

Associação entre *Bradyrhizobium* e micronutrientes e seu efeito no desempenho da soja

Association between *Bradyrhizobium* and micronutrients and their effect on soybean performance

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da inoculação da soja com *Bradyrhizobium*, sob diferentes estratégias de aplicação, em associação aos micronutrientes cobalto e molibdênio, sobre a nodulação e o desempenho da cultura. O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. Dezoito tratamentos foram aplicados, com diferentes combinações e modalidades de aplicação, via semente e via foliar. A cultivar utilizada foi a NS 4823RR. As variáveis analisadas foram: número e massa de nódulos por planta em R1 (início do florescimento), número de vagens e grãos por planta, grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade. O delineamento foi em blocos ao acaso, com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados por Scott Knott, a 5% de probabilidade. Apesar de ter ocorrido diferenças entre os tratamentos para a massa de nódulos e os componentes de rendimento da soja, estes não influenciaram na produtividade de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: Defensivos agrícolas. Inoculação. Micronutrientes. Nódulos.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the response of soybean inoculation with *Bradyrhizobium*, under different application strategies, in association with cobalt and molybdenum micronutrients, on nodulation and crop performance. The experiment was conducted at the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos. Eighteen treatments were applied, with different combinations and application modalities, via seed and leaf. The cultivar used was NS 4823RR. The variables analyzed were: number and mass of nodules per plant in R₁ (beginning of flowering), number of pods and grains per plant, grains per pod, one thousand grains mass and yield. The design was randomized blocks, with three replications. Data were subjected to analysis of variance and compared by Scott Knott, at 5% probability. Although there were differences between the treatments for nodule mass and soybean yield components, they did not influence grain yield.

KEYWORDS: Pesticides. Inoculation. Micronutrients. Nodules.

Josiele Aparecida da Silva

josieliaparecidadasilva@gmail.com
Bolsista de Iniciação Científica PIBIC-CNPq, aluna da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

Carlos André Bahry

carlosbahry@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

Françoá Santos Dal Prá

dalpra_sgo@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

Leocádio Ceresoli

leocadioceresoli20@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

Ângela Aparecida Carleso

angelacarleso14@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

Leandro André Petkowicz

leandro-pet@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

Gelson Geraldo

dino140713@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o nutriente mais requerido pela soja. Sua disponibilização pode ser por meio de três formas: da matéria orgânica do solo, de fertilizantes nitrogenados ou, da fixação biológica. Para a fixação biológica, é necessária a

adição de bactérias simbiotas, que exercem esta função em associação às plantas (HUNGRIA et al., 2007).

De acordo com Mercante et al. (2011), quando se utiliza a reinoculação em anos consecutivos, pode-se observar ganhos significativos no rendimento de grãos, na média 8%. Isso só é possível, pois os rizóbios novos, fornecidos via inoculação, tornam mais eficiente a fixação de N_2 , além de ser uma tecnologia de baixo custo.

Além da prática de inoculação, o uso de alguns micronutrientes, especialmente o cobalto e molibdênio, tornam-se importantes para ampliar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN). O cobalto participa na síntese de cobamida e da leghemoglobina, e o molibdênio é integrante da enzima nitrogenase, sintetizada pelas bactérias durante o processo da FBN (BELTRAME, 2009; MERCANTE et al., 2011).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da inoculação da soja com *Bradyrhizobium japonicum*, sob diferentes estratégias de aplicação, em associação aos micronutrientes cobalto e molibdênio, na nodulação e no desempenho agrônômico da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental de Culturas Anuais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. A cultivar utilizada foi a NS 4823 RR, com uma densidade de 17,6 sementes por metro linear.

O fungicida utilizado na semente foi à base de carbendazim + tiram, na dose de 100 ml ha^{-1} de produto comercial. A dose de produto comercial à base de *Bradyrhizobium japonicum* foi de 100 ml por 50 kg de sementes. A aplicação foliar do inoculante se deu quando as plantas se encontravam entre V_2 e V_3 , aplicando-se três vezes a dose da semente, equivalente a 352 mL ha^{-1} , com um volume de calda de 200 L ha^{-1} .

Na semente, seguiu-se a recomendação de bula do produto, tanto para fungicidas quanto para inoculação. Já para a aplicação foliar, se baseou na recomendação de inoculação no sulco, sendo 3 vezes a dose da utilizada na semente.

O cobalto e molibdênio aplicados nas sementes foram na mesma dose do inoculante. Já a aplicação foliar foi de 300 ml ha^{-1} .

Além destes produtos, utilizou-se em determinados tratamentos um aditivo para inoculante *on farm*, composto de metabólitos de bactérias ativos mais um complexo de açúcares e biopolímeros, com o objetivo de proteção às bactérias, para manter por mais tempo sua viabilidade na combinação com defensivos, por até oito dias. A dose foi a mesma do inoculante.

O tratamento das sementes se deu no mesmo dia da semeadura, realizando-se primeiramente a aplicação de fungicida, e após o mesmo secar, aplicou-se nos tratamentos indicados, o inoculante, o aditivo e os micronutrientes.

Os tratamentos adotados no experimento encontram-se detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos aplicados na cultivar de soja NS 4823 RR. Dois Vizinhos. 2018.

TRATAMENTO	VIA SEMENTE	VIA FOLIAR
T1	Fungicida + inseticida + <i>B. japonicum</i>	-
T2	Fungicida + inseticida + <i>B. japonicum</i> + aditivo	-
T3	Fungicida + inseticida + <i>B. japonicum</i> + aditivo + CoMo	-
T4	Fungicida + inseticida + <i>B. japonicum</i> + CoMo	-
T5	Fungicida + inseticida	-
T6	Fungicida + inseticida + CoMo	-
T7	Fungicida + inseticida + <i>B. japonicum</i>	CoMo
T8	Fungicida + inseticida + <i>B. japonicum</i> + aditivo	CoMo
T9	Fungicida + inseticida + CoMo	<i>B. japonicum</i>
T10	Fungicida + inseticida + CoMo	<i>B. japonicum</i> + aditivo
T11	Fungicida + inseticida	<i>B. japonicum</i>
T12	Fungicida + inseticida	<i>B.m japonicum</i> + aditivo + CoMo
T13	Fungicida + inseticida	<i>B. japonicum</i> + CoMo
T14	-	-
T15	<i>B. japonicum</i>	-
T16	<i>B. japonicum</i> + aditivo	-
T17	<i>B. japonicum</i> + aditivo + CoMo	-
T18	CoMo	-

Fonte: Autoria própria (2019).

As aplicações foliares foram realizadas com pulverizador pressurizado de CO₂, com barra de quatro bicos espaçados em 0,5 m.

As variáveis analisadas foram: número e massa de nódulos em R₁, número de vagens e grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos, e produtividade de grãos.

A avaliação da nodulação se deu a partir de três plantas coletadas aleatoriamente por parcela no início do florescimento das plantas, realizando-se a contagem e, após a secagem em estufa, a massa de nódulos por planta. Os componentes de rendimento foram avaliados de cinco plantas coletadas aleatoriamente de cada parcela no momento da colheita da soja. Para a produtividade de grãos, foi colhida uma área útil de 2,7m² por repetição.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e comparados por Scott Knott, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou significância dos tratamentos para a maior parte das variáveis analisadas, à exceção do número de nódulos em R₁, e produtividade de grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância das variáveis, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), número de nódulos em R1 (NNR1), massa de nódulos em R1 (MNR1), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD.) em função de diferentes combinações de tratamento de sementes e inoculação. Dois Vizinhos. 2018.

FV	GL	NNR1	MNR1	NVP	NGP	NGV	MMG	PROD
Blocos	2	269,3	0,003	6,73	88,17	0,006	28,1	106602
Tratamentos	17	155*	0,004*	134,1**	797,4*	0,11**	74,6**	152018ns
Resíduo	34	77,6	0,0017	51,2	343,7	0,004	26,8	106781
CV (%)		24,8	18,9	15,8	16,5	2,45	2,8	7,5

**significativo a 1%; *significativo a 5%; ns – não significativo pelo teste F.

FV: fator de variação; GL: graus de liberdade. Fonte: Autoria própria (2019).

O número médio de nódulos por planta foi de 35,5. Ao se considerar a massa de nódulos, esta variou entre os tratamentos (Tabela 2), porém, não sendo possível estabelecer um padrão quanto ao melhor tratamento, visto que o controle, sem nenhuma aplicação, teve resultado positivo, assim como os tratamentos em que se fez aplicação foliar, ou apenas via semente.

Tabela 3. Dados médios da massa de nódulos em R₁ (MNR₁), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG) em função de diferentes combinações de tratamento de sementes e inoculação. Dois Vizinhos. 2018.

Tratamento	MNR1	NVP	NGP	NGV	MMG
1	0,156 b	34,9 b	86,0 b	2,46 b	185,9 a
2	0,277 a	43,7 b	104,3 b	2,38 b	186,9 a
3	0,233 a	50,4 a	126,9 a	2,51 a	187,4 a
4	0,200 b	40,0 b	101,3 b	2,53 a	195,7 a
5	0,156 b	37,5 b	92,1 b	2,46 b	187,7 a
6	0,224 a	49,5 a	118,7 a	2,40 b	190,5 a
7	0,248 a	51,2 a	126,5 a	2,47 b	178,2 b
8	0,281 a	55,8 a	139,5 a	2,49 a	184,4 a
9	0,241 a	50,7 a	124,5 a	2,46 b	189,5 a
10	0,250 a	56,5 a	139,2 a	2,47 b	186,4 a
11	0,176 b	51,1 a	127,5 a	2,50 a	188,9 a
12	0,237 a	41,8 b	98,7 b	2,36 b	187,1 a
13	0,211 b	42,5 b	106,6 b	2,51 a	190,0 a
14	0,259 a	42,5 b	107,6 b	2,54 a	174,0 b
15	0,218 a	38,3 b	98,2 b	2,55 a	185,8 a
16	0,204 b	36,9 b	93,7 b	2,51 a	187,4 a
17	0,170 b	41,1 b	107,1 b	2,61 a	191,6 a
18	0,239 a	49,7 a	122,1 a	2,45 b	193,4 a

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2019).

