

DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE SOJA CO-INOCULADA COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* EM SEMEADURA DIRETA SOBRE PALHIÇO DE CANA CRUA

FINOTO, Everton Luis¹
CORDEIRO JUNIOR, Paulo Sérgio²
BÁRBARO-TORNELI Ivana Marino³
MARTINS, Monica Helena⁴
SOARES, Maria Beatriz Bernardes¹
MARTINS, Antônio Lucio Mello¹

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2815

RESUMO: A co-inoculação é uma tecnologia inovadora, atual e em sintonia com o contexto de sustentabilidade ambiental. Sendo assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento da cultura da soja, em semeadura direta sobre palhiço de cana crua submetida à co-inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e doses variadas de inoculante a base de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, bem como, quantificar a produtividade neste sistema alternativo e sustentável de cultivo. O experimento foi instalado na safra 2015/16, em talhão com cinco cortes, pertencente ao Polo Regional Centro Norte, Pindorama, SP, sendo o mesmo conduzido em faixas/parcelas, conhecidas tecnicamente como "Strip Test", de aproximadamente 280 metros de comprimento e 3,60 metros de largura e espaçamento entre linhas de 0,45 m. A cultivar testada foi a NS 7667 IPRO, em dez tratamentos: controle; 120 mL/60 kg de sementes de inoculante com *Azospirillum brasilense* estirpe Ab-V5 (A); 25 mL/60 kg de sementes de inoculante com *Bradyrhizobium japonicum* estirpes SEMIA 5079 + SEMIA 5080 (B); 25 mL de B+ 120 mL de A; 50 mL de B; 50 mL de B + 120 mL de A; 75 mL de B; 75 mL de B + 120 mL de A; 100 mL de B e 125 mL de B. Avaliou-se em cada Strip Teste alguns parâmetros através da coleta de 10 plantas em 5 repetições no estágio fenológico R2, sendo: número de nódulos viáveis e não viáveis por planta, massa fresca de nódulos totais, comprimento da raiz principal, massa fresca do sistema radicular e da parte aérea. Em R8, determinou-se altura de planta, de inserção da 1ª vagem e produtividade de grãos. Pelos resultados obtidos verificou-se que o tratamento que envolveu a co-inoculação (75 mL de B + 120 mL de A) foi equivalente aos tratamentos em que se fez uso das maiores doses, 3 vezes ou mais, de inoculante contendo somente *Bradyrhizobium* para os parâmetros de fixação biológica de nitrogênio, altura de plantas e produtividade de grãos.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. Fito-hormônios. Semeadura direta. Reforma de canavial. *Glycine max*.

DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF CO-INOCULATED SOYBEAN WITH *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* IN NO-TILLAGE ON RAW SUGARCANE STRAW

SUMMARY: Co-inoculation is an innovative technology, current and in tune with the context of environmental sustainability. Thus, the objective of this work was to evaluate the development of the soybean in no-tillage on raw sugarcane straw submitted to co-inoculation of the seeds with *Azospirillum brasilense* and various doses of inoculant based on *Bradyrhizobium* bacteria, to quantify productivity in this alternative and sustainable cropping system. The experiment was installed in the 2016/17 harvest, in a five-section field, belonging to the North Central Regional Pole, Pindorama, SP, being conducted in strips / plots, technically known as "Strip Test", approximately 280 meters long and 3.60 meters wide and line spacing of 0.45 m. The cultivar tested was NS 7667 IPRO, in ten treatments: control; 120 mL / 60 kg of inoculant seeds with *Azospirillum brasilense* strain Ab-V5 (A); 25 mL / 60 kg of inoculant seeds with *Bradyrhizobium japonicum* strains SEMIA 5079 + SEMIA 5080 (B); 25 mL B + 120 mL A; 50 mL of B; 50 mL of B + 120 mL of A; 75 mL B; 75 mL B + 120 mL A; 100 mL of B and 125 mL of B. A few parameters were tested through the collection of 10 plants in 5 replicates at phenological stage R2, being: number of viable and non-viable nodules per plant, fresh mass of total nodules, length of main root, fresh mass of root system and shoot. In R8, plant height, 1st pod insertion and grain yield were determined. From the results obtained, it was verified that the treatment involving the co-inoculation (75 mL of B + 120 mL of A) was equivalent to the treatments using the

