

RESPOSTAS DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS A INOCULÇÃO E REINOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO

NICOLAS RENK VOLZ¹; ANA CAROLINA DE OLIVEIRA ALVES²; VICTÓRIA VOIGT³, LUÍS DILÉO LIMBERGER JÚNIOR⁴; NICOLAS TAINÃ GUIDOTTI DA SILVA⁵; SIDNEI DEUNER⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – volznicolas@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – aco.alves@outlook.com

³Universidade Federal de Pelotas – victoriaschuchvoigt@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – luislimberger62@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – nicolasguidottidasilva@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – sdeuner@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura de grande relevância no cenário agrícola global, na safra 2024/2025 a produção mundial chegou à marca de 420,78 milhões de toneladas, aproximadamente 146,7 milhões de hectares cultivados, sendo o Brasil responsável pela produção de 169,49 milhões de toneladas (CONAB, 2025). A cultura, no entanto, é extremamente dependente de nutrição balanceada, em especial do nitrogênio (N), considerado o macronutriente mais importante para as plantas, por participar diretamente dos processos fotossintéticos, além de ser um componente importante das proteínas, ácidos nucleicos e clorofila (SILVA, et al., 2023).

Nas plantas leguminosas, o nitrogênio atmosférico pode ser assimilado através da fixação biológica do nitrogênio (FBN), um processo realizado por bactérias do gênero *Rhizobium*, estas são atraídas pela planta a partir da liberação de flavonoides, ativando mecanismos nas bactérias e estimulando sua interação com o sistema radicular da planta, estabelecendo uma relação de simbiose. Estes microrganismos produzem os chamados fatores Nod, induzindo o crescimento de nódulos radiculares, os quais abrigam as bactérias especializadas que fixam N₂ pela ação da enzima nitrogenase (NACATA, 2025).

Outro microrganismo que vem sendo utilizado é o *Methylobacterium symbioticum*, sua interação com as plantas pode se dar via raiz ou parte aérea, quando inoculada via foliar se desloca até o interior do tecido, alcançando o xilema e colonizando diferentes tecidos vegetais, a partir disto realizando a FBN e distribuindo N assimilável para órgãos totalmente expandidos e em desenvolvimento da planta (DA SILVA, 2024; SANTOS, 2023).

Diante das informações, o objetivo do presente estudo foi avaliar os possíveis efeitos provocados pela inoculação e reinoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, em diferentes estádios fenológicos, sobre desempenho produtivo da cultura da soja.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no Instituto Científico de Pesquisa Exacta Agriscience, localizado no município de Pelotas – RS, durante a safra 2024/2025. A semeadura foi realizada na primeira quinzena de dezembro, utilizando sementes comerciais da cultivar Brasmax Zeus IPRO, com espaçamento de 0,45 metro entre linhas e adotando uma população de 14 plantas por metro linear. O ensaio foi composto por seis tratamentos (Tabela 1), com quatro repetições por tratamento e delineamento experimental de blocos casualizados. As práticas de adubação e demais tratos culturais foram executados conforme as recomendações técnicas indicadas para a

cultura na região Sul (Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 2012).

Tabela 1. Relação dos tratamentos aplicados nos estádios vegetativo e reprodutivo em plantas de soja.

Tratamento	Descrição	Estádio fenológico	Dose (mL)/(g)
T1	Testemunha	TS	-
T2	<i>Bradyrhizobium j.</i>	V4	9,2 mL
T3	<i>Bradyrhizobium j.</i>	R2	9,2 mL
T4	<i>Methylobacterium s.</i>	V4	5,1 g
T5	<i>Methylobacterium s.</i>	R2	5,1 g
T6	<i>Bradyrhizobium j. + Methylobacterium s.</i>	V4 + R2	9,2 mL + 5,1 g

Ao atingirem o estádio fenológico R5.1 foi mensurado o índice de clorofila (IC) de quatro plantas por repetição, sendo realizada a leitura em um trifólio totalmente expandido do terço superior de cada planta, por meio de um clorofilômetro portátil da marca Falker (modelo CFL1030). No mesmo estádio foi determinada a temperatura média das plantas, com auxílio de uma câmera de imagens térmicas por infravermelho Flir (modelo E5, FLIR). Após a maturação fisiológica da cultura, foi realizada a colheita dos grãos e analisadas as seguintes variáveis: produtividade (Kg ha^{-1}) e massa de mil grãos (MMG) (g). A análise estatística foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA), e a comparação das médias, pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o software Statistix 9 (TALLAHASSE, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis analisadas, observou-se que não houve diferença significativa em relação às inoculações e reinoculações em diferentes etapas do desenvolvimento da cultura (Tabela 2). Uma das possíveis causas para os resultados encontrados é a dose e método de aplicação dos tratamentos. Segundo Zilli et al., (2010), aplicações pulverizadas da *B. japonicum* não contribuem com a nodulação das plantas, afetando negativamente a fixação de N. Já com relação à *M. Symbioticum*, Vera (2024) confirma sua ação no incremento da massa de mil grãos, produtividade e índice de clorofila na cultura da soja.

Tabela 1. Índice de clorofila, temperatura foliar, produtividade e massa de mil grãos de plantas de soja sob diferentes tratamentos com bactérias fixadoras de nitrogênio.

