

INSTITUTO DE SERVIÇOS EDUCACIONAIS VALE DO PARANAPANEMA LTDA
FACULDADES INTEGRADAS DE TAGUAÍ
ENGENHARIA AGRONÔMICA

IMPORTÂNCIA DAS TÉCNICAS DE INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO
NA CULTURA DA SOJA

ALVARO LUIZ GOMES DOS SANTOS

TAGUAÍ- SP

2024

ALVARO LUIZ GOMES DOS SANTOS

**IMPORTÂNCIA DAS TÉCNICAS DE INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO
NA CULTURA DA SOJA**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguaí, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Orientador (a): Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

Professor Responsável pela disciplina: Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

TAGUAÍ- SP

2024

Nome do autor: Alvaro Luiz Gomes dos Santos

**Título: IMPORTÂNCIA DAS TÉCNICAS DE INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO
NA CULTURA DA SOJA**

Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

Presidente e Orientadora

Professora da Faculdades Integradas de Taguai - FIT, Taguai/SP

Prof. Dr. José Guilherme Lança Rodrigues

Membro titular

Professor da Faculdades Integradas de Taguai – FIT, Taguai/SP

Me. Zimbábwe Osório Santos

Membro titular

Departamento de Ciência Animal, Universidade de Purdue, Indiana, Estados Unidos

Data de Defesa, 16 de dezembro de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e minha namorada que sempre me incentivaram constantemente a concluir essa jornada. A minha orientadora, por todo o auxílio durante a realização deste trabalho, assim como todas as orientações. A todos os professores que tive a honra de conhecer, trocar experiências e aprendizado. Aos meus amigos que tornaram essa trajetória mais leve e divertida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida, e a Faculdade FIT de Taguai/SP, por todo conhecimento compartilhado e todo aprendizado ao longo de minha trajetória, de suma importância para meu crescimento pessoal e profissional.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e finalização deste trabalho, e consequentemente, o encerramento dessa etapa tão sonhada.

O meu muito obrigado!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4. CONCLUSÃO	13
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

IMPORTÂNCIA DAS TÉCNICAS DE INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

ALVARO LUIZ GOMES DOS SANTOS

RESUMO

A fixação biológica do nitrogênio é uma importante ferramenta para o desenvolvimento e produção da cultura da soja uma vez que o nitrogênio, que é um nutriente essencial para a esta cultura. A coinoculação tem sido apontada como uma técnica para melhorar a eficiência da difundida técnica de inoculação. O presente trabalho teve como objetivo geral comparar os efeitos da inoculação com *Bradyrhizobium Japonicum* e da coinoculação com *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento radicular, nodulação a parte aérea da planta da soja. O experimento foi realizado safra de 2023/2024, no município de Taquarituba estado de São Paulo. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado e vasos de 435 mL foram utilizados como unidade experimental, variedade de soja utilizada foi a BMX Zeus®, os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) fatorial (dias após a semeadura x tipos de inoculação) a 5% de significância. Os resultados do presente estudo demonstram que a coinoculação com as bactérias *Bradyrhizobium Japonicum* + *Azospirillum brasilense* apresenta melhores resultados com relação as variáveis radiculares (comprimento dos pelos radiculares, número de nódulos e sistemas radicular) quando comparada aos grupos *Bradyrhizobium Japonicum* e testemunha, levando a se concluir a eficácia da coinoculação no cultivo da soja, visto que um sistema radicular mais desenvolvido aumenta a capacidade da planta em absorver água e nutrientes e nutrientes, além de proporcionar uma maior fixação biológica de nitrogênio, contribuindo para sustentabilidade da produção, diminuindo o uso de fertilizantes e favorecendo maiores ganhos na produtividade.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio; Coinoculação; Soja; Inoculação.

