

Inoculação e coinoculação na cultura da soja

Polyana Lecheski Sassi^{1*}; Norma Schlickmann Lazaretti¹

¹Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}polyanasassi@outlook.com

Resumo: O estudo buscou analisar os impactos da presença de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, tanto de forma conjunta quanto isolada, no sulco de semeadura da soja no Oeste do Paraná. O experimento foi realizado em Palmitópolis, entre outubro de 2023 e janeiro de 2024. O estudo utilizou o Delineamento em Blocos Casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 parcelas. Os tratamentos incluíram T1 - testemunha, T2 - *Azospirillum brasilense*, T3 - *Bradyrhizobium japonicum* e o T4 - coinoculação (*A. brasilense* + *B. japonicum*), inoculantes utilizado foi tipo líquido com aplicação de um pulverizador manual costal. Após a colheita foram avaliados, altura de planta, número de vagens por planta e massa de 100 grãos. Não houveram diferenças significativas nas duas primeiras variáveis, apenas diferenças numéricas. O tratamento T3, com *Bradyrhizobium* teve o maior resultado de altura de plantas em comparação com o tratamento T4 (coinoculação). O T4 obteve o melhor resultado no número de vagens por planta, com 63,53 vagens. Esses resultados indicam que o uso de inoculação com *Bradyrhizobium* resultou em resposta positiva nas lavouras de soja, com um incremento de 11,5% no peso de 100 grãos, quando comparado com a testemunha.

Palavras-chaves: *Azospirillum*; *Bradyrhizobium*; *Glycine Max*.

Inoculation and coinoculation in soybean crops

Abstract: The study sought to analyze the impacts of the presence of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*, both jointly and separately, in the soybean sowing furrow in Western Paraná. The experiment was carried out in Palmitópolis, between October 2023 and January 2024. The study used a Randomized Block Design with four treatments and five replications, totaling 20 plots. The treatments included T1 - control, T2 - *Azospirillum brasilense*, T3 - *Bradyrhizobium japonicum* and T4 - coinoculation (*A. brasilense* + *B. japonicum*), inoculants used were liquid type with application of a backpack manual sprayer. After harvest, plant height, number of pods per plant and weight of 100 grains were evaluated. There were no significant differences in the first two variables, only numerical differences. The T3 treatment, with *Bradyrhizobium*, had the highest plant height result compared to the T4 treatment (coinoculation). T4 obtained the best result in the number of pods per plant, with 63.53 pods. These results indicate that the use of inoculation with *Bradyrhizobium* resulted in a positive response in soybean crops, with an increase of 11.5% in the weight of 100 grains, when compared to the control.

Keywords: *Azospirillum*; *Bradyrhizobium*; *Glycine Max*.

Introdução

A introdução de microrganismos benéficos como as bactérias fixadoras de nitrogênio, poderá desempenhar um papel fundamental para a produtividade da soja, utilizando diferentes microrganismos benéficos nos tratamentos com inoculação. Essa diversidade microbiana pode trazer alguns benefícios adicionais para a cultura da soja, como uma maior absorção de nutrientes, resistência a doenças e estresses ambientais. Os microrganismos benéficos podem ajudar a melhorar a disponibilidade de nutrientes para a planta, além de promover interações positivas com o sistema radicular.

A produção da principal *commodity* do país, a soja, aumentou 0,9% em relação à previsão de março, para atingir 148,3 milhões de toneladas. Este valor representa uma diminuição de 2,4% em relação à produção total do ano passado (CONAB, 2024). O impacto do fenômeno climático El Niño, caracterizado pelo excesso de chuvas nos estados do Sul e pela insuficiência de chuvas e temperaturas mais altas no centro-norte do Brasil, limita o potencial de produção do Brasil. A maioria das unidades federativas produz leguminosas, destaque positivo é o estado do Rio Grande do Sul (BRITTO, 2024).

