

INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* ASSOCIADA A DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

FABIO OLIVIERI DE NOBILE¹, PAULA CRISTIANE MACHADO², CAIO MAIA DOS REIS SILVA³, ROGER SANTOS LIMA³, LUIZ FABIANO PALARETTI⁴

¹Dr. Prof., UNIFEB, Barretos-SP, fabio.nobile@unifeb.edu.br;

² Dr. Pesquisador, Bioagri, Barretos-SP, paulomegna@gmail.com;

³Graduando Agr., UNIFEB, Barretos-SP, caio.silva@sou.unifeb.edu.br;

⁴Dr. Prof. Titular, UNESP, Jaboticabal-SP; luiz.f.palaretti@unesp.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: A dependência de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho eleva custos de produção e impactos ambientais. A inoculação com bactérias promotoras de crescimento, como o *Azospirillum brasilense*, surge como alternativa sustentável por sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação com *A. brasilense* associada a diferentes doses de nitrogênio em cobertura sobre o desempenho agrônomo do milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação sob delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições. Avaliaram-se altura de planta, massa seca da parte aérea e radicular, comprimento radicular e teor de nitrogênio total na parte aérea, aos 65 dias após a emergência. O tratamento com inoculante + 90 kg ha⁻¹ de N (T3) apresentou os maiores valores de massa seca da parte aérea (22,49 g), altura de planta (199 cm) e acúmulo de N, superando inclusive o tratamento com 120 kg ha⁻¹ sem inoculação (T5). O comprimento radicular foi maximizado com inoculação + 120 kg ha⁻¹ (T2), atingindo 106,5 cm. A inoculação com *Azospirillum* mostrou-se eficiente mesmo sem adição de N (T4), embora com resultados inferiores aos tratamentos combinados. Conclui-se que o uso de *A. brasilense* associado à redução de 25% na dose de N é uma prática agronomicamente eficaz e ambientalmente sustentável para o cultivo do milho.

PALAVRAS-CHