



AValiação da inoculação e coinoculação de bactérias promotoras de crescimento na nodulação da soja (*Glycine max* (L) Merrill.)

Alexssandro Filogenio Oenning¹, Gabriel Eduardo Resch², Gustavo Andreazi Braunn³, Douglas Lopes Meurer⁴, Karina Sanderson Adame⁵

RESUMO

A utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) pode promover aumento na eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN), com benefícios no desenvolvimento e produtividade de grãos de soja. Objetivou-se, com o presente trabalho avaliar os efeitos da inoculação e da coinoculação de duas BPCPs (*Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*), inoculadas via semente sobre a quantidade de nódulos, tamanho de raiz e da parte aérea da soja. O ensaio foi conduzido em propriedade rural no município de Nova Aurora-PR, no período de março a abril de 2023. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco blocos: T1 – sem inoculação; T2 – *Azospirillum*; T3 – *Bradyrhizobium*; T4 – *Azospirillum* + *Bradyrhizobium*. A cultivar utilizada foi a 2606IPRO da empresa Basf e os parâmetros avaliados foram comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e número de nódulos por raiz da soja. Para avaliar a normalidade utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk a 5%. Os resultados obtidos foram analisados pelo teste Tukey a 5%, com o Software computacional SISVAR, versão 5.8, Build 92. Conclui-se que as formas de inoculação conjunta e individual não interferiram de forma diferenciada no comprimento da parte aérea e no comprimento da raiz. A inoculação de *Bradyrhizobium* e de *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* promoveram melhorias no número de nódulos por raiz presentes na soja.

PALAVRAS-CHAVE: Inoculação, Coinoculação, Soja, *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*.

1. INTRODUÇÃO

O uso de microrganismos na agricultura vem sendo uma possibilidade para diminuir o uso de fertilizantes, onde existe uma busca constante por incremento produtivo nos sistemas de cultivo agrícolas. Sendo assim, é importante a busca por soluções para evitar o grande uso de Fertilizantes, consequentemente, as bactérias fixadoras de nitrogênio podem exercer esse importante papel garantindo a redução de custos e altas produtividades.

A cultura da soja é a principal commodity do agronegócio brasileiro, sendo o quarto grão mais produzido e consumido mundialmente, seguido de trigo, arroz e milho, além de ser a principal aleuro oleaginosa cultivada no mundo (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014). Ocupando 58% da área agrícola plantada no Brasil, com área cultivada de 40,80 milhões de ha, produtividade de 3.000 kg ha⁻¹ e produção de 22,43 milhões toneladas, o principal produtor nacional é Mato Grosso que detém aproximadamente 29% da produção, seguido do Estado do Paraná com 17% (CONAB, 2022).

Como apontam Hungria, Campo e Mendes (2007) a cultura da soja demanda grandes quantidades de nitrogênio, para produzir 1.000kg de grãos são necessários 80 kg de N, esse nitrogênio é fornecido pela fixação biológica, assim tornando moderadamente mais viável a cultura da soja. A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) com *Bradyrhizobium* em soja no Brasil é um sucesso, pois o uso de inoculantes proporcionou uma economia anual aproximada de US\$ 3 bilhões fertilizantes a base de nitrogenados (FAGAN *et al.*, 2007). Um elemento muito importante para cultura da soja é o nitrogênio constituinte estrutural das enzimas, clorofilas, proteínas e reações metabólicas essenciais na planta (MARSCHNER, 2011). Em áreas agrícolas onde é cultivado a soja, deve ser utilizar anualmente a inoculação, por conta da entre safra a uma competição entre as bactérias (FBN) e outros microrganismos procedentes da área agrícola, predominando bactérias menos benéficas na fixação do nitrogênio, e limitando à população de bactérias eficientes na fixação do nitrogênio (CAMARA, 2014).

Como aponta Chibeba *et al.* (2015), além da inoculação da soja com *Bradyrhizobium*, nos dias de hoje está acessível a utilidade de microrganismos promotor es do crescimento do gênero *Azospirillum* para o produtor rural. O aumento da produtividade é resultado de maior fixação de N₂, pesquisas que utilizaram *Azospirillum brasilense*, observou-se que os benefícios do efeito da coinoculação vão além da fixação de nitrogênio, devido a produção fito hormônios que resultam um maior crescimento radicular (FERLINI, 2006). Em vários experimentos a campo com *A. brasilense* e *B. japonicum* resultaram no aumento da produtividade com a utilização da coinoculação nas leguminosas, alcançando valores com uma maior caixa produtiva em relação a apenas inoculado com *Bradyrhizobium*, sendo assim uma melhor opção (BURDMANN, HRAMAQUI e OKON, 2000).