Visando melhorar a tolerâncias as condições estressantes do ambiente, a utilização de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na soja no Brasil é um sucesso, pois o uso de inoculantes proporciona uma economia anual em torno de três bilhões de dólares em fertilizantes a base de nitrogenados (FAGAN *et al.*, 2007).

Em alguns experimentos realizados com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*., foi possível verificar que no estudo realizado ocorreu um aumento significativo tanto na produção de grãos, como na qualidade da soja, em comparação com as plantas que não receberam a inoculação (PRADO *et al.*, 2020).

A coinoculação consiste em múltiplos microrganismos que contribuem para diferentes processos microbianos para otimizar o crescimento das plantas (BARBOSA *et al.*, 2021). O crescimento das plantas está relacionado à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, produzir fitormônios e induzir resistência sistêmica das plantas a certos fatores bióticos e abióticos (DARDANELLI *et al.*, 2008).

Em vários experimentos de campo com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, as análises mostraram que a coinoculação em leguminosas aumentou a produtividade e os rendimentos, em comparação com a inoculação de *Bradyrhizobium*. Os resultados foram

comparados com as informações fornecidas por Okon e Vanderleyden (1997), que ressaltaram os efeitos positivos observados em diversas espécies de leguminosas.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido em propriedade rural, distrito de Palmitópolis, município de Nova Aurora, Paraná, situado a 543 metros de altitude, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 24°34'20.0"Sul e Longitude: 53°22'45.4" Oeste.

O experimento foi realizado entre outubro de 2023 a fevereiro de 2024. O solo na área em questão é classificado como latossolo vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018), enquanto o clima é subtropical úmido (WREGGE, 2012), caracterizado por estações do ano distintas e precipitação regular ao longo de todo o ano (NITSCHKE *et al.*, 2019). Foram utilizados *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum* para inoculação e coinoculação da cultura da soja.

A cultivar utilizada foi a NS 6010 IPRO da empresa SYNGENTA, sendo ela considerado uma cultivar de alto nível tecnológico e de alto potencial genético e produtivo, se caracterizando como um cultivar precoce tendo um ciclo de 110 dias, de alto investimento, e exigindo um solo de média a alta fertilidade, as sementes adquiridas já contém tratamento industrialmente contra fungos e insetos.

O plano experimental escolhido foi o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos aplicados no sulco de semeadura, envolvendo inoculação e coinoculação, cada um com cinco repetições, totalizando 20 parcelas. Os tratamentos foram definidos da seguinte maneira: T1-testemunha (sem inoculação), T2 – *Azospirillum brasilense*, T3 – *Bradyrhizobium japonicum*, e T4 – *A. brasilense* + *B. japonicum* aplicados no sulco de semeadura na dosagem 30 mL de *B. japonicum* para 10 L de água, e 15 mL de *Azospirillum* para 10 L de água. A inoculação e coinoculação foram realizadas no final do dia, onde a temperatura já estava mais baixa e o sol se pondo, para evitar a morte dos microorganismos, que são sensíveis a luz do sol e altas temperaturas.

A semeadura foi realizada de forma mecanizada com a semeadora da marca John Deere, com dez linhas espaçadas, o plantio foi realizado com cinco centímetros de profundidade, tendo espaçamentos de 50 cm entre as linhas, tendo em média doze plantas por metro linear, cada parcela tem área de 1,35 m², a adubação de base foi realizada conforme a necessidade da cultura a ser semeada, o inoculante utilizado era do tipo líquido contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum*

brasiliense, sendo aplicado no sulco de semeadura utilizando um pulverizador manual costal.

O manejo de plantas invasoras foi feito através de capinas manuais executadas sempre que preciso, a fim de garantir que a cultura não fosse prejudicada. Além disso, medidas de combate a pragas e doenças foram adotadas conforme a necessidade da cultura.

A debulha dos grãos de soja foi realizada de forma manual, as plantas foram colocadas dentro de um saco, e logo após realizada a limpeza destes grãos, para a retirada das impurezas.

