

Desenvolvimento do milho sob diferentes fontes de inoculante *Azospirillum brasilense*

Guilherme Lozovey Batista^{1*}; Norma Schlickmann Lazaretti¹; Edivam de Bonfim²

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

²Universidade tecnológica federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná.

^{1*}guilhermelozovey277@hotmail.com

Resumo: O milho tem alta demanda de nutrientes, entre eles o nitrogênio, que é um dos mais importantes. A inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio pode ajudar a suprir essa demanda. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi analisar o desenvolvimento da cultura do milho sob diferentes fontes de inoculante *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido no município de Braganey, Paraná, nos meses de setembro de 2024 e fevereiro de 2025. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos distribuídos na seguinte forma: Tratamento 1 - Testemunha; Tratamento 2 – Inoculante Azototal®; Tratamento 3 – Inoculante Azokop®; Tratamento 4 – Inoculante Solunat L- Brasilense®, com cinco repetições para cada tratamento. O híbrido usado foi o SHS 7939 (Santa Helena R). Os parâmetros avaliados foram comprimento de espiga (cm), número de fileiras de grãos, peso de cem grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹). Segundo os critérios adotados neste estudo, o uso de inoculante *Azospirillum brasilense* apresentaram resultados superiores em comprimento de espigas, peso de cem grãos e produtividade, já em número de fileiras de grãos por espiga não apresentou diferença significativa. Considerando os resultados alcançados no desenvolvimento de milho não há contradição no uso de inoculante *Azospirillum brasilense* testados neste experimento. De forma geral o uso de diferentes fontes de inoculante *Azospirillum brasilense* propicia rendimentos importantes na cultura de milho, onde os melhores resultados foram o T3 - Azokop® e T4 - Solunat L Brasilense®.

Palavras-chave: *Zea mays*; Fixação de nitrogênio; Inoculação

Development of the corn under different brands of inoculant *Azospirillum Brasilense*

Abstract: Corn has a high nutrient demand, including nitrogen, which is one of the most important. Inoculation with nitrogen-fixing bacteria can help meet this demand. In this context, the objective of this study was to analyze the initial development of corn crops under different sources of *Azospirillum brasilense* inoculant. The experiment was conducted in the municipality of Braganey, Paraná, from September 2024 to February 2025. The experimental design used was a randomized block design (CDB), with four treatments distributed as follows: Treatment 1 - Control; Treatment 2 - Azototal® Inoculant; Treatment 3 - Azokop® Inoculant; Treatment 4 - Solunat L-Brasilense® Inoculant, with five replicates for each treatment. The hybrid used was SHS 7939 (Santa Helena R). The parameters evaluated were ear length (cm), number of grain rows, 100-grain weight (g), and productivity (kg ha⁻¹). According to the criteria adopted in this study, the use of *Azospirillum brasilense* inoculant presented superior results in ear length, one hundred grain weight and productivity, while in the number of grain rows per ear there was no significant difference. Considering the results achieved in the development of corn, there is no contradiction in the use of *Azospirillum brasilense* inoculant tested in this experiment. In general, the use of different sources of *Azospirillum brasilense* inoculant provides important yields in corn crops, where the best results were T3 - Azokop® and T4 - Solunat L Brasilense®.

keywords: *Zea mays*; Nitrogen fixation; Inoculation.

Introdução

O milho (*Zea mays*) possui grande importância econômica no cenário mundial, sendo os Estados Unidos o principal produtor global, seguido pela China e pelo Brasil, sendo que no Brasil, o milho é a segunda cultura de grãos mais relevante, ficando atrás apenas da soja (Agroadvance, 2024). O cultivo desse cereal ocorre sob diversas condições ambientais, abrangendo regiões frias e quentes, com variações de altitude e latitude, o que resulta em diferentes níveis de produtividade.

Devido às condições climáticas e geográficas, o Brasil se destaca como o único país capaz de produzir três safras de milho (CNA, 2024). A safra 23/24 teve uma produção de 115,72 milhões de toneladas, 12,3 % menor que a produtividade da safra anterior, influenciado pelas condições climáticas adversas ocorridas e redução da área destinada ao cultivo do grão (Conab, 2024).