¹ Pesquisador Científico, Dr. APTA - Polo Regional Centro Norte, Pindorama, SP;

² Graduando em Engenharia Agrônômica, Bolsista PIBIC/CNPq/APTA Regional. Polo Centro Norte, Pindorama, SP;

³ Pesquisadora Científica, Dra. APTA - Polo Regional da Alta Mogiana, Colina, SP;

⁴ Pesquisador Científico, APTA - Polo Regional Centro Norte, Pindorama, SP.

highest inoculant doses containing *Bradyrhizobium* only for the biological fixation parameters of Nitrogen, plant height and grain yield.

Keywords: Biological fixation of nitrogen. Phytohormones. No-tillage. Sugarcane reform. *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é de grande importância para a economia do Brasil, ocupando o segundo lugar na produção mundial de soja. Esse fato está relacionado a uma vantagem competitiva associada aos avanços científicos e tecnológicos para o setor produtivo da cultura (HUNGRIA et al., 2005). A introdução de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que promovem a fixação biológica de nitrogênio (FBN), foi uma das grandes forças motrizes para o cultivo de soja em grande escala no Brasil. De acordo com Hungria et al. (2006), as quantidades de nitrogênio fixadas pela soja através da FBN foram relatadas até 300 kg N ha⁻¹, fornecendo até 94% da necessidade das plantas de soja.

Nesse contexto, outras tecnologias alternativas e sustentáveis vêm sendo pesquisadas, como por exemplo, a co-inoculação e a semeadura direta sobre palhicho de cana crua, que ambas combinadas podem trazer melhorias nos resultados produtivos para a cultura da soja. De acordo com Ferlini (2006) e Bárbaro et al. (2008), a co-inoculação consiste na utilização de diferentes combinações de microrganismos que produzem um efeito sinérgico, ou seja, quando utilizados, vão além dos resultados produtivos obtidos de forma isolada.

A adoção de práticas agrícolas sustentáveis, que causem menores danos ao ambiente em que estão inseridas, torna-se imprescindível, evitando os processos erosivos, a redução da matéria orgânica, perda de nutrientes, compactação do solo, redução de populações microbianas, pH e atividades enzimáticas, na qual o sistema de semeadura direta sobre palhicho de cana crua está inserido como uma alternativa econômica viável (BOLONHEZI et al., 2008).

As bactérias diazotróficas em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum* em associação com as bactérias simbióticas do gênero *Bradyrhizobium*, promovem potencialização da nodulação e maior crescimento radicular em soja, em virtude da capacidade das primeiras em produzir fito-hormônios, responsáveis pelo maior desenvolvimento do sistema radicular com a possibilidade de exploração de um volume mais amplo de solo (FERLINI, 2006). Várias pesquisas atuais reportam os benefícios da tecnologia de co-inoculação ou inoculação mista de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* com *Azospirillum brasilense* (BÁRBARO et al., 2008; BÁRBARO et al., 2009; BÁRBARO et al., 2011).