A colheita foi realizada de forma manual, em fevereiro de 2024, sendo coletadas cinco plantas no centro de cada parcela, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: altura de planta, medida do solo até a ponteira da planta, analisada com uma fita métrica e os resultados expressos em cm. O número de vagens por planta contando todas as vagens das plantas. A massa de 100 grãos, utilizando uma balança de precisão com duas casas após a virgula.

Os dados foram submetidos ao teste normalidade de Shapiro Wilk, a análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro, com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2019).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 constam resultados de altura de planta, número de vagens por planta e o peso de 100 grãos.

Figura 1 – Resultados obtidos na soja com inoculação e coinoculação no sulco de semeadura. Nova Aurora / PR, 2024.

Tratamentos	Alturas das plantas (cm)	Vagens por planta (nº)	Peso de 100 grãos (g)
T1 – Testemunha	82,52	55,40	16,73b
T2 – <i>Azospirillum</i>	80,92	52,04	15,66c
T3 – <i>Bradyrhizobium</i>	82,80	50,56	18,91a
T4 – <i>Azospirillum</i> + <i>Bradyrhizobium</i>	77,16	63,56	16,51b
Média Geral	80,85	55,39	16,952
p-Valor	0,2029	0,1797	0,0000
Coeficiente de Variação (%)	5,47	17,27	2,24
Diferença Mínima Significativa	8,01	17,31	0,69

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

De acordo com o Teste de Tukey não ocorreu diferenças significativas para a altura de plantas, apenas diferenças numéricas, onde o T3 - *Bradyrhizobium* em altura de plantas apresentou o resultado maior quando comparado com o T4, onde foi feito a coinoculação (*Azospirillum* + *Bradyrhizobium*). Esse fato era esperado porque as bactérias do gênero *B. japonicum* já são recomendadas para a inoculação da cultura da soja, pois são capazes de obter todo o nitrogênio que a planta necessita para que seu ciclo ocorra, por meio de fixação biológica do nitrogênio - FBN (ZUFFO *et al.*, 2015). Segundo Hungria (2011), a altura das plantas pode ser diretamente influenciada pela quantidade de nitrogênio e outros nutrientes absorvidos pelas raízes, o que permite que a cultura tenha maior capacidade fotossintética, assim como mostra a Tabela 1, que demonstra que o T3 com tratamento feito com *Bradyrhizobium*, teve maior capacidade de crescimento em altura de plantas.

No número de vagens por planta o T4 é que apresentou o melhor resultado numérico, com 63,53 vagens por planta, sendo maior que o T1, T2, T3 que produziram 55,40, 52,04 e 50,56 vagens por planta, respectivamente. Considerando os resultados obtidos no experimento, esses resultados são consistentes com os relatados por Braccini *et al.* (2016). Os pesquisadores descobriram que houve um aumento no número de vagens por planta em resposta aos tratamentos de coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em cultivos de soja. Eles observaram que o tratamento de inoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* resultou em um aumento de 50,56%.

As bactérias dos gêneros *A. brasiliense* produzem fitormônios e assim como *Bradyrhizobium* possuem capacidade de fixação de nitrogênio, essas propriedades promovem um aumento no volume da raiz para que as bactérias possam trabalhar juntas no desenvolvimento da cultura quando submetidas à coinoculação (GITTI, 2015). Para Catroux, Hartmann e Revellin (2001), a inoculação de leguminosas é uma prática agrícola recomendada quando não há bactérias específicas no solo capazes de nodular a leguminosa cultivada e quando os teores de N no solo são baixos.

Em peso de 100 grãos teve diferença estatística, onde o T3 – *Bradyrhizobium* apresentou 18,91 g, já o T1 – Testemunha com 16,73 g, T4 – *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* pesou 16,51 g, sendo T1 e T4 iguais estaticamente. T2 – *Azospirillum* expressou apenas 15,66 g a cada 100 sementes. Salin *et al.* (2018), testaram a coinoculação de uma dose de *Bradyrhizobium* e duas doses de *Azospirillum*, obtiveram

um aumento na produtividade de grãos em 5,12% por ha⁻¹. Pardinho e Primiere (2021) compararam inoculação padrão e coinoculação e obtiveram maior produtividade em 18 tratamentos utilizando apenas *Bradyrhizobium*, não havendo diferença estatística para tratamentos utilizando *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*. Bárbaro *et al.* (2009) constataram que os valores médios de produtividade para os tratamentos coinoculados, inoculados convencionais e controle não apresentaram diferenças significativas. Araújo e Hungria (1999), demonstraram aumento de nodulação e produtividade com o tratamento com *Bradyrhizobium* em comparação com os outros tratamentos.

Conclusão

Esses resultados indicam que o uso de inoculação com *Bradyrhizobium* resultou em resposta positiva nas lavouras de soja, com um incremento de 11,5% no peso de 100 grãos, quando comparado com a testemunha.

Referências

- ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M.; Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus Subtilise Bradyrhizobium Japonicum/Bradyrhizobium Elkanii*. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1633-1643, 1999.
- BÁRBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; JUNIOR, L. S. B; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e coinoculação. **Colloquium Agrariae**, v. 5, n. 1, p. 01-07 2009.
- BARBOSA, J. Z.; HUNGRIA, M.; SENA, J. V. C.; POGGERE, G.; REIS, A. R.; CORRÊA, R. S. Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil, **Ecologia Aplicada do Solo**, v. 163, p. 103913, 2021.
- BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. da S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27–35, 2016.
- BRITTO, V. **IBGE prevê safra de 299,6 milhões de toneladas, agência de notícias**, IBGE, editora Estatísticas Econômicas, 2024. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/>.
- CATROUX, G.; HARTMANN, A. REVELLIN, C. Tendências na produção e uso de inoculantes rizobianos. **Planta e solo**. v. 230, n. 1, p. 21-30, 2001.

CONAB - COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos.** v. 11. Safra 2023/2024 n. 8 – Oitavo levantamento. Brasília, maio de 2024. 139 p.

DARDANELLI, M. S.; CÓRDOBA, F. J. F.; ESPUNY, M. R.; CARVAJAL, M. A. R.; DÍAZ, M. E. S.; SERRANO, A. M. G.; OKON, Y.; MEGÍAS, M. Effect of *Azospirillum brasilense* coinoculated with *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and Nod factor production under salt stress. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 11, p. 2713-2721, 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 5. ed., Brasília, 2018. 356 p.

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**, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019.

GITTI, D. C. Inoculação e Coinoculação na cultura da soja. **Tecnologia e Produção: Soja 2014/2015**. Maracaju, MS: Fundação MS, p. 15-28, 2015.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

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

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **ASM News**, v. 63, n. 7, p. 364-370, 1997.

PARDINHO, J. P.; PRIMIERI, C. Produtividade da soja em relação a inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, v. 2175, n. 2214, p. 109-114, 2015.

PRADO, A. M; OLIVEIRA, A. B; LIMA, D; POSSAMAI, E. J; REIS, E. A; Nogueira, M. A; Hungria, A; CONTE, O – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2019/2020 no Paraná**, Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 03-04 (Embrapa Soja. Documento, 166).

SALIN, M.; GIMENES, E. S.; MICHELON, C. J.; DEON, B. C.; RUBIN, V. A. B.; SOUZA, R. A. P. Resposta da soja à co-inoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasilense* na depressão central do RS. In: **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Rio Grande do Sul: SIEPE, v. 9, n. 4, 2018.

WREGE, M.S., STEINMETZ, S., REISSER JUNIOR, C.A.R.L.O.S., de ALMEIDA, I. OKON, R. **Atlas climático da região sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 334p.

ZUFFO, A. M.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; OLIVEIRA, N. T.; SOARES, I. O.; NETO, G. F.; SILVA, L. O. Coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 87-93, 2015.