

**Análise do desenvolvimento inicial da cultura da soja com diferentes
estirpes isoladas e combinadas de *Bradyrhizobium***

*Analysis of the initial development of the soybean crop with different isolated
and combined *Bradyrhizobium* strains*

Letícia Zaparolli Perin^{1*}; Estela Kovalski¹; Letícia Gonçalves Camargo¹; Andrei Luis
Kraemer²; Joatan César Andrades Clamer²; Sonia Purin da Cruz¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Curitibanos, Santa Catarina,
Brasil.

²Biosphera Agro Solutions, Londrina, Paraná, Brasil.

*Autora para correspondência: leticiazperin@icloud.com

RESUMO

A degradação do solo é uma das principais preocupações da atualidade e é neste contexto que a fixação biológica de nitrogênio se torna uma alternativa para o sistema agrícola, buscando maior produtividade com métodos mais sustentáveis. O trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes combinações de bactérias fixadoras de nitrogênio sobre o desenvolvimento e crescimento inicial da cultura da soja, considerando que os efeitos individuais como inoculantes comerciais já são conhecidos, mas os efeitos combinados ainda são insuficientemente explorados. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado na Fazenda Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Campus Curitibanos, em parceria com a empresa Biosphera Agro Solutions, utilizando nove tratamentos e cinco repetições, com análise de variáveis como altura de planta, massa de parte aérea, massa de raiz e nodulação. Os resultados mostraram que certas combinações de estirpes, especialmente nos tratamentos T7 e T8, proporcionaram incrementos significativos no desenvolvimento vegetal em comparação a estirpes isoladas, com destaque para o aumento da altura e da massa de raízes e parte aérea. Também foi verificada maior nodulação em combinações específicas, sugerindo potencial no uso destas como inoculantes comerciais para a cultura da soja. Por fim, a combinação de estirpes de *Bradyrhizobium* pode

ser uma alternativa promissora para melhorar o desempenho inicial da soja, apontando a necessidade de mais pesquisas para consolidação dessas práticas.

Palavras-chave: Bradirizóbios; bactérias fixadoras de nitrogênio; *Glycine max*.

ABSTRACT

Soil degradation is one of today's main concerns and it is in this context that biological nitrogen fixation becomes an alternative for the agricultural system, seeking greater productivity with more sustainable methods. The aim of this study was to evaluate the influence of different combinations of nitrogen-fixing bacteria on the development and initial growth of the soybean crop, considering that the individual effects as commercial inoculants are already known, but the combined effects are still insufficiently explored. The experiment was conducted in a completely randomized design at the Agricultural Experimental Farm of the Federal University of Santa Catarina (UFSC) - Curitibanos Campus, in partnership with the company Biosphera Agro Solutions, using nine treatments and ten replicates, with analysis of variables such as plant height, aerial part mass, root mass and nodulation. The results showed that certain combinations of strains, especially in treatments T7 and T8, provided significant increases in plant development compared to isolated strains, with an increase in height and in the mass of roots and aerial parts. There was also greater nodulation in specific combinations, suggesting their potential use as commercial inoculants for soybean crops. Finally, the combination of Bradyrhizobium strains may be a promising alternative for improving the initial performance of soybeans, pointing to the need for further research to consolidate these practices.

Keywords: Bradyrhizobia; nitrogen-fixing bacteria; *Glycine max*.

1 INTRODUÇÃO

A saúde do solo é uma das principais preocupações da atualidade, devido a dependência da humanidade em produtos provindos da agricultura. Apesar de ser reconhecida sua grande importância, a degradação contínua deste recurso por más práticas agrícolas, como a incorporação descontrolada de fertilizantes minerais ainda é um problema na atualidade. Para mitigar os avanços da degradação do solo, há a necessidade de utilizar de práticas de

conversação do solo e alternativas sustentáveis para a agricultura, como a fixação biológica de nitrogênio que já é uma realidade na produção de soja (Cherubin; Carvalho; Rodrigues, 2023). A cultura da soja desempenha grande importância no cenário agrícola mundial, no qual a sua produção é majoritariamente destinada para a produção de óleo e farelo, sendo um dos principais constituintes da alimentação animal, também apresenta altos teores de proteína se tornando fundamental tanto para alimentação humana quanto animal (Hirakuri; Lazzarotto, 2014).

Segundo os dados da Conab (2024), na safra 2023/24 a área total de soja cultivada foi de 45,7 milhões de hectares. Devido à produção em grande escala e a alta demanda de nitrogênio pela cultura, cerca de 240kg para alcançar um rendimento de 3.000kg ha⁻¹, o fertilizante nitrogenado mineral é um dos insumos com maior custo na produção. A utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio se torna uma excelente alternativa já que a fixação biológica de nitrogênio com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* é capaz de suprir toda a exigência de N (Hungria; Mendes; Campo, 2007).

