



## Coinoculação de bactérias promotoras de crescimento de planta no desempenho agrônômico de soja no Cerrado

Thiago Pereira Rocha <sup>(1\*)</sup>; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho <sup>(2)</sup>; Evelyn Maria Rocha Marega <sup>(1)</sup>; Pedro Henrique Gomes de Carvalho <sup>(1)</sup>; Laura Britto Garcia do Oliveira <sup>(1)</sup>; Kaway Nunes da Costa <sup>(1)</sup>, Poliana Aparecida Leonel Rosa <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Faculdade de Engenharia (FEIS-UNESP); Ilha Solteira, SP, 15385-000 (Thiago P. Rocha, thiago1905\_@hotmail.com).

<sup>(2)</sup> Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

**RESUMO:** A coinoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) e rizóbios podem estar sobre a influência de sinais específicos entre os genótipos bacterianos envolvidos e o genótipo da planta hospedeira, podendo assim interferir no desenvolvimento e produtividade da soja. Assim objetivou-se avaliar o efeito da coinoculação de rizóbios (inoculante líquido) associado a diferentes espécies de bactérias promotoras de crescimento de plantas, no desenvolvimento, componentes de produção e produtividade da soja no cerrado. O experimento foi desenvolvido em sistema plantio direto, na safra 2017/18, em Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, no município de Selvíria - MS. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 13 tratamentos e seis repetições, as parcelas do experimento foram de 6 m de comprimento com 10 linhas espaçadas de 0,45 m. Dentre as avaliações biométricas e dos componentes de produção apresentadas, apenas a altura de planta foi influenciada pelos tratamentos. Contudo, as coinoculações com BPCVs pouco influenciaram no crescimento da soja. A coinoculação de rizóbios com *Bacillus subtilis* e o tratamento 12 proporcionaram as maiores produtividades de grãos de soja.

**Termos de indexação:** fixação biológica de nitrogênio; *Glycine max* L., produtividade de grãos.

### INTRODUÇÃO

A cultura da soja ocupou uma área de 33.914,9 milhões de hectares, com produtividade média de 3.273 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2016/2017 (CONAB, 2017). O grão de soja é a principal fonte de proteína vegetal, essencial componente de produção na alimentação animal, além da crescente utilização na alimentação humana.

Em função da elevada exigência por N da cultura (para produzir 1000 kg de grãos de soja, estima-se que há necessidade de 80 kg de N) para

obtenção de altas produtividades, a fixação de N<sub>2</sub> deve funcionar com força máxima (FIGUEIREDO et al., 2008; VIEIRA NETO et al., 2008; ZILLI et al., 2008; HUNGRIA et al., 2010; RODRIGUES et al., 2012; BULEGON et al., 2016).

O aspecto que precisa ser mais pesquisado é o uso da coinoculação na cultura da soja, o qual tem crescido o comércio no Brasil. A tecnologia da coinoculação é a prática de utilizar mais de um microrganismo benéfico nas culturas agrícolas. O uso dessa tecnologia tem a finalidade de estimular, regular ou potencializar o desenvolvimento de plantas, possibilitando assim, atingir maiores produtividades agrícolas.

Diante do exposto, torna-se necessário conduzir mais pesquisas com o intuito de aumentar a eficiência da FBN na soja, associando a coinoculação de bradirizóbios e *Azospirillum brasilense* ou com outras bactérias promotoras de crescimento de plantas, possibilitando maior FBN, melhor utilização de água e nutrientes, sem causar queda na produtividade de grãos. Outras bactérias promotoras de crescimento de plantas, como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefacens*, assim como a levedura *Saccharomyces cerevisiae* podem inclusive inibir o crescimento de agentes patogênicos. Porém, estas bactérias precisam ser mais testadas para definir a viabilidade e melhor forma de coinoculação na cultura da soja, pois são escassas informações técnicas sobre o efeito da coinoculação com estes microrganismos, principalmente na região do Cerrado.