Testando o efeito de inoculação da soja na nodulação e massa seca de nódulos, Campos; Gnatta (2006) verificaram resultado positivo comparado ao controle, que não recebeu nenhum tratamento, confirmando o efeito positivo da inoculação da soja.

Resultados semelhantes foram encontrados por Neto et al. (2012), em que se obteve incremento no número de nódulos na soja, chegando a 79%, quando utilizado cobalto e molibdênio em tratamento de semente e via foliar, em estágio V₄.

Resposta variável aos tratamentos aplicados foi verificada para os componentes de rendimento da soja, semelhante ao observado para a MNR₁. Apenas a massa de mil grãos teve maior uniformidade de resposta entre os tratamentos, à exceção do T14 (controle) e T7, ambos com resultados inferiores aos demais (Tabela 3).

Em trabalho desenvolvido por Bellaver; Silva (2009), não se verificou diferença para a variável grãos planta⁻¹ e grãos vagem⁻¹, comparando o tratamento de sementes com e sem inoculante e CoMo. De acordo com os autores, isso pode ter ocorrido devido à adubação nitrogenada utilizada na base, uma vez que esta pode inibir, em partes, a nodulação.

Apesar de se verificar diferença entre os tratamentos para a maior parte das variáveis analisadas, estas não foram sensíveis o suficiente, mediante a aplicação de diferentes tratamentos, para afetar a produtividade de grãos, sendo esta, em média, de 4.370,6 Kg ha⁻¹.

De acordo com Golo et al. (2009), uma maior produtividade da soja foi observada nas parcelas oriundas de sementes inoculadas, apresentando um incremento de 3,2% ou 1,7 sacas ha⁻¹. O autor relata ainda que, diferentes doses de CoMo podem influenciar de forma positiva a produtividade de grãos, maximizada pelo ganho de massa dos mesmos.

Em experimento realizado por Nakao et al. (2014) verificou-se que a aplicação de Mo via foliar foi positiva à produtividade de grãos, discordando de Diesel et al. (2010), que não obteve resultado favorável em virtude da aplicação de molibdênio via semente e foliar na soja.

CONCLUSÃO

Não houve influência dos diferentes tratamentos na produtividade de grãos, mesmo com algumas variações nos componentes de rendimento e massa de nódulos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica e demais auxílios para a execução deste projeto; e à UTFPR pelo suporte, área experimental e materiais disponibilizados.

REFERÊNCIAS

BELLAVER, A.; SILVA, B. R. T. Influência do cobalto e molibdênio da inoculação e da adubação nitrogenada sobre a fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja, Revista Cultivando o Saber. v. 2, n. 2, p. 73-85,2009.

BELTRAME, L. C. **Eficiência do uso de fertilizantes, fungicidas e inoculantes no tratamento de sementes de soja.** 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

CAMPOS, C. B.; GNATTA, V. Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área da população estabelecidas de Bradyrhizobium sob sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 30, p. 69-76, 2006.

DIESEL, P.; SILVA, C. A. T.; SILVA, T. R. B.; NOLLA, A. Molibdênio e cobalto no desenvolvimento da cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 8, p.169-174, 2010.

GOLLO, L. A.; KAPPES, C.; CARVALHO, C. A. M.; YAMASHUTA, M.O. Qualidade das sementes de soja com a aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. Revista Brasileira de Sementes, v. 31, n.1, p. 40-49,2009.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). (ISSN 1516-781X; N 283), 2007.

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B. dos. **Estratégias para aumentar a eficiência de inoculantes microbianos na cultura da soja. Comunicado Técnico.** Mato Grosso do Sul: Embapa, 2011. ISSN 1979-0472.

NAKAO, H. A. et al. Aplicação foliar de molibdênio em soja: efeitos na produtividade e qualidade fisiológica da semente. **Enciclopédia Biosfera.** Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 10, n. 18; maio/julho. 2014.

NETO, D. D.; DARIO, A. J. G.; MARTIN, N.T.; SILVA, R. M.; PAVINATO, S. P.; HABITZREITER, L. T.; Adubação Mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. Ciências Agrárias, v. 33, n. 1, p. 2741 – 2752, 2012.