Juntamente com o aumento da produtividade, ocorre um crescimento na demanda nutricional, sendo o nitrogênio (N) o nutriente mais absorvido e extraído pela cultura do milho. Estima-se que, para cada tonelada de grãos de milho produzida, são extraídos 21 kg de N, dos quais 70 % a 77 % do N absorvido é translocado para os grãos, para alcançar uma produtividade de 8,0 Mg ha⁻¹, recomenda-se a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 70 kg ha⁻¹ em adubação de cobertura (Sousa e Lobato, 2004)

Para atender à demanda de nitrogênio do milho, são utilizados fertilizantes sintéticos, sendo a ureia o mais comum, devido à sua facilidade em disponibilizar N para absorção. No entanto, o aproveitamento desse fertilizante pelas plantas é baixo, variando entre 42 % e 49 % (Silva *et al.*, 2009), devido às perdas de N para o ambiente, podendo ocorrer por imobilização microbiana, onde microrganismos do solo absorvem o nutriente para atender às suas necessidades e, após o fim de seu ciclo vital, mineralizam-se e liberam o N de volta ao solo, levando à lixiviação, sendo esse fenômeno mais comum quando a ureia é utilizada como fonte de N em condições inadequadas de umidade e temperatura (Sousa e Lobato, 2004).

Devido às perdas de nitrogênio pelos fatores mencionados e entre outros, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para reduzir os custos de produção, como o uso de inoculantes contendo bactérias fixadoras de nitrogênio. Um exemplo disso são as bactérias do gênero *Azospirillum* (Bashan e Bashan, 2005), em particular *Azospirillum brasilense*, utilizadas na cultura do milho (Hungria, 2014).

Além de fixarem o nitrogênio presente na atmosférica pelo processo de fixação biológica do nitrogênio, as rizobactérias também auxiliam na síntese de hormônios, como a auxina, que potencializam os processos metabólicos das plantas, como a geração de

fotoassimilados, o estímulo à formação de raízes, maior tolerância a estresses e o incremento nas taxas de crescimento e desenvolvimento (Hungria, 2011), também se destaca quando associada a doses maiores de nitrogênio (Silva *et al.*, 2020).

Dada a crescente importância do *Azospirillum* nos últimos anos, produtos comerciais contendo cepas de *Azospirillum brasilense* foram disponibilizados no mercado, prontos para aplicação foliar, no tratamento de sementes e no sulco de plantio.

Alguns produtos disponíveis no mercado são o inoculante Azokop R com cepas Ab-V5 e Ab-V6 da empresa Koppert, tendo utilização para milho e cana-de-açúcar no tratamento de sementes ou via sulco de plantio (Koppert, 2024), inoculante Azototal R com cepas Ab-V5 e Ab-V6, fabricado pela empresa Total Bio, disponível para uso em milho, feijão, trigo, pastagens e soja no tratamento de semente ou via sulco de plantio (Total Bio, 2024) e Solunat L-Brasilense R produzido pela Bionat do grupo Essere Group, constituído de cepas Ab-V5 e Ab-V6 com utilização para milho via sulco de plantio (Essere Group, 2024).

O objetivo deste experimento foi analisar o desenvolvimento da cultura do milho inoculado sob diferentes produtos à base de *Azospirillum brasilense*.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Braganey – PR, apresentando as coordenadas geográficas de latitude 24°48'9.32"S e longitude 53° 7'15.94"O e altitude de 650m, nos meses de setembro de 2024 e fevereiro de 2025. O clima é do tipo subtropical mesotérmico super úmido, apresentando temperatura média anual de 20,7° C, precipitação anual média de 1738 mm e umidade relativa média anual do ar entre 75 a 81 % (Clima Tempo, 2024), implantado nos meses de setembro a outubro de 2024.

Solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, o qual caracteriza o solo da região (Embrapa, 2018). Nas últimas safras foi realizado o plantio direto sobre palhada de soja na safra de verão e seguido de trigo na safra de inverno. As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, determinado por amostras de solo coletadas na camada 0-20 cm antes da implantação do experimento. Braganey/PR, 2024.