1 Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz E-mail:foenning@minha.fag.edu.br

2 Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz E-mail: geresch@minha.fag.edu.br

3 Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz E-mail: gabraunn@minha.fag.edu.br

4 Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz E-mail: dlmeurer@minha.fag.edu.br

5 Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz E-mail: ksanderson@fag.edu.br



O experimento teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação e da coinoculação de duas BPCPs (*Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*), inoculadas via semente sobre a quantidade de nódulos, tamanho de raiz e da parte aérea da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em propriedade rural no município de Nova Aurora, Paraná, situado a 428 metros de altitude, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 24°30'07" Sul, Longitude 53°19'19" Oeste. O experimento aconteceu entre março a maio de 2023. O solo do local é classificado como Nitossolo Vermelho, e o clima subtropical mesotérmico, com chuvas bem distribuídas durante o ano e temperatura média anual de 21,3°C (NITSCHKE *et al.*, 2019).

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e cinco blocos. A semeadura foi realizada no fim da tarde, pois a temperatura já estava mais baixa e o sol se pondo, para evitar a morte dos microrganismos que são sensíveis a altas temperaturas. Os tratamentos foram realizados diretamente na semente, sendo, respectivamente:

T1 – Testemunha

T2 – *Azospirillum*

T3 – *Bradyrhizobium*

T4 – *Azospirillum* + *Bradyrhizobium*

A semeadura foi realizada no sistema convencional, onde a palhada foi incorporada ao solo com uma rotativa, sulcos feitos com uma enxada e sementes depositadas manualmente a 5 cm de profundidade. A adubação de base foi realizada de acordo com as necessidades da cultura, o inoculante utilizado foi do tipo líquido concentrado, com as bactérias *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, sendo utilizadas no tratamento de semente.

A cultivar utilizada foi a 2606IPRO da empresa BASF, sendo ela uma cultivar de alto nível tecnológico, de alto investimento, e exigindo um solo de média a alta fertilidade, de acordo com a empresa obtentora da semente. Os parâmetros avaliados foram comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e número de nódulos por raiz da soja.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas de acordo com o modelo matemático apropriado para o delineamento adotado. Para avaliar a normalidade utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk a 5%. Os resultados obtidos foram analisados pelo teste Tukey a 5%, com o Software computacional SISVAR, versão 5.8, Build 92, desenvolvido por Ferreira (2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5% apresentou normalidade para todos os parâmetros estudados. Na Tabela 1 são expostos os resultados obtidos das médias do comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm) e quantidade de nódulos da soja.

Tabela 1. Médias do comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm) e quantidade de nódulos da soja.

Tratamentos	C.A	C.R	Q.N
Testemunha	12,76 a	15,70 a	1,30 b
<i>Azospirillum</i>	13,86 a	17,92 a	7,20 ab
<i>Bradyrhizobium</i>	14,22 a	16,74 a	8,30 a
<i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i>	13,12 a	17,44 a	11,20 a
Média	13,49	16,95	7,00
C.V. (%)	12,46	23,67	46,35
Shapiro Wilk	0,8733	0,2502	0,6175
p-valor ANOVA	0,5222 ^{ns}	0,8328 ^{ns}	0,0031*

CV%: Coeficiente de variação; C.A.: comprimento da parte aérea; C.R.: comprimento da raiz; Q.N.: número de nódulos.

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

*: significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si.



Os p-valores a 5% de significância, em relação aos parâmetros comprimento da parte aérea e comprimento da raiz não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Já o p-valor a 5% de significância, avaliado para a quantidade de nódulos da soja mostrou que os tratamentos influenciaram de forma significativa.

A comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância para a quantidade de nódulos da soja demonstra que o tratamento 3, com *Bradyrhizobium* e que o tratamento 4, com a inoculação conjunta dos inoculantes *Azospirillum* e *Bradyrhizobium*, são estatisticamente iguais entre si e que apresentaram as maiores médias em relação aos demais tratamentos (8,30 e 11,20, respectivamente). Para os demais tratamentos não houve diferenças a 5% de significância.