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desenvolvimento da cultura da soja, em semeadura direta sobre palhicho de cana crua, co-inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, bem como, a quantificação da produtividade neste sistema alternativo e sustentável de cultivo.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido no Polo Regional Centro Norte, vinculado a Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, APTA Regional, localizado no município de Pindorama, SP. A área experimental tem solo caracterizado como Argissolo (EMBRAPA, 2013), considerado profundo, com horizonte A arenoso e horizonte B textural, com alta fertilidade e topografia plana. Conforme classificação de Köppen, o clima enquadra-se no tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Em talhão com cinco cortes, a semeadura foi realizada no dia 15/12/2015 utilizando a cultivar NS 7667 IPRO, apresentando tecnologia Intacta RR2 PRO® (MON87701 x MON89788), onde foram

conduzidas em faixas/parcelas, conhecidas tecnicamente como “Strip Test”, de aproximadamente 280 metros de comprimento e 3,60 metros de largura. Utilizou-se semeadora Exacta Air JM2980 PD Jumil de 8 linhas espaçadas em 0,45 metros, equipada com sistema pneumático de distribuição de sementes, disco corta-palha de 22 polegadas e 2 discos desencontrados no sistema de distribuição de adubos. A adubação de semeadura consistiu no fornecimento de 250 kg ha⁻¹ da formulação 04 N - 20 P₂O₅ - 20 K₂O.

Para a co-inoculação das sementes foram feitas combinações entre dose fixa recomendada pelo fabricante do inoculante Biomax® L Premium Milho contendo bactéria *Azospirillum brasilense*, Cepa Ab-V5, selecionada pela universidade do Paraná (UFPR) e doses variadas do inoculante Biomax® Líquido Premium Soja, contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, produzido com as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos adotados para co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em sementes de soja, semeada sobre palhicho de cana crua, Pindorama, SP, 2016.

Tratamentos	Combinações de inoculante e co-inoculação de sementes de soja
1	Controle
2	120 mL/60 kg de sementes - <i>Azospirillum brasilense</i> estirpe Ab-V5 (A)
3	25 mL/60 kg - <i>Bradyrhizobium japonicum</i> estirpe SEMIA 5079 + SEMIA 5080 (B)
4	25 mL/60 kg - B+ 120 mL/60 kg A
5	50mL/60 kg B
6	50 mL/60kg B +120 mL/60kg A
7	75 mL/60 kg B
8	75 mL/60 kg B + 120 mL/60kg A
9	100 mL/60 kg B
10	125 mL/60 kg B

Avaliou-se no estágio fenológico R2, o número de nódulos viáveis e não viáveis por planta, massa fresca de nódulos totais (mg), comprimento da raiz principal (cm), massa fresca do sistema radicular (g) e massa fresca da parte aérea (g), coletando 5 repetições de 10 plantas em cada “Strip Test”. Por ocasião da maturação dos grãos, também foram mensuradas as seguintes características agrônômicas: altura de planta, altura de inserção da 1ª vagem e produtividade de grãos, sendo realizadas por ocasião da colheita, que ocorreu quando as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento R8, considerando também o teor de umidade dos grãos (13 a 15%), onde foram coletadas 3 amostras/repetições em cada “Strip Test”, de 6,75m² para coleta dos dados, nas quais foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Verificou-se que o tratamento que fez uso da co-inoculação na dose de 75 mL do inoculante a base de *Bradyrhizobium* e 120 mL de *Azospirillumbrasilense* obteve os melhores resultados quanto a massa fresca de nódulos totais apresentando 246,67 mg planta⁻¹ e massa fresca da parte aérea, com 51,67 g planta⁻¹ (Tabela 2). Em relação ao número de nódulos viáveis, nota-se que os tratamentos 9 e 10 que