Segundo Zilli, Campo e Hungria (2010), na safra de 2006 e 2007 a produtividade da cultura da soja com inoculação padrão foi de 216% e 185% superior ao controle, respectivamente. Sendo observado que há um efeito individual dessas bactérias como inoculantes comerciais, entretanto os efeitos em combinações ainda são pouco explorados.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar se diferentes combinações de bactérias fixadoras de nitrogênio influenciam o desenvolvimento e o crescimento inicial da cultura da soja.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro e janeiro na casa de vegetação da Fazenda Experimental Agropecuária do campus UFSC Curitibanos, em cooperação com a empresa Biosphera Agro Solutions.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com nove tratamentos e dez repetições. Os tratamentos testados no ensaio envolveram diferentes cepas de bactérias fixadoras de nitrogênio, isoladas e combinadas. O tratamento T1: testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium diazoefficiens* 5080; T4:

Bradyrhizobium elkanii 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6- T9: 4 combinações diferentes de cepas de bactérias fixadoras de nitrogênio.

A cultivar de soja utilizada foi a Brasmax Zeus IPRO. As sementes foram submetidas ao tratamento com o produto Standak Top, na proporção de 100mL para cada 50kg de sementes. Posteriormente elas foram inoculadas com as estirpes bacterianas correspondentes a cada tratamento.

Foram semeadas três sementes por vaso, a uma profundidade de 1,5cm, e posteriormente os vasos foram irrigados e aleatorizados nas bancadas. Quando as plantas se encontravam em estágio fenológico V1 foi realizado o raleio, deixando apenas uma planta por vaso.

Aos 55 DAE foi realizada a avaliação, quando as plantas se encontravam em estágio fenológico V8/R1. Avaliou-se número de nódulos em raiz principal e raiz secundária, massa fresca e seca de nódulos, altura de planta, massa fresca e seca de raiz e massa fresca e seca de parte aérea.

Inicialmente, foi realizada a mensuração da altura das plantas com uma régua. Posteriormente as plantas foram retiradas dos vasos e as raízes foram lavadas para retirar o excesso de solo e facilitar a contagem de nódulos e a pesagem das raízes. Em seguida, foi separada a parte aérea da raiz por meio de um corte na inserção dos cotilédones. Após isso, foi realizada a retirada e a contagem dos nódulos das raízes, sendo separados em raiz principal e raízes secundárias.

Para a análise de massa de nódulos, parte aérea e raízes das plantas, cada parte foi pesada separadamente em balanças analíticas. Em seguida foram colocadas em sacos de papel pardo e levados à estufa com temperatura de 60°C por quatro dias. Posteriormente, realizou-se a pesagem de massa de nódulos secos, raízes secas e parte aérea seca.

Os dados coletados foram analisados por meio de análise de variância. Se houvessem diferenças significativas nos efeitos de tratamento sobre as variáveis, as médias foram comparadas utilizando o Teste Scott-Knott a um nível de significância de 10%, utilizando o software SISVAR.

3 RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os valores médios obtidos pelo teste de Scott-Knott para as variáveis: altura, massa de parte aérea fresca e seca, massa de raiz fresca e seca. O tratamento T7 apresentou a maior altura entre tratamentos avaliados, resultando em um incremento de 117%.

Os tratamentos T1, T5 e T8 apresentaram as maiores médias de massa de parte aérea fresca, resultando em um incremento de 118% no tratamento T1 em relação ao T2. Os tratamentos T1, T5 e T8 apresentaram médias superiores de massa de parte aérea seca, resultando em um acréscimo de 123% do T1 em relação ao T2.

O tratamento T1 foi o que apresentou a maior média de massa de raiz fresca, que representou um incremento de 131% em relação ao T5. Também o tratamento T1 apresentou a maior média de massa de raízes secas, resultando em um acréscimo de 120% em relação ao T8.

Tabela 1 - Valores médios de altura, massa de parte aérea fresca e seca, massa de raiz fresca e seca na avaliação da soja no estágio V8/R1.

TRAT	ALT (cm)	MPAF (g)	MPAS (g)	MRF (g)	MRS (g)
T1	25,50 a2*	5,7700 a2	1,6558 a2	4,3980 a3	1,1230 a2
T2	24,20 a1	4,8800 a1	1,3510 a1	2,7140 a1	0,7423 a1
T3	21,60 a1	3,9480 a1	1,1142 a1	3,3060 a2	0,8450 a1
T4	23,60 a1	4,3340 a1	1,2507 a1	2,6720 a1	0,8230 a1
T5	25,90 a2	5,5680 a2	1,6040 a2	3,3580 a2	0,8975 a1
T6	23,00 a1	4,3280 a1	1,2814 a1	2,1480 a1	0,7540 a1
T7	28,40 a3	4,3400 a1	1,2673 a1	2,7780 a1	0,8433 a1
T8	24,20 a1	5,1820 a2	1,5134 a2	3,3560 a2	0,9340 a1
T9	23,90 a1	4,4980 a1	1,3163 a1	2,3680 a1	0,7612 a1

*TRAT: tratamento; ALT: altura; MPAF: massa de parte aérea fresca; MPAS: massa de parte aérea seca; MRF: massa de raiz fresca; MRS: massa de raiz seca.