O objetivo foi avaliar o efeito da coinoculação de rizóbios (inoculante líquido) associado a diferentes espécies de bactérias promotoras de crescimento de plantas, no desenvolvimento, componentes de produção e produtividade da soja no cerrado.



## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental, pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Selvíria – MS, com altitude de 335 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, segundo a Embrapa (2013), o qual foi cultivado por culturas anuais há mais de 28 anos, sendo os últimos 13 anos em sistema plantio direto e a cultura anterior à semeadura da soja foi o trigo.

As coordenadas geográficas aproximadas são de 51° 22' Oeste de Greenwich e 20° 22' Sul e 335 metros de altitude. A temperatura média anual é de 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. O tipo climático na região é Aw, segundo Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

### Tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 13 tratamentos e seis repetições. Os tratamentos do experimento constam abaixo:

- 1- 0% de N e sem inoculação;
- 2- 100% de N (200 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 50% na semeadura e 50% na floração ou 35 dias D.A.E.) e sem inoculação;
- 3- 0% de N e TN (*Rhizobium japonicum*, estirpes Semia 5079 e Semia 5080, com garantia de 5 x 10<sup>9</sup> UFC por mg) turfa 80 g 50 kg<sup>-1</sup> de semente;
- 4- 0% de N, Total Nitro - TN (*Rhizobium japonicum*, estirpes Semia 5079 e Semia 5080, com garantia de 5 x 10<sup>9</sup> UFC por ml) líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente;
- 5- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 100 ml de Azototal (*Azospirillum brasilense*, estirpes Abv5 e Abv6, com garantia de 2 x 10<sup>8</sup> UFC por mL) 50 kg<sup>-1</sup> de semente;
- 6- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente do inoculante com *Pseudomonas fluorescens* + 100 ml de protetor;
- 7- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 150 ml de Accelerate Fertility (AccFert) 50 kg<sup>-1</sup> de semente + 100 ml de Protetor;
- 8- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 50 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente do inoculante com *Bacillus subtilis*;
- 9- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 100 ml do inoculante com *Bacillus*

*subtilis* + 100 ml de Protetor aplicados no sulco de semeadura;

10- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 300 ml do inoculante com *Bacillus subtilis* aplicado em jato dirigido na base da planta no estágio V3;

11- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 15 ml de Accelerate Max (AccMax) 50 kg<sup>-1</sup> de semente + 100 ml de Protetor;

12- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 50 ml de Accelerate Max (AccMax) + 100 ml de Protetor aplicados no sulco de semeadura;

13- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 50 ml do inoculante com *Bacillus pumilus* + 100 ml de Protetor aplicados no sulco de semeadura;

As parcelas do experimento serão de 6 m de comprimento com 10 linhas espaçadas de 0,45 m, sendo a área útil da parcela as 4 linhas centrais, excluindo-se 1 m das extremidades.

A condução do experimento foi realizada em sistema plantio direto. Todos os tratamentos receberam tratamento de sementes padrão com agroquímico Standak Top 2 ml kg<sup>-1</sup> semente. Antes da aplicação dos tratamentos foi realizado o tratamento de semente com agroquímico antecipadamente, e após a secagem dos mesmos, posteriormente efetuada a inoculação. A semeadura foi mecânica e a cultivar utilizada de soja foi a BMX Potência RR, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, semeando-se 17 sementes por metro, visando uma população de 180 mil plantas por hectare. Com base na análise de solo foram aplicados para todos os tratamentos 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 00-20-20. Quando necessário, a área foi irrigada por um sistema por aspersão, por meio de pivô central com lâmina de água média de 14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas, e assim efetuada também o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

No experimento foram realizadas as seguintes avaliações:

O índice de clorofila foliar (ICF) no estágio de florescimento da cultura, foi determinada indiretamente por meio de leituras no terceiro trifólio de 10 plantas por parcela.

Na ocasião da colheita foram coletadas 10 plantas de soja representativas, para as avaliações do número de grãos por vagem, número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida).



