa de mil grãos e quantidade de vagens por planta, quando comparadas com a testemunha conforme (Tabela 2).

Tabela 2 - Produção de vagens por plantas, produtividade e massa de mil grãos de soja em função da forma de inoculação e formas de aplicação do inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*). Cascavel, PR, 2018.

Tratamentos	Vagens por planta	Massa de mil grãos	Produtividade
		----- g -----	----- kg ha ⁻¹ -----
T1 - Testemunha	40,50 b	121,55 c	2704,4 c
T2 - Inoculação semente (ISE)	43,00 b	130,68 b	3189,8 b
T3 - Inoculação sulco (IS)	46,00 a	141,65 a	3706,6 a
T4 - Inoculação de cobertura (IC)	43,75 b	130,45 b	3014,4 b
T5 - ISE+ IS+ IC	46,25 a	141,68 a	3670,0 a
CV (%)	4,94	1,8	4,93

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: do autor - 2018

Bárbaro *et al.* (2009), afirmam que o inoculante com *Bradyrhizobium*, atua entre rizóbios e leguminosas proporcionando maior produtividade na soja. Porém, Campo e Hungria (2000), constataram que os fungicidas e inseticidas testados em seus experimentos, tiveram uma redução de no mínimo de 20 % no número de células nos tratamentos com inoculação nas sementes, podendo ultrapassar 60 % de mortalidade das bactérias fixadoras de nitrogênio.

A quantidade de vagens por planta foi maior quando houve inoculação no sulco de semeadura e quando os três modos de aplicação do inoculante foram aplicados, sendo 46 vagens por planta em média. Isso representa um aumento de quase 10 % em comparação com a

testemunha. A inoculação via tratamento de sementes e via cobertura proporcionaram menor produção de vagens por planta e não diferiram da testemunha, sem inoculação (Tabela 2).

Correia (2015), obteve resultados semelhantes aos descritos neste trabalho. Em seu experimento conduzido na safra 2015, analisou a semeadura em sistema de plantio direto (área A) e sistema convencional (área B) com a utilização de inoculantes via semente e sulco de plantio. Nas duas áreas, o número de vagens foi maior quando a inoculação foi via sulco de semeadura, tendo um ganho médio de 15 % em relação à inoculação via semente.

Referente a massa de mil grãos, os tratamentos que se destacaram estatisticamente foram a inoculação via sulco e os três modos de inoculação, havendo um ganho médio de 16,56 % em relação a testemunha, enquanto que a inoculação nas sementes e inoculação de cobertura representaram um ganho médio de 7,42 % (Tabela 2).

Com relação à produtividade, os resultados que se sobressaíram foram inoculação via sulco e o tratamento em que os três modos de inoculação foram avaliados, que apresentou uma maior produtividade em relação aos demais tratamentos. Houve um ganho de 37 % no tratamento onde a inoculação foi via sulco de semeadura, obtendo-se uma produção de 3,706 kg ha⁻¹, sendo semelhantes as medias de produtividade do Paraná (CONAB 2016), quando comparadas a testemunha, que apresentou uma produtividade de 2 704 kg ha⁻¹, sem inoculação (Tabela 2).

Em um estudo realizado por Zilli *et. al.* (2010), corrobora as informações descritas acima. Pois o mesmo, encontrou resultados semelhantes, no qual seu experimento teve como objetivo avaliar a inoculação via sulco como uma alternativa a inoculação via semente, onde houve um aumento de 20 % na produtividade quando inoculando via sulco.

Os resultados indicam que a testemunha sem inoculação apresentou os piores resultados, reforçando a necessidade dessa prática na cultura da soja. Quando comparados os métodos de inoculação, os melhores resultados foram obtidos com a inoculação via sulco de semeadura seguindo do tratamento em que os três foram realizados. Diante desse fato, conclui-se que a inoculação via pulverização no sulco de semeadura proporcionou os melhores resultados pois os outros métodos de inoculação isolados não foram tão eficientes quando a pulverização no sulco. Essa prática beneficia as bactérias pois evita seu contato com produtos químicos como os utilizados no tratamento de sementes.

Conclusões

A inoculação da soja com *Bradyrhizobium japonicum* aumentou o número de vagens por planta, a produtividade e a massa de mil grãos da soja. A pulverização do inoculante no sulco de semeadura proporcionou os melhores resultados.

Referências

- BÁRBARO, I. M.; MACHADO, C. P.; JUNIOR, B. S. L.; TICELLI, M.; MIGUEL, B. F.; SILVA, A. A. J. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e coinoculação. **Colloquium agrariae**, v.5, n.1, p. 1-7, 2009.
- CAMPO, J. R.; HUNGRIA, M. Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja. **Circular técnica**, n.26, 32 p. Londrina: Embrapa Soja, 2000.
- CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra brasileira de Grãos 2016/17.** Primeiro levantamento, outubro 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 27 maio 2016.
- CORREIA, T. P. S. **Eficiência operacional, econômica e agrônômica da inoculação de soja via sulco de semeadura.** 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu, São Paulo, 2015.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Agropecuária - **Sistema de Produção. Tecnologia de Produção de Soja** - Paraná 2005. Londrina: Embrapa Soja. 2004. 224p.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. **Circular técnica**, n.35, 48p. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2001.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R.S. **Importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: Componente essencial para a competitividade do produto brasileiro.** Embrapa Soja. Londrina, PR. 2007.
- HUNGRIA, M; RUBENS, J. C; NOGUEIRA, M. A. A pesquisa em Fixação Biológica do Nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras. **Anais. XVI Relare.** Londrina – PR, 2012.
- LOBO, D.; NOGUEIRA, L. C. A. [s.d.]. **Aplicação de inoculante via sulco na cultura da soja.** Disponível em: http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/IfLPclDbwEe2gG7_2014-4-16-15-59-44.pdf.
- SANTOS NETO, J. T.; LUCAS, F. T.; FRAGA, D. F.; OLIVEIRA, L. F.; PEDROSO NETO, J. C. Adubação nitrogenada, com e sem inoculação de semente, na cultura da soja. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.10, n. 1, p. 8-12, 2013.
- SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Soja – Análise da conjuntura Agropecuária** – novembro 2016. Disponível em www.agricultura.pr.gov.br.

- 242 VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, R. F.; MENEZES, E. C. C.; MENEZES, S. F. J.; SILVA, G. A.;
 243 SILVA, P. G.; ASSIS, L. R. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação
 244 da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 861-870, 2008.
 245
- 246 ZILLI, J. E.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, G.; ROUWS, J. R. C.; HUNGRIA, M. Inoculação da
 247 soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente á inoculação de sementes.
 248 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1875-1881, 2010.
 249
- 250 ZILLI, J. E.; MARSON, C. L.; MARSON, F. B.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, J. R.; HUNGRIA,
 251 M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa**
 252 **Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 541-544, 2008.
 253
- 254 ZILLI, J.; E.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em
 255 pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.3, p.335-338, 2010.
 256
- 257 ZHANG, F., SMITH, D. L. Inoculation of soybean (*Glycine max.*(L.) Merr.) with genistein-
 258 preincubated *Bradyrhizobium japonicum* or genistein directly applied into soil increases
 259 soybean protein and dry matter yield under short season conditions. **Plant and Soil**, v. 179, n.2,
 260 p. 233-241, 1996.