Tratamentos	Índice de clorofila (IC)	Temperatura foliar (°C)	Produtividade (Kg ha^{-1})	MMG (g)
T1	47,65 a*	26,7 a	5.710,19 a	207,67 a
T2	47,11 a	25,4 a	5.620,02 a	197,70 a
T3	47,78 a	25,5 a	5.112,95 a	199,14 a
T4	47,08 a	25,0 a	5.697,48 a	203,84 a
T5	47,76 a	29,5 a	5.687,65 a	206,38 a
T6	48,70 a	25,7 a	5.944,38 a	206,74 a
CV (%)	3,22	5,7	6,74	3,84

*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Segundo Gitti et al., (2019), o processo da FBN é estimulado pela reinoculação, otimizando o fornecimento do nitrogênio necessário para a produção de grãos e evitando deficiências nutricionais nas fases mais críticas. Outros

estudos também apresentaram resultados positivos com relação à reinoculação, como o aumento em números e massa de nódulos aliada ao aumento da massa de raízes, maximizando a fixação biológica do nitrogênio e, consequentemente, o aumento da produtividade (HUNGRIA, 2000).

O índice de clorofila tem relação direta com a atividade nodular e teores de N foliar, uma vez que o nitrogênio fixado é majoritariamente direcionado para a síntese de clorofila e proteínas associadas ao aparato fotossintético. O incremento no índice de clorofila reflete em aumento na produção de fotoassimilados, os quais são translocados para os grãos (JAISWAL e DAKORA, 2025). Apesar de não ter sido significativamente diferente entre os tratamentos, pode-se observar que o tratamento com combinação de bactérias resultou em um IC levemente superior aos demais, podendo estar associado com maiores índices produtivos.

Plantas inoculadas têm a temperatura foliar afetada indiretamente, pois a fixação biológica de nitrogênio (FBN) promove aumento da taxa fotossintética e da condutância estomática, favorecendo a transpiração, a assimilação de CO₂ e a eficiência no uso da água. Essa maior atividade metabólica contribui para o resfriamento foliar via perda de calor latente, resultando em menor estresse térmico (BRIGNOLI et al., 2024).

A massa de mil grãos é um dos componentes diretamente associados ao rendimento final da soja, sendo influenciada pelo suprimento de nitrogênio durante o enchimento de grãos. No entanto, não foi observado diferença significativa entre os tratamentos quando associado ao uso das bactérias neste estudo, porém, o uso da inoculação e reinoculação anual podem favorecer maior aporte de N para as plantas. Segundo estudos realizados pela Embrapa (2018) o uso de inoculantes proporciona efeitos residuais, fixando de 20 a 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, favorecendo o acúmulo de biomassa e capacidade de translocar fotoassimilados para os grãos, além de possibilitar uma redução de custos o produtor na safra seguinte.

4. CONCLUSÕES

O uso de bactérias fixadoras de nitrogênio pode proporcionar benefícios às plantas, refletidos no incremento da massa de mil grãos e na produtividade, além de promover a relação custo-benefício ao produtor. Além disso, a fixação biológica de nitrogênio mostra-se mais eficiente quando associada à utilização de microrganismos específicos, como *Bradyrhizobium japonicum* e *Methylobacterium symbioticum*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIGNOLI, D. et al. *Quality control of Bradyrhizobium inoculant strains* (Frontiers in Agronomy). Frontiers, 2024.

CONAB. Safra brasileira de grãos. Acessado em 10 jul. 2025. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos>

DA SILVA, M. H., DA SILVA, M. A. A., DUARTE, E. R., BONETTI, R. A. T.. A relação do nitrogênio com o desenvolvimento das plantas e suas formas de disponibilidade. RECIMA21, Jundiaí, v.5, n.1, p. 1-2, 2023

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (39.: 2012: Passo Fundo, RS). Atas e resumos... / XXXIX

Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul; organizada por Leila Maria Costamilan... [et al.]. – Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 1 CD-ROM. (Documentos / Embrapa Trigo).

EMBRAPA. Inoculação anual da soja proporciona ganhos na produtividade. Londrina, EMBRAPA Soja, 2018.

GITTI, D. R. INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO NA CULTURA DA SOJA. Tecnologia e Produção: safra 2015/2016. Fundação MS, cap. 1. Maracaju – MS, 2016.

HUNGRIA, M.. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO NA CULTURA DA SOJA. EMBRAPA, 2001.

JAISWAL, S. K.; DAKORA F. D. Maximizing Photosynthesis and Plant Growth in African Legumes Through Rhizobial Partnerships: The Road Behind and Ahead. Microorganisms 2025, 13, 581.

NUTRIÇÃO DE SAFRAS. *Bradyrhizobium japonicum*: o que é e principais indicações. 18 abril 2025

PARDINHO, J. Produtividade da soja em relação à inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. Cultivando o saber, 2015.

PORTAL EMBRAPA. Dados econômicos. Acessado em 10 jul. 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>

PORTAL EMBRAPA. Soja. Acessado em 10 jul. 2025. Online. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao_tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/soja

Statistix (2009) Statistix 9: Software analítico Tallahassee, FL

VERA, R. T. Aplicação e eficácia de *methyllobacterium symbioticum* como inoculante biológico na cultura do milho e do morangueiro. FOLIA MICROBIOLÓGICA, vol.69, pág. 121-131, 2024.

ZILLI, J. E., GIANLUPPI, V., CAMPO, R. J., ROUWA, J. R. C., HUNGRIA, M. Inoculação da soja com bradyrhizobium no sulco da semeadura alternativamente à inoculação de sementes. Revista brasileira de ciência do solo, 2010.