fizeram uso da inoculação tradicional com *Bradyrhizobium* nas maiores doses do inoculante foram superiores estatisticamente aos demais, com valor médio de nódulos de 41,83. O tratamento 8 foi intermediário, com 40 nódulos. Maiores valores de comprimento de raiz em soja estiveram também associados aos tratamentos supracitados, com 24,33 e 22,67 cm, respectivamente, para a co-inoculação (tratamento 8) e dose de 100 mL de inoculante com bactérias do gênero *Bradyrhizobim* (tratamento 9). Para massa fresca da raiz os tratamentos que envolveram a co-inoculação e inoculação nas maiores doses (8, 9 e 10) destacaram-se em relação aos outros testados e não diferiram significativamente entre si. Por outro lado, ainda em relação aos parâmetros de fixação biológica de nitrogênio, notou-se que os piores resultados estiveram associados ao controle não inoculado, inoculação com *Azospirillum* somente, co-inoculação na menor dose do inoculante a base de *Bradyrhizobium*, bem como, inoculação tradicional na menor dose (tratamentos 1, 2, 3 e 4). Vale ressaltar também, que o menor número de nódulos não viáveis 0,67 nódulos foram encontrados no tratamento 6 que consistiu na co-inoculação na dose de 50 mL de inoculante a base de *Bradyrhizobium* não diferindo estatisticamente dos demais com exceção do tratamento 4 de co-inoculação que apresentou maior número de nódulos não viáveis (2,67 planta⁻¹).

Na Tabela 3, observa-se que em relação às características agrônômicas, de modo geral, seguiram a mesma tendência dos parâmetros avaliados em R2, com exceção da altura de inserção da primeira vagem onde os tratamentos testados não diferiram significativamente entre si. Desta forma, maiores alturas de plantas estiveram relacionadas aos tratamentos 9 e 10, e para produtividade de grãos os tratamentos 7, 8, 9 e 10, onde utilizou-se 3, 3, 4, 5 vezes, respectivamente, a dose de *Bradyrhizobium japonicum* foram equivalentes entre si e superiores aos demais testados, com valores médios variando de 2271,85 a 2548,30 kg ha⁻¹.

Tabela 2. Parâmetros de fixação biológica de nitrogênio avaliados no desenvolvimento da soja submetida a co-inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de inoculante a base de *Bradyrhizobium* em cultivo sobre palhicho de cana crua na reforma de canavial, Pindorama, SP, 2016.

Tratamentos/ co-inoculação	Nº de nódulos viáveis/planta	Nº de nódulos não viáveis/planta	Massa fresca nódulos totais (mg)	Comprimento raiz principal (cm)	Massa fresca sistema radicular (g)	Massa fresca parte aérea (g)
1	30,00 g	2,33 ab	151,00 g	15,00 f	21,33 e	39,67 f
2	31,33 f	2,00 ab	165,67 f	16,67 f	25,33 cd	42,33 e
3	35,00 e	2,33 ab	154,00 g	16,67 f	23,67 de	42,67 e
4	35,33 e	2,67 a	173,00 e	18,67 e	26,33 c	45,33 d
5	38,00 d	2,33 ab	185,67 d	19,67 de	30,33 b	46,33 d
6	37,67 d	0,67 b	200,00 c	22,00 bc	32,00 b	50,33 ab
7	40,67 bc	1,00 ab	211,00 b	20,67 cd	32,00 b	48,00 c
8	40,00 c	2,00 ab	246,67 a	24,33 a	36,67 a	51,67 a
9	41,67 ab	1,33 ab	187,00 d	22,67 ab	35,00 a	49,00 bc
10	42,00 a	1,00 ab	188,33 d	22,00 bc	35,67 a	49,67 b
CV (%)	2,68	1,63	5,32	1,96	3,65	1,11

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** significativo à 1% pelo teste F.

Corroborando com os resultados para a cultura da soja por Benintende et al. (2010) que relataram que as bactérias do gênero *Azospirillum* proporcionam efeitos benéficos às plantas devido à sua

capacidade de estimular a produção de hormônios vegetais em quantidades expressivas, o que resulta no crescimento e desenvolvimento das plantas e como consequência, aumento na produção de grãos/área. Estudos mais recentes têm demonstrado a capacidade de *Azospirillum brasilense* na produção de auxinas, giberelinas e citocininas sob condições *in vitro* (MASCIARELLI et al., 2013). O tratamento (8) contendo a co-inoculação de *Azospirillum brasilense* na dose de 120 ml/60 kg de semente e *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 75ml/ 60 kg de semente, foi equivalente aos tratamentos em que se fez uso das maiores doses de inoculante contendo somente *Bradyrhizobium japonicum* para os parâmetros de fixação biológica de nitrogênio, altura de plantas e produtividade de grãos.

Tabela 3. Características agronômicas da cultivar NS 7667 IPRO, co-inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, semeada sobre palhiço de cana crua na reforma de canavial, Pindorama, SP, 2016.

Tratamentos/ co-inoculação	Altura da planta (cm)	Altura de inserção da 1ª vagem (cm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1	42,53 f	13,13 a	682,96 e
2	55,87 de	13,40 a	1 294,81 d
3	56,60 c-e	14,87 a	1 700,00 c
4	53,53 e	14,93 a	1 625,93 cd
5	55,27 de	13,40 a	1 940,00 bc
6	54,93 de	13,33 a	1 757,78 c
7	66,87 a-c	13,00 a	2 271,85 ab
8	64,73 b-d	13,33 a	2 302,22 a
9	75,53 a	12,33 a	2 572,59 a
10	74,60 ab	14,20 a	2 548,30 a
F tratamentos	24,87 **	1,31	76,08 **
CV (%)	5,94	9,21	6,28

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo à 1% pelo teste F.

CONCLUSÃO

Nas condições de execução desta pesquisa, os tratamentos contendo 3 vezes ou mais a dose recomendada de inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*) proporcionaram maiores produtividades de grãos independente da co-inoculação.

REFERÊNCIAS

BÁRBARO, I. M. et al. **Técnica alternativa**: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. Artigo em Hypertexto. 2008. Disponível em:

http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm. Acesso em: agosto de 2016.

BÁRBARO, I.M. et al. Resultados preliminares da co-inoculação de *Azospirillum* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. **Pesquisa & Tecnologia**. v. 8, n. 2, 2011. Disponível em:

<http://apta regional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/853-resultados-preliminares-da-co-inoculacao-de-azospirillum-juntamente-com-bradyrhizobium-em-soja.html>. Acesso em: outubro de 2012.

BÁRBARO, I.M. et al. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação.

Colloquium Agrariae, v. 5, n. 1, p. 01-07. 2009. Disponível em:

<http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ca/article/viewFile/372/510>. Acesso em: junho de 2016.

BENINTENDE, S. et al. Comparação entre co-inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e inoculação simples com *Bradyrhizobium japonicum* na nodulação, crescimento e acumulação de N no cultivo de soja. **Agriscientia**, vol. 23, n. 2, 2010 p. 71-77.

BOLONHEZI, D. et al. Plantio direto de cultivares de soja RR na renovação de cana em condição de Argissolo. In: Reunião de pesquisa de soja na região central do Brasil. Rio Verde. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. p.45-47, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

FERLINI, H. A. Co-inoculación en soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Santa Fé, **Engormix**, 2006. 6p.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C., CAMPO, R. J. E GRAHAM, P. H. A importância da fixação de nitrogênio na cultura da soja na América do Sul. Em: Werner, D. e Newton, W. E. (Ed.). **Fixação de nitrogênio na agricultura: ecologia florestal e meio ambiente**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 2005. p. 25-42.

HUNGRIA, M. et al Nutrição de nitrogênio da soja no Brasil: Contribuições de fixação biológica de N₂ e fertilizante nitrogenado ao rendimento de grãos. **Canadian Journal of Plant Science**. v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

MASCIARELLI, O.; URBANI L.; REINOSO, H. E LUNA, V. Mecanismo alternativo para a avaliação da produção de ácido indol-3-acético (IAA) por *cepas* de *Azospirillum brasilense* e seus efeitos na germinação e crescimento de mudas de milho. **Journal of Microbiology**, v. 51, n. 5, p. 590-597, 2013.