Profundidade	PH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V%
De coleta	CaCl ₂	g/dm ³	Mg/dm ³			Cmol _c /dm ³			
0-20 cm	4,90	37,41	48,23	0,89	7,73	1,69	0,10	17	60,65

O delineamento foi em blocos casualizados com quatro tratamentos distribuídos na seguinte forma: Tratamento 1 - Testemunha; Tratamento 2 – Inoculante Azototal®; Tratamento

3 – Inoculante Azokop®; Tratamento 4 – Inoculante Solunat L- Brasileira®, com cinco repetições. As parcelas são de 2,25 x 4,0 metros totalizando 9 m², cada parcela constituída de cinco linhas com espaçamento de 45 cm entre as linhas, totalizando 20 parcelas, um total de 180 m². Para a dose de inoculante em sulco de plantio por parcela foi utilizada a recomendação do fabricante da seguinte forma: inoculante Azototal® 100 mL para 50 kg de semente de milho, inoculante Azokop® 300 mL por hectare e inoculante Solunat L- Brasileira® 100 mL por hectare, sendo todos compostos por estirpes Ab-V5 e Ab-V6 e concentração de 2×10^8 UFC/mL

O híbrido de milho utilizado nesse trabalho foi o SHS 7939 (Santa Helena R) considerado de ciclo superprecoce na região com média de 140 dias na segunda safra, apresenta porte médio e boa resistência a acamamento, tecnologia VT PRO 3R e tratamento Poncho.

O manejo pré-semeadura foi realizado de forma mecânica (enxada) dois dias antes da semeadura a fim de realizar o controle de plantas daninhas. A semeadura foi efetuada em setembro de 2024, com auxílio de um conjunto trator e semeadora para abertura de sulco e deposição do adubo formulado e de forma manual foi realizado a deposição das sementes no sulco, com uma profundidade de três centímetros e uma densidade de 3,2 plantas por metro linear, conforme a recomendação da empresa.

A inoculação foi realizada por meio da agitação de 100 g de semente com a dose recomendada de cada inoculante em saco plástico. A adubação de base utilizou a formulação concentrada 10 – 15 – 15 de NPK, na quantidade de 500 kg ha⁻¹, e a adubação de cobertura foi feita com um formulado concentrado contendo 45 % de nitrogênio, na dose de 111 kg ha⁻¹, seguindo as orientações da análise de solo e o manual de adubação e calagem do Paraná.

O manejo fitossanitário foi realizado da seguinte forma: Com bomba costal na emergência do milho, aplicado Bifentrina 100 EC Nortox® (bifentrina) na dose de 270 mL ha⁻¹, em V3, Nobilis Citrus® (óleo de laranja) a 103 mL ha⁻¹, Sonda HT® (terbutilazina) a 2,5 L ha⁻¹, Lannate R BR® (metomil) a 1,03 mL ha⁻¹, Preciso XK® (glifosato) a 2,06 L ha⁻¹ e Perito 970 SG® (acefato) a 1,03 kg ha⁻¹, em V8 utilizou-se Nobilis Citrus® (óleo de laranja) a 103 mL ha⁻¹ e Lannate R BR® (metomil) a 1,03 mL ha⁻¹ e em VT, aplicação via drone com Miravis Duo (difenoconazol e pidiflumetofem) a 750 mL ha⁻¹, Absoluto Fix® (clorotalonil) a 1,03 mL ha⁻¹ e Connect R® (imidacloprido e beta-ciflutrina) a 750 mL ha⁻¹.

Os parâmetros avaliados foram comprimento de espiga (cm), número de fileiras de grãos, peso de cem grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹).

Nas parcelas foram selecionadas todas as plantas dentro de um metro quadrado ao centro de cada parcela, medindo o comprimento de cada espiga com auxílio de uma fita métrica, contagem do número de fileiras das mesmas espigas. Para o peso de cem grãos, foi feita a

contagem de 100 grãos oito vezes e posteriormente pesadas em balança de precisão (AD2000 Marte) e para cálculo de produtividade, foi usado o peso médio de uma espiga sem o sabugo e realizado a multiplicação pela quantidade de plantas por hectare, quando essas apresentarem 27 % de umidade.