Na fase de maturação fisiológica da planta foram avaliadas em 10 plantas por parcela, a altura de planta e altura de inserção da primeira vagem.

A produtividade de grãos foi determinada pela coleta das plantas contidas nas 4 linhas úteis de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha<sup>-1</sup> a 13% (base úmida).

#### **Análise estatística**

Os resultados de cada um dos experimentos foram avaliados pela análise de variância (teste F) e teste de Scott Knott a 5% de probabilidade para comparação de médias dos tratamentos. Foi utilizado o programa de análise estatística SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de grãos por planta de soja (Tabela 1). Isto se deve em partes, ao fato destes parâmetros serem mais controlados pelo melhoramento genético e também devido a irrigação complementar, visto que estas bactérias precisam de umidade no solo para se estabelecer e multiplicar.

As maiores alturas de plantas foram constatadas para a testemunha, no tratamento apenas com adubação nitrogenada, com a inoculação convencional com rizóbio, o TN líquido, o TN líq. + A. Fertility + protetor e o TN líq. + *B. pumilus* + protetor (Tabela 1). Portanto, as coinoculações com BPCPs pouco influenciaram no crescimento da soja.

O ICF da soja foi semelhante nos tratamentos testados (Tabela 2). Entretanto, a produtividade de grãos variou bastante entre os tratamentos, com destaque para a coinoculação rizóbio (TN líq.) + *B. subtilis* e o tratamento 12 (0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente e 50 ml de Accelerate Max (AccMax) + 100 ml de Protetor aplicados no sulco de semeadura), os quais proporcionaram as maiores produtividades de grãos de soja.

Vale destacar que a coinoculação de rizóbios com *Azospirillum brasilense* ou com *Bacillus pumilus* também propiciaram superiores produtividades de grãos em relação a testemunha e inoculação convencional com rizóbios.

Estes efeitos podem ser devido a diversos mecanismos, entre eles, uma antecipação na FBN dos nódulos, incremento na massa seca dos nódulos, promoção na ocorrência de nodulação heteróloga,

através do aumento da formação de pêlos radiculares e raízes secundárias, com aumento nos sítios de infecção, inibição de fitopatógenos e produção de fitohormônios e influências na partição de matéria seca entre as raízes e parte aérea (BÁRBARO et al., 2009).

### **CONCLUSÕES**

Dentre as avaliações biométricas e dos componentes de produção apresentadas, apenas a altura de plantas foi influenciada pelos tratamentos. Contudo, as coinoculações com BPCVs pouco influenciaram no crescimento da soja.

A coinoculação de rizóbios com *Bacillus subtilis* e o tratamento com TN líquido 100 ml 50 kg<sup>-1</sup> de semente +50 ml de Accelerate Max (AccMax) +100 ml de protetor aplicados no sulco de semeadura proporcionaram as maiores produtividades de grãos de soja.

### **REFERÊNCIAS**

BÁRBARO, I. A.; MACHADO, P.C; BÁRBARO JUNIOR, L.S.; TICELLI, M.; MIGUEL, F.B.; da SILVA, J.A.A.; Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e coinoculação. *Colloquium Agrariae*, v. 5, n.1 p. 1-7, 2009.

BULEGON, L. G. et al. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. *Revista Terra Latinoamericana*, v. 34, p.169-176, 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Décimo primeiro levantamento: safra 2017/2018. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 set. 2018.

FERREIRA, D. F. *Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons*. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIGUEIREDO, M. V. B. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria for improving nodulation and nitrogen fixation in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 24, p. 1187-1193, 2008.

RODRIGUES, A. C. et al. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium sp.* em caupi. *Bioscience Journal*, v. 28, p. 196-202, 2012.



VIEIRA NETO, S. A. et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 861-870, 2008.

**Tabela 1.** Avaliações biométricas e dos componentes de produção da soja em relação à coinoculação com diferentes BPCV. Selvíria – MS.