IMPORTANCE OF INOCULATION AND COINOCULATION TECHNIQUES IN SOYBEAN CROP

ALVARO LUIZ GOMES DOS SANTOS

ABSTRACT

Biological nitrogen fixation is an essential tool for developing and producing soybean crops since nitrogen is a crucial nutrient for this crop. Co-inoculation has been pointed out as a technique to improve the efficiency of the widespread inoculation technique. The present study aimed to compare the effects of inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and co-inoculation with *Azospirillum brasilense* on root development, nodulation, and the aerial part of the soybean plant. The experiment was carried out in the 2023/2024 harvest, in the municipality of Taquarituba, state of São Paulo. The experimental design used was a completely randomized design, and 435 mL pots were used as the experimental unit; the soybean variety used was BMX Zeus®, and the data were submitted to factorial Analysis of Variance (ANOVA) (days after sowing x types of inoculation) at 5% significance. The results of this study demonstrate that co-inoculation with the bacteria *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* presents better results regarding root variables (root hair length, number of nodules, and root systems) when compared to the *Bradyrhizobium japonicum* and control groups, leading to the conclusion that co-inoculation is effective in soybean cultivation, since a more developed root system increases the plant's capacity to absorb water and nutrients, in addition to providing greater biological nitrogen fixation, contributing to production sustainability, reducing the use of fertilizers and favoring greater gains in productivity.

Keywords: Biological fixation; Co-inoculation; Nitrogen; Soybean; Inoculation.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max L.*) originou-se na Ásia, e há relatos que os primeiros registros foram na China há milhares de anos. Essa leguminosa chegou ao Brasil, por volta do ano de 1882, trazida dos Estados Unidos e levada direto para a região Sul do Brasil, região essa com condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2004; FIDELIS; NEGRINI; PEREIRA, 2012). O Brasil é um importante player no cultivo da soja, sendo que produção de 2023 foi estimada em 147,35 milhões de toneladas, redução de 4,7% ou 7,26 milhões de toneladas sobre a safra anterior. No atual ciclo, a área semeada para a oleaginosa foi maior, no entanto as condições climáticas adversas impactaram negativamente a produtividade média no país (CONAB, 2024).

Tecnologias de fácil aplicação, baixo custo e que permitam reduzir a aplicação de insumos externos sem afetar ou aumentando a produtividade agrícola são progressivamente mais desejadas na agricultura mundial. Nesse contexto, destaca-se a inoculação com microrganismos promotores de crescimento de plantas (GALINDO *et al.*, 2019).

Técnica alternativa de coinoculação ou também denominada de inoculação mista consiste na utilização de combinações de diferentes microrganismos, aos quais produzem um efeito sinérgico, em que se superam os resultados produtivos obtidos com os mesmos, quando utilizados na forma isolada (BÁRBARO *et al.*, 2008; FERLINI, 2006).

Neste contexto, a utilização da inoculação e coinoculação são técnicas que consistem em utilizar microrganismos benéficos, que atuam em sinergismo, para realizar a fixação biológica de nitrogênio oportunizando melhor desempenho do sistema radicular na planta, que gera maior aproveitamento dos fertilizantes e resistência a situações de estresse hídrico, seguido de melhoria da produtividade pela maior capacidade de absorção de água e nutrientes pelas raízes, sendo também uma forma de economia na aplicação de fertilizantes nitrogenados, reduzindo o custo do plantio e diminuindo os riscos de contaminação do ambiente ocasionado pela má utilização de adubos nitrogenados, favorecendo a sustentabilidade do sistema agrícola (DALOLIO *et al.*, 2018; FERLINI, 2006; HUNGRIA *et al.*, 2005).

Pesquisas voltadas à essa temática foram realizadas pela EMBRAPA, onde se observou que a inoculação da soja com bactérias *Bradyrhizobium spp.* oferece aumento de até 1,8 sacas por hectare, ao passo que a coinoculação com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium spp.* + *Azospirillum brasilense* proporciona incremento de até 5,6 sacas por hectare (PRANDO *et al.*, 2022). Diferentemente do *Bradyrhizobium Japonicum*, o *Azospirillum brasilense*

sintetiza fitormônios que promovem o crescimento vegetal, principalmente do sistema radicular, o que favorece a nodulação e a FBN realizada pelo *Bradyrhizobium Japonicum* além de trazer outros benefícios, como ampliação do volume de solo explorado. As plantas de soja coinoculadas com *Bradyrhizobium Japonicum* e *Azospirillum brasilense* apresentam uma nodulação mais abundante e precoce (CHIBEBA *et al.*, 2015; HUNGRIA; NOGUEIRA, 2017), com ganho médio de produtividade de 16%, que é o dobro do proporcionado pela inoculação anual apenas com *Bradyrhizobium Japonicum* (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013).