Após levantamento e coleta dos dados, os mesmos foram submetidos à estatística descritiva e teste de normalidade Shapiro-Wilk, análise de variância (ANOVA) e quando significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância, com auxílio do programa estatístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

Os resultados de comprimento das espigas, fileiras de grãos por espiga, peso de cem grãos e produtividade, obtidos no milho sob inoculantes distintos são apresentados na Tabela 2.

Constatou-se que houve uma diferença significativa entre as parcelas inoculadas com *Azospirillum brasilense* e as parcelas que não foram inoculadas. Para o comprimento de espigas os tratamentos T2 - Azototal[®], T3 - Azokop[®] e T4 - Solunat L Brasilense[®], diferindo estatisticamente do T1 – Testemunha sem inoculante. Resultados esses semelhantes aos apresentados por Debastiani (2016), onde concluiu que o uso do inoculante promoveu maiores valores em comparação ao não uso do inoculante. Contradizendo o trabalho de Figueroa (2018), que não resultou uma diferença significativa sobre o uso de inoculante.

Tabela 2 – Resultados do comprimento das espigas (cm), fileiras de grãos por espiga (nº), peso de cem grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) obtidos no milho sob inoculantes distintos. Braganey / PR, 2025.

Tratamentos	Comprimento das espigas (cm)	Fileiras de grãos (nº)	Peso de cem grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1 - Testemunha	17,8b	15,2	41,23b	15.038,55c
T2 - Azototal [®]	19,5a	15,5	48,05a	17.874,46b
T3 - Azokop [®]	19,5a	15,3	47,38a	20.423,08a
T4 - Solunat L Brasilense [®]	19,8a	15,4	47,03a	20.065,15a
DMS	0,93	0,90	1,10	1346,92
CV (%)	8,85	10,74	4,38	4,15

CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Sobre a variável número de fileiras de grãos por espiga, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Os resultados concordam com os de Müller (2012), quando utilizado *Azospirillum brasilense* no sulco de semeadura e no tratamento de sementes, no entanto, Carmo *et. al.* (2020), com experimento a campo com a variedade BG 7049 H, semeadura no mês de

fevereiro a julho, observaram um aumento no número de fileiras de grãos por espiga nos tratamentos com a presença do inoculante.

No peso de cem grãos foi possível constatar que houve diferença significativa dos tratamentos T2 - Azototal[®], T3 - Azokop[®] e T4 - Solunat L Brasileira[®] em relação a tratamento T1 – Testemunha sem inoculante. Resultados esses similares aos de Quadros *et al.* (2014), em teste feitos a campo, onde híbridos de milho da Pioneer P 32R48, Santa Helena SHS 5050 e Agroeste AS 1575, foram inoculados com *Azospirillum*, no município de Eldorado do Sul, mostraram influência positiva no aumento de peso de grãos e negativa quando não utilizado. Basi (2013), em teste com associação de milho com doses de nitrogênio, com dose de 100 mL por hectare, também constatou ganhos no peso de grãos de milho com a utilização de inoculante.

Já sobre a produtividade, os tratamentos com melhores resultados foram, T3 - Azokop[®] e T4 - Solunat L Brasileira[®], diferindo do T2 e de T1 com o menor resultado de 15.083,55 kg ha⁻¹. Campos *et al* (2000), em seu trabalho também concluíram que a produtividade de milho foi influenciada pela aplicação de um produto comercial a base de *Azospirillum*. Junior *et al.* (2020) e Basi (2013), não relatam aumento na produtividade com o uso da inoculação com *Azospirillum*, apenas com adubação nitrogenada.

Conclusão

De forma geral o uso de diferentes fontes de inoculante *Azospirillum brasilense* propicia rendimentos importantes na cultura de milho, onde os melhores resultados foram o T3 - Azokop[®] e T4 - Solunat L Brasileira[®].