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott (1974) ($Pr > F_c = 0,1$). T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium diazoefficiens* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4.

A Tabela 2 mostra os valores médios obtidos pelo teste de Scott-Knott para as variáveis: nódulos na raiz principal, número total de nódulos e massa de nódulos frescos. Os resultados indicam que houve diferenças significativas em relação ao número de nódulos na raiz principal. Os tratamentos T6, T7 e T9 apresentaram médias superiores aos demais tratamentos, resultando em um incremento de 230% na quantidade de nódulos na raiz principal do T9 em relação ao T8.

Em relação ao número total de nódulos houve diferença significativa entre os tratamentos. Sendo os tratamentos T4, T5, T6, T7, T8 e T9 os que apresentaram as maiores médias, no qual o T8 apresentou um incremento de 162% em relação ao T2.

Quanto à massa de nódulos frescos, houve diferenças significativas. Os tratamentos T1, T5 e T8 apresentaram médias superiores, em que o T5 resultou em um acréscimo de 147% em relação ao T8.

Tabela 2 - Valores médios de nódulos na raiz principal, número total de nódulos e massa de nódulos frescos na avaliação da soja no estágio V8/R1.

TRAT	NRP (un.)	NTN (un.)	MNF (g)
T1	1,40 a1*	12,80 a1	1,6558 a2
T2	3,80 a1	23,80 a1	1,3510 a1
T3	3,80 a1	23,20 a1	1,1142 a1
T4	5,20 a1	30,60 a2	1,2507 a1
T5	1,40 a1	30,20 a2	1,6040 a2
T6	8,40 a2	33,20 a2	1,2814 a1
T7	9,60 a2	33,40 a2	1,2673 a1
T8	5,40 a1	38,60 a2	1,5134 a2
T9	12,40 a2	38,60 a2	1,3163 a1

*TRAT: tratamento; NRP: nódulos na raiz principal; NTN: número total de nódulos e MNF: massa de nódulos frescos.

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott (1974) ($Pr > F_c = 0,1$).

T1: Testemunha; T2: *Bradyrhizobium japonicum* 5079; T3: *Bradyrhizobium diazoefficiens* 5080; T4: *Bradyrhizobium elkanii* 587; T5: *Bradyrhizobium elkanii* 5019; T6: Combinação 1; T7: Combinação 2; T8: Combinação 3; T9: Combinação 4.

Além disso, não observou diferenças significativas em relação aos nódulos na raiz secundária e à massa de nódulos secos. As plantas, em média, tinham 23,67 e 0,0313g, respectivamente.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho revelaram efeitos significativos quanto ao uso de combinações de estirpes em comparação com alguns tratamentos constituídos por apenas uma. As combinações de T7 e T8 foram as que apresentaram médias superiores em relação a alguns tratamentos com estirpes isoladas.

Em relação às combinações de estirpes utilizadas no ensaio, existem poucas

bibliografias disponíveis para consulta. Entretanto, resultados significativos quanto a combinações de estirpes comerciais também foram observados no trabalho de Ganen (2024), que destaca a importância da realização de mais estudos sobre a combinação de estirpes já recomendadas, e que podem ser uma excelente alternativa para a cultura da soja.

5 CONCLUSÃO

A utilização de estirpes combinadas de *Bradyrhizobium* apresenta efeito significativo no crescimento e no desenvolvimento inicial da cultura da soja, configurando-se como uma alternativa potencial para melhorar o desempenho dessa cultura.

AGRADECIMENTOS

À empresa Biosphera Agro Solutions, pelo financiamento e fornecimento dos materiais utilizados para a realização deste ensaio, e aos integrantes do grupo de pesquisa GMicro pela contribuição com o auxílio das análises.

REFERÊNCIAS

CHERUBIN, Maurício Roberto; CARVALHO, Martha Lustosa; RODRIGUES, Marcos. Saúde do solo: entendendo os conceitos, relevância e suas aplicações na agricultura e meio ambiente. **Informações agrônomicas Nutrição de plantas**, n. 18, p. 15-23, 2023.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Ajustes na área de milho e soja resultam em uma produção de 295,45 milhões de toneladas na safra 2023/2024**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/ajustes-na-area-de-milho-e-soja-resultam-em-uma-producao-de-295-45-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-2024-1>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GANEN, Julia dos Santos. **Avaliação da nodulação da soja com estirpes comerciais de Bradyrhizobium de forma isolada e combinada em casa de vegetação**. 2024. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/257715>. Acesso em: 24 abr. 2025.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. 2014.

HUNGRIA, Mariangela; MENDES, Iêda Carvalho; CAMPO, Rubens José. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro.** 2007.

ZILLI, Jerri Édson; CAMPO, Rubens José; HUNGRIA, Mariangela. Eficácia da inoculação de Bradyrhizobium em pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 335-337, 2010.