Tratamentos	Altura (cm)	IPV (cm)	NV P <sup>-1</sup>	NG V <sup>-1</sup>	NG P <sup>-1</sup>
1 - 0% de N e sem inoculação	109,90 a	14,43 a	46,60 a	2,64 a	123,42 a
2 - 100% de N e sem inoculação	105,04 a	15,53 a	52,68 a	2,51 a	133,96 a
3 - TN turfa	106,20 a	14,93 a	54,65 a	2,57 a	141,91 a
4 - Total Nitro (TN) líq.	106,62 a	13,27 a	60,50 a	2,67 a	161,42 a
5 - TN líq. + <i>Azospirillum brasilense</i>	103,97 b	14,62 a	58,50 a	2,86 a	167,25 a
6 - TN líq. + <i>P. fluorescens</i> + protetor	104,03 b	14,16 a	54,62 a	2,50 a	135,62 a
7 - TN líq. + A. Fertility + protetor	105,32 a	14,14 a	46,06 a	2,46 a	116,11 a
8 - TN líq. + <i>B. subtilis</i>	102,20 b	14,19 a	53,53 a	2,70 a	143,93 a
9 - TN líq. + <i>B. subtilis</i> + protetor	101,87 b	13,54 a	57,06 a	2,69 a	153,87 a
10 - TN líq. + <i>B. subtilis</i> em V3.	103,72 b	15,49 a	54,68 a	2,72 a	148,39 a
11 - TN líq. + A. Max + protetor	102,75 b	14,26 a	48,00 a	2,54 a	121,69 a
12 - TN líq. + A. Max sulco + protetor	98,41 b	14,28 a	47,87 a	2,74 a	131,28 a
13 - TN líq. + <i>B. pumilus</i> + protetor	106,12 a	15,14 a	50,88 a	2,68 a	137,04 a
Média geral	104,07	13,84	53,17	2,61	139,37
C.V. (%)	3,65	18,60	18,68	9,09	21,47
Erro Padrão	1,52	1,03	3,98	0,09	11,99

BPCV – bactérias promotoras de crescimento vegetal, Altura – planta inteira (cm), IPV – inserção da primeira vagem (cm), NV/P – números de vagens por planta, NG/V – número de grãos por vagem e NG/P – número de grãos por planta. Obs.: Todos os tratamentos foram conduzidos com 0% de N, exceto o 2º com 100% de N.

**Tabela 2.** Produtividade de grãos e índice de clorofila foliar da soja em função da coinoculação com diferentes BPCV. Selvíria – MS.

Tratamentos	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	ICF
1 - 0% de N e sem inoculação	3738 c	37,99 a
2 - 100% de N e sem inoculação	3747 c	39,07 a
3 - TN turfa	4004 c	34,62 a
4 - Total Nitro (TN) líq.	3864 c	35,81 a
5 - TN líq. + <i>Azospirillum brasilense</i>	4413 b	36,12 a
6 - TN líq. + <i>P. fluorescens</i> + protetor	2977 d	36,80 a
7 - TN líq. + A. Fertility + protetor	3455 d	35,97 a
8 - TN líq. + <i>B. subtilis</i>	5299 a	36,37 a
9 - TN líq. + <i>B. subtilis</i> + protetor	4671 a	36,33 a
10 - TN líq. + <i>B. subtilis</i> em V3.	4318 b	33,91 a
11 - TN líq. + A. Max + protetor	4603 b	34,95 a
12 - TN líq. + A. Max sulco + protetor	5129 a	35,90 a
13 - TN líq. + <i>B. pumilus</i> + protetor	4526 b	33,95 a
Média geral	4211	35,98
C.V. (%)	12,13	6,37
Erro Padrão	208,61	1,14

BPCV – bactérias promotoras de crescimento vegetal e ICF – Índice de clorofila foliar. Obs.: Todos os tratamentos foram conduzidos com 0% de N, exceto o 2º com 100% de N.