Referências

- AGROADVANCE. **Produção de milho no Brasil: números, desafios, oportunidades e inovações**. Brasil, 2024, Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-producao-de-milho-no-brasil/>. Acesso em 06 nov 2024.
- BASHAN, Y.; BASHAN, L.E de. Plant growth-promoting. In: HILLEL, D. Encyclopedia of soil in the environment. **Oxford**, Elsevier, 2005. p. 103-115.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013 (contradizem os resultados de massa de mil grão e rendimento) 2013. 50p.
- CAMPOS, B.H.C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Avaliação do inoculante “graminante” na cultura de milho. **Ciência Rural**, v.3, n.4, p.713-715, 2000.

CARMO, K. B. BERBER G. C. M., BOURSCHEIDM. L. B, GARCIA M. N., SILVA A. F., FERREIRA, A. Desempenho agrônômico do milho safrinha em resposta a doses de nitrogênio combinadas com inoculante biológico em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 7, 2020.

CLIMA TEMPO, **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Braganey, PR**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/cidade/2812/braganey-pr>. Acesso em 10 set 2024.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Milho é um dos cereais mais nutritivos e versáteis do mundo**. 2024. Disponível em: <[https://www.cnabrazil.org.br/noticias/milho-e-um-dos-cereais-mais-nutritivos-e-versateis-do-mundo#:~:text=Brasília%20\(24%2F04%2F2023,ou%20no%20setor%20de%20biocombustível](https://www.cnabrazil.org.br/noticias/milho-e-um-dos-cereais-mais-nutritivos-e-versateis-do-mundo#:~:text=Brasília%20(24%2F04%2F2023,ou%20no%20setor%20de%20biocombustível)>. Acesso em 09 set. 2024.

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**. Safra 2023/24 n. 12 – Oitavo levantamento. Brasília, DF, maio, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5531-ajustes-na-area-de-milho-e-soja-resultam-em-uma-producao-de-295-45-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-2024>>. Acesso em 09 set. 2024.

DEBASTIANI, R. S. **Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* associado à adubação nitrogenada na cultura do milho**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, do Centro Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia. 22 p. 2016.

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

ESSERE GROUP. **Bionat soluções biológicas, inoculante**. Brasil, 2024. Disponível em: <https://essere.group/pt/produtos/solunat-l-brasilense/>. Acesso em 10 set 2024.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019

FIGUEROA, Luiz Vinicius. **Desempenho do milho cultivado sob sistema de plantio direto com adubação nitrogenada e uso de inoculante**. Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de Agronomia, do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia. 2018. 25p.

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

HUNGRIA, M; MATEUS, A, P; ANTONIO, M, N. **Bactérias promotoras de crescimento**. EMBRAPA, 2014.

JUNIOR, N. B.; ALVES, G. H. T.; BELLETTINI, S.; BELLETTINI, N. M. T. Parcelamento de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 11, p. 89544-89663, 2020.

KOPPERT. **Azokop** (*Azospirillum brasilense*). Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.koppert.com.br/azokop/>. Acesso em 04 out 2024.

MÜLLER, T. M.; BAZZANEZI, A. N.; VIDAL, V.; TUROK, J. D. N.; RODRIGUES, J. D.; SANDINI, I. E. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes e sulco de semeadura na cultura do milho**. In: 29 Congresso nacional de milho e sorgo. Campinas: Instituto Agrônomo/Associação Brasileira de Milho e Sorgo. p. 1665-1671. 2012.

QUADROS, P. D. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F. D.; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; CAMARGO, F. A. D. O. Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, v. 61, p. 209-218, 2014.

SILVA, A. A.; ANDRADE, E. L. G.; SILVA, T. R.; MELIDO, R. Produtividade de milho inoculado com *Azospirillum Brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Anais [...]** do 3º Simposio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsoma. 2020; 62-71. Disponível em: < <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202102031402523.pdf>. > Acesso em 09 set. 2024.

SILVA E. C. da; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A.; ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2004.

TOTAL BIO BIOSOLUTIONS FOR AGRICULTURE. **Azototal**, Brasil, 2024. Disponível em: <https://totalbio.com.br/produtos/azototal/>. Acesso em 10 set 2024.