Drews (2016) comparou três cultivares de soja, sob déficit hídrico, em relação à coinoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense* e registrou aumento na nodulação de 43%. Já Munhoz (2016) estudou a coinoculação no sulco de semeadura entre *B. japonicum*, *P. fluorescens* e *B. subtilis* em soja. Este tratamento aumentou a nodulação no estágio R2 em oito nódulos por planta, o qual diferiu estatisticamente da inoculação padrão na semente.

Acredita-se que *A. brasilense* esteja relacionado à estimulação da nodulação em leguminosas, incrementando a produção de genes Nod, responsáveis pelo acréscimo de raízes laterais, densidade de pelos radiculares e ramificações de seus pelos (BURDMANN et al., 2000; LIBÓRIO, BÁRBARO, NOBILE, 2015).

Os Coeficientes de Variação (CV) para comprimento da parte aérea foi médio, para comprimento da raiz foi alto e para quantidade de nódulos da soja foi muito alto. Como explica a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985), onde o CV será baixo quando inferior a 10%; médio, entre 10 e 20%; alto, quando entre 20 e 30%; e muito alto, quando são superiores a 30%.

5. CONCLUSÃO

As formas de inoculação conjunta e individual não interferiram de forma diferenciada no comprimento da parte aérea e no comprimento da raiz. A inoculação de *Bradyrhizobium* e de *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* promoveram melhorias no número de nódulos por raiz presentes na soja.

6. REFERÊNCIAS

BURDMANN, S.; HAMAOU, B. Y. OKON, Y. Improvement of legume crop yields by co-inoculation with *Azospirillum* and *Rhizobium*. The Otto Warburg Center for Agricultural Biotechnology. **The Hebrew University of Jerusalem**, Israel, 2000.

CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica de nitrogênio em soja. **Informações agrônômicas**, n. 147, p. 1-9, 2014.

CHIBEBA, A. M., GUIMARÃES, M. F., BRITO, O. R., ARAÚJO, R. S., NOGUEIRA, M. A., & HUNGRIA, M. (2015). In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; **MERCOSOJA**, Florianópolis. Tecnologia e mercado global: perspectivas para soja: anais. Londrina: Embrapa Soja, 2015.

CONAB-COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos**. Vol. 9. Safra 2021/2022, n.º. 7 – Sétimo Levantamento. Brasília, abril, 2022. 94p. ISSN: 2318 - 6852.

DREWS, T. A. Inoculação mista com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em cultivares de soja sob condição normal e de déficit hídrico do solo. 2016. 61 p. (**Mestrado em produção vegetal**) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí. 2016.

FAGAN, E. B., MEDEIROS, S. L., MANFRON, P. A., CASAROLI, D., SIMON, J. O. N. E. S., NETO, D. D. MÜLLER. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja - Revisão. **Revista da FZVA**, vol. 14(1), p. 89-106. 2007.



FERLINI, H. A. Co-Inoculación em Soja (*Glycine max*) com *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. **Artículos Técnicos–Agricultura**. 2006.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... **São Carlos: UFSCar**, 2000. p. 255- 258.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J.J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja Documentos** (INFOTECA-E), 2014.

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. **Embrapa Soja-Documentos** (INFOTECA-E), 2007.

LIBÓRIO, P. H. S.; BÁRBARO, I. M.; NOBILE, F. O. Co-inoculação no desenvolvimento vegetativo e nodulação de plântulas de soja submetidas à calagem, fertilização nitrogenada e aplicação de micronutrientes. **Nucleus**, v. 12 n. 2, p. 245-256, 2015.

MARSCHNER, Horst (Ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. **Academic press**, 2011.

MUNHOZ, A. T. Técnicas de inoculação com bactérias de fixação de nitrogênio na cultura da soja. 2016. 50 p. (**Trabalho de conclusão de curso**) – Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, Santa Catarina. 2016.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P.H.; RICCE, W.S.; PINTO, L.F.D. **Atlas climático do Estado Do Paraná. Instituto Agrônomo Do Paraná**, 2019. 210p.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 12. ed. **Piracicaba: Livraria Nobel**, 1985. 467p.