O aumento da produção é consideravelmente maior, devido à alta fixação de nitrogênio realizada por bactérias. Pesquisas evidenciam que a utilização de *Azospirillum brasilense* em coinoculação com *Bradyrhizobium Japonicum*, teve um efeito positivo. Isso se explica através da aptidão que essas bactérias apresentam, na produção de hormônios que favorecem o crescimento da área radicular. Em resposta, raízes maiores atingem distancias maiores, fazendo com que possa captar maiores quantidades de nutrientes e suportar a maiores níveis de estresse hídrico, buscando água em profundidade (FERLINI, 2006; HUNGRIA, 2011). Entretanto uma revisao de 25 estudos de campo realizados na regioao temperada dos Estados Unidos demonstrou que somente 2 demonstraram um aumento da produtividade quando a coinoculacao foi utilizada (DE BORJA REIS *et al.*, 2022).

Assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo explorar o efeito da coinoculação com *Bradyrhizobium Japonicum* e *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento da cultura da soja, com ênfase no sistema radicular.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado safra de 2023/2024, Sitio Cateto localizado Bairro do Queimadão no município de Taquarituba estado de São Paulo, (latitude 23°31'59" Sul e na longitude 49°14'40" Oeste), altitude de 629 metros, clima subtropical, com temperatura média anual de 14°C a 30°C. Durante o inverno, as temperaturas podem ficar próximas a 0 °C e geadas ocorrem ocasionalmente.

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC) e vasos de 435 mL foram utilizados como unidade experimental. O efeito de três tratamentos em 4 diferentes momentos após a semeadura foi explorado através de um arranjo fatorial (3x4), e cada combinação contou com 3 repetições, resultando em 36 vasos. Foram

semeadas três sementes, as variáveis foram avaliadas em todas as plantas e a média do vaso foi calculada.

Os tratamentos foram: Testemunha - somente tratamento industrial, Fipronil + Apron + maxim + pó secante e polímero; *Bradyrhizobium japonicum* (inoculação) – as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (Cepas SEMIA 5079 e SEMIA 5080), líquido $7,2 \times 10^9$ células.ml⁻¹ (Bioma Brady®), na proporção de 0,100 ml para cada 50 kg de sementes; e *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* (coinoculação) - as sementes foram coinoculadas com *Azospirillum brasilense* (Cepas Ab-V5 e Ab-V6), líquido $2,5 \times 10^8$ células.ml⁻¹ (Bioma Mais®) a proporção de 100 ml para 50 kg de sementes, junto com *B. japonicum*, $7,2 \times 10^9$ células ml⁻¹ (Bioma Brady®) na proporção de 0,100 ml para cada 50 kg de sementes.

A variedade de soja utilizada foi a BMX Zeus®, material precoce com ciclo de 125 dias e exigência de fertilidade, peneira 6,5 Pms 198, germinação 96%, semente possui tratamento químico TSI, Fipronil + Apron + maxim + pó secante e polímero (2ml por kg de semente). As sementes foram semeadas no substrato Solo Forte Premium®, o qual é composto por casca de pinus, cinzas, turfa, resíduo orgânico agroindustrial de terceiros e calcário.

Durante a condução do experimento foi realizado o controle fitossanitário, de acordo com as necessidades da cultura tendo-se fontes de informações nos sites Agrolink, NPCT, Fundação ABC. Nenhuma aplicação de defensivos foi necessária. A capacidade de campo do solo foi mantida através de duas irrigações/dia com regadores de 15lt.

As plantas foram monitoradas frequentemente e as variáveis foram coletadas a cada 20 dias. A tabela 1 detalha quais variáveis foram avaliadas com os momentos e formas de coleta.

Tabela 1. Variáveis avaliadas no estudo e respectivos métodos e momentos de avaliação.

Variável	Momento de avaliação (Dias após a semeadura - DAS)	Forma de avaliação
Altura das plantas, comprimento raiz, comprimento dos pelos radiculares	22, 40, 60, 80	Medida com o uso de fita métrica (cm)
Número de entrenós, número de nódulos e folhas trifolioladas	40, 60, 80	Contagem visual
Número de vagens	60, 80	Contagem visual

Fonte: Elaborado pelos autores.

As duas últimas avaliações que seriam realizadas nos dias 100 e 120 não foram concluídas devido aos danos das Mosca branca - *Bemisia Tabasi* que causou fumagina, um fungo de nome *Capnodium sp.* que impediu a fotossíntese das plantas e causou o abortamento das vagens. Além disso, o excesso de calor ocasionou a morte das plantas devido ao estresse térmico, que mesmo com a irrigação não foi controlado.

Todas as análises foram realizadas usando o software estatístico R Core Team 2023. Após a obtenção dos dados, estes foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias. Atendendo as pressuposições necessárias, os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) fatorial a 5% de significância para verificar diferenças entre os tratamentos (pacote “ExpDes.pt”, função “fat2.dic”). Quando diferença entre os tratamentos foi detectada, estes foram submetidos ao teste de comparação de médias de de Tukey a 5% de probabilidade (função “fat2.dic”).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os tratamentos e dias após a semeadura não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas ($P > 0,05$) portanto os resultados desses dois fatores serão apresentados separadamente.

A altura das plantas diferiu entre os tratamentos ($F_{(2, 35)} = 4.65$, $P = 0.01$; $CV=9,22\%$), sendo que a coinoculação de *Bradyrhizobim japonicum* e *Azospirillum brasiliense* proporcionou a maior média (média durante todo o experimento ($\bar{x}$) = $34,19 \pm$ desvio padrão = $12,52$ cm), entretanto o uso de *Bradyrhizobim japonicum* ($\bar{x} = 31,72 \pm 11,47$ cm) isoladamente não diferiu do grupo testemunha ($\bar{x} = 30,58 \pm 13,00$ cm) (Figura 1). Com relação ao tempo de avaliação, independentemente do tratamento as plantas aumentaram de altura significativamente entres o 22º e o 40º DAS ($\bar{x}_{22DAS} = 14,75 \pm 1,21$ cm; $\bar{x}_{40DAS} = 25,38 \pm 4,62$ cm), entretanto o crescimento estabilizou ao 60º dia, sem incremento significativo ao 80º dia ($\bar{x}_{60-80DAS} = 44,26 \pm 3,37$ cm). Tais dados corroboram com a pesquisa de Manteli (2019), que utilizou a inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium sp.* e também sua coinoculação com *Azospirilum brasiliense*, sendo que a coinoculação demonstrou maiores valores de altura quando comparada ao demais grupos. Nossos resultados também corroboram com estudos de Rocha (2023), que observou maior aumento das plantas nos

grupos tratados com coinoculação utilizando *Bradyrhizobim japonicum* + *Azospirillum brasiliense*.

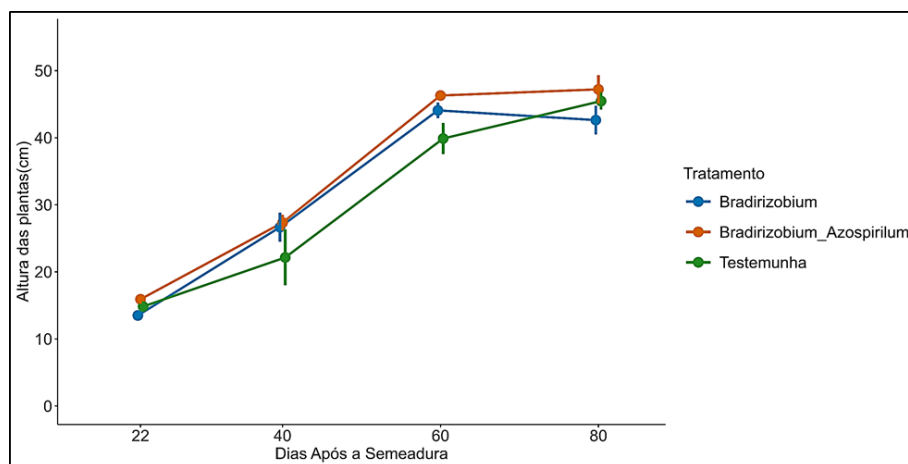


Figura 1. Altura das plantas segundo os tratamentos: AZUL= *Bradyrhizobim japonicum*; LARANJA = *Bradyrhizobim japonicum* + *Azospirillum brasiliense*; VERDE = Testemunha. Pontos representam a média dos tratamentos enquanto as barras representam o erro padrão das respectivas médias.

Com relação as demais variáveis da parte aérea, nenhum efeito do tratamento foi detectado para: número médio de entrenós ($F_{(2, 26)} = 23,3$, $P = 0.0662$; $CV=9,61\%$); altura dos entrenós ($F_{(2, 26)} = 0,13$, $P = 0.87$; $CV=10,12\%$); número de folhas trifolioladas ($F_{(2, 26)} = 1,50$, $P = 0.24$; $CV=22,24\%$); e o número de vagens ($F_{(2, 17)} = 1,46$, $P = 0.26$; $CV=37,72\%$). Já quando se observou o tempo entre as avaliações para as mesmas variáveis, houve um incremento do dia 40 para o dia 60, mas sem diferença entre o dia 60 e 80 para o número de entrenós ($\bar{x}_{40DAS} = 4.33 \pm 1,00$; $\bar{x}_{60-80DAS} = 10,58 \pm 0,84$); e número de folhas trifolioladas ($\bar{x}_{40DAS} = 3,72 \pm 0,56$; $\bar{x}_{60-80DAS} = 10,33 \pm 2,05$). A variável número de vagens foi avaliado pela primeira vez aos 60 dias e houve um incremento na avaliação subsequente aos 80 dias ($\bar{x}_{60DAS} = 8,33 \pm 3,38$; $\bar{x}_{80DAS} = 13,61 \pm 4,78$). Curiosamente, houve uma redução da altura dos entre nós entre o dia 22 e os dias 60, 80 ($\bar{x}_{40DAS} = 6,55 \pm 0,51$; $\bar{x}_{60-80DAS} = 5,36 \pm 0,57$).

As plantas submetidas aos tratamentos com a bactéria *Bradyrhizobim japonicum* e a testemunha não apresentaram diferenças na altura e números médios de entrenós, assim como pesquisa realizada por Rocha *et al.* (2024), que concluiu que quando não se faz a coinoculação com mais de uma bactéria não há diferença na estrutura de planta. Segundo Fachinelli e Ceccon (2020) analisou o efeito das inoculações sobre a cultura da soja, evidencia-se que o tratamento com *Bradyrhizobim japonicum* induziu o maior número de

trifolios que os tratamentos com Nitrogênio e *Azospirillum brasiliense*, sem diferir estatisticamente da coinoculação ou do histórico do uso de *Azospirillum brasiliense* e a reinoculação.

A combinação das bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* de acordo com Braccini *et al.* (2016), Dalolio *et al.* (2018) Manteli *et al.* (2019), proporcionam maior fixação de nitrogênio favorecendo o aumento de vagens por plantas, massa de mil grãos e produtividade. A coinoculação não resultou em maior número de vagens no nosso estudo, contudo devido a interrupção precoce do estudo pelas altas temperaturas e infestação de Mosca branca (*Bemisia Tabasi*), não obter dados adicionais como peso das vagens e número de grãos por vagem. Nossos resultados parecem corroborar os achados de Silva *et al.*, (2019) que reportam um aumento da resistência plantas inoculadas e coinoculadas a estresse moderado, mas não a estresses severos.

Os tratamentos afetaram as três variáveis radiculares: comprimento da raiz ($F_{(2, 35)} = 20,33$, $P < 0,0001$; $CV=16,83\%$); comprimento dos pelos radiculares (tratamentos ($F_{(2, 35)} = 23,3$, $P < 0,0001$; $CV=23,45\%$) e número de nódulos ($F_{(2, 26)} = 14,27$, $P = 0.0001$; $CV=49,53\%$). A coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* proporcionou o maior comprimento radicular ($\bar{x}_{Bradyrhizobium_Azospirillum} = 24,37 \pm 5,27\text{cm}$), enquanto que a inoculação do *Bradyrhizobium japonicum* isoladamente não diferiu do tratamento testemunha ($\bar{x}_{Testemunha} = 16,05 \pm 5,74\text{cm}$; $\bar{x}_{Bradyrhizobium} = 18,38 \pm 5,56\text{cm}$). O tratamento de coinoculação também resultou em maior número de nódulos ($\bar{x}_{Bradyrhizobium_Azospirillum} = 19,77 \pm 9,62$ no.) em comparação aos dois outros grupos, os quais que não diferiram entre si ($\bar{x}_{Testemunha} = 5,38 \pm 8,83\text{no}$; $\bar{x}_{Bradyrhizobium} = 10,11 \pm 8,71\text{no}$). Todos os grupos diferiram com relação ao comprimento dos pelos radiculares, sendo que a coinoculação proporcionou maior o comprimento ($\bar{x}_{Bradyrhizobium_Azospirillum} = 16,20 \pm 5,32$ cm) seguido da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*; ($\bar{x}_{Bradyrhizobium} = 11,59 \pm 5,57\text{cm}$) e da testemunha ($\bar{x}_{Testemunha} = 8,36 \pm 5,92\text{cm}$) (Figura 2).

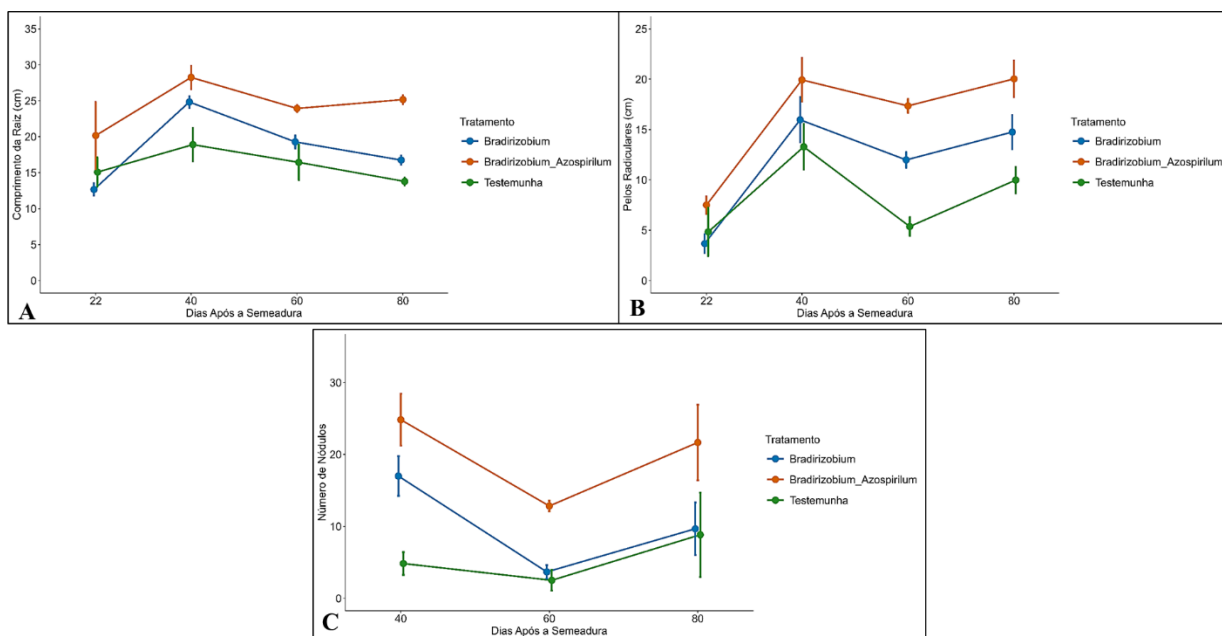


Figura 2. **A** = Comprimento das raízes; **B**= comprimento pelos radiculares e **C**= Número de nódulos: AZUL= *Bradyrhizobim japonicum*; LARANJA = *Bradyrhizobim japonicum* + *Azospirillum brasilense*; VERDE = Testemunha. Pontos representam a média dos tratamentos enquanto as barras representam o erro padrão das respectivas médias.

O tempo em que as plantas foram amostradas afetou todas as variáveis independentemente do tratamento. Foi observado um incremento entre 22º e 40º DAS tanto no comprimento da raiz ($\bar{x}_{22\text{DAS}} = 15,97 \pm 5,57$ cm; $\bar{x}_{40\text{DAS}} = 23,99 \pm 4,82$ cm) quanto no comprimento dos pelos radiculares ($\bar{x}_{22\text{DAS}} = 5,33 \pm 2,90$ cm; $\bar{x}_{40\text{DAS}} = 16,39 \pm 4,41$ cm). Ao 60º DAS houve uma tendência a redução do comprimento da raiz ($\bar{x}_{60\text{DAS}} = 19,88 \pm 4,00$ cm). e uma redução do comprimento dos pelos radiculares ($\bar{x}_{60\text{DAS}} = 11,56 \pm 5,33$ cm), seguida de uma tendência na redução do comprimento da raiz ($\bar{x}_{80\text{DAS}} = 18,56 \pm 5,19$ cm) e uma tendência ao aumento do comprimento dos pelos radiculares ($\bar{x}_{80\text{DAS}} = 14,91 \pm 4,97$ cm) ao 80º dias. O número de nódulos variou de forma similar aos pelos radiculares, com uma queda entre o 40º e o 60º DAS ($\bar{x}_{40\text{DAS}} = 15,55 \pm 9,62$ cm; $\bar{x}_{60\text{DAS}} = 6,33 \pm 5,15$ cm) seguida de um aumento significativo ao 80º DAS ($\bar{x}_{80\text{DAS}} = 13,38 \pm 9,74$ cm).

Assim como o trabalho de Braccini *et al.* (2016) é visível que todos os tratamentos que envolvam a inoculação com *Bradyrhizobim japonicum*, via tratamento de sementes, e associados à coinoculação com *Azospirillum brasilense* trazem formação benéfica às raízes, com um maior sistema radicular corroborando com os nossos resultados, onde observamos aumento nas raízes das plantas. Um sistema radicular mais volumoso como pelos radiculares

ocasionam uma maior absorção de água e nutrientes presentes no solo, menor suscetibilidade a estresses hídricos, maior absorção de nutrientes pela planta tornando-a mais vigorosa (BRACCINI *et al.*, 2016).

Schneider *et al.* (2017) observou que o tratamento somente com bactérias de *Azospirillum brasilense*, apresentou um rendimento produtivo maior quando comparado ao tratamento somente com *Bradyrhizobium japonicum*, sendo que isso provavelmente ocorreu devido a capacidade dessas bactérias promoverem um maior crescimento radicular. *Azospirillum brasilense* também potencializa a nodulação (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2017) sendo o mesmo apresentado em nosso estudo, onde se teve maior nodulação no tratamento com coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*. Com o sistema radicular maior, pode-se ter aumento da quantidade de nódulos, os quais podem realizar a absorção de nitrogênio e junto com as bactérias diazotróficas que aumentam o tamanho das raízes e o volume delas, elas também podem fornecer diversos efeitos benéficos da interação com os fungos micorrízicos arbusculares, como o incremento da absorção de fósforo. Isso se torna importante, pois pode-se aumentar o rendimento, diminuindo a utilização de insumos químicos como os fosfatados e também os nitrogenados (DE SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Além dos rizóbios (nódulos), Chibeba *et al.* (2015) afirma que as bactérias promotoras de crescimento de plantas realizam uma vasta gama de processos biológicos que as beneficiam incluindo a produção de hormônios de crescimento e a fixação biológica de nitrogênio. Os efeitos do *Azospirillum* são o aumento da produção de pelos radiculares e crescimento radicular, beneficiando as plantas com melhor absorção de água e nutrientes.

4. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram a eficácia da coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento da estrutura das plantas resultando em um melhor desenvolvimento do sistema radicular, o que traz efeitos benéficos a produção, visto que um maior sistema radicular é capaz de aumentar a absorção de água e nutrientes pela planta, além de proporcionar uma maior fixação biológica de nitrogênio, contribuindo para sustentabilidade da produção, diminuindo o uso de fertilizantes e favorecendo maiores ganhos na produtividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÁRBARO, M. I.; ROBERTO BRANCALIAO, S.; TICELLI, M.; BERGANTINI MIGUEL, F. Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. p. 8–12, 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>.
- BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. 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.
- CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; ARAÚJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Inoculação de soja com *bradyrhizobium* e *azospirillum* promove nodulação precoce. **VII Congresso Brasileiro de Soja - MERCOSOJA**, p. 1–4, 2015.
- CONAB. Acompanhamento da Safra brasileira de grãos. **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2024.
- DALOLIO, R. S.; BORIN, E.; CRUZ, R. M. S. da; ALBERTON, O. CO-INOCULAÇÃO DE SOJA COM *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences, Umuarama**, v. 7, n. 2, p. 1–7, 2018.
- DE BORJA REIS, A. F.; ROSSO, L. H. M.; ADEE, E.; DAN DAVIDSON; KOVÁCS, P.; PURCELL, L. C.; BELOW, F. E.; CASTEEL, S. N.; KNOTT, C.; KANDEL, H.; NAEVE, S. L.; SINGH, M. P.; ARCHONTOULIS, S.; CIAMPITTI, I. A. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* in the U.S. soybean systems. **Field Crops Research**, v. 283, n. April, 2022.
- DE SOUZA, E. de F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 370–377, 2011.
- EMBRAPA, E. B. de P. A. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2004. 2004.
- FACHINELLI, R.; CECCON, G. Coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na soja em sucessão ao milho-safrinha em solo arenoso e argiloso. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 99–108, 2020.
- FERLINI, H. . Co-Inoculación en Soja (*Glicyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. **Artículos Técnicos – Agricultura**, 2006.
- FIDELIS, E. G.; NEGRINI, M.; PEREIRA, R. S. Importância econômica da lagarta falsa-medideira na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 1021–1034, 2012.
- GALINDO, F. S.; RODRIGUES, W. L.; BIAGINI, A. L. C.; FERNANDES, G. C.; BARATELLA, E. B.; DA SILVA, C. A.; BUZETTI, S.; FILHO, M. C. M. T. Assessing Forms of Application of *Azospirillum brasilense* Associated with Silicon Use on Wheat. **Agronomy**, v. 9, n. 11, 2019.
- HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **Documentos**, v. 325, p. 36, 2011.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. **The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America**. In: WERNER, D. & NEWTON,

W., eds. **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment**. Dordrecht, Springer, 2005. [s.l.: s.n.] 25–42 p.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. COINOCULAÇÃO DA SOJA COM *Bradyrhizobium* E *Azospirillum*: UMA TECNOLOGIA AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL. **XXXVI Reunião de Pesquisa de Soja**, p. 203–205, 2017.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. TECNOLOGIA DE COINOCULAÇÃO DA SOJA COM *Bradyrhizobium* E *Azospirillum*: INCREMENTOS NO RENDIMENTO COM SUSTENTABILIDADE E BAIXO CUSTO. **Embrapa soja**, p. 151–153, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88704/1/Tecnologia-de-coinoculacao-da-soja-com-Bradyrhizobium-e-Azospirillum-incrementos-no-rendimento-com-sustentabilidade-e-baixo-custo.pdf>>.

MANTELI, C.; ROSA, G. M. da; CARNEIRO, L. V.; POSSENTI, J. C.; STEFENI, A. R.; SCHNEIDER, F. L. Inoculação e coinoculação de sementes no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 2, p. 1–11, 2019.

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; CARNEVALL, R. A. Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2021 / 2022 no Paraná. **EMBRAPA - Circular Técnica 190**, 2022.

ROCHA, T. M.; PARAGINSKI, R. T.; PINTO, M. A. B.; CONTI, L. De. Qualidade fisiológica de sementes, desempenho a campo e viabilidade econômica da cultura da soja submetida à inoculação de sementes com diferentes produtos biológicos. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 10, n. 1, p. 1–21, 2024.

SCHNEIDER, F.; PANIZZON, L. C.; SORDI, A.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A.; KLEIN, C. EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) SUBMETIDA A COINOCULAÇÃO. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 72, 2017.

SILVA, E. R.; ZOZ, J.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; ZOZ, T.; VENDRUSCOLO, E. P. Can co-inoculation of *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* alleviate adverse effects of drought stress on soybean (*Glycine max* L. Merrill.)? **Archives of Microbiology**, v. 201, n. 3, p. 325–335, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00203-018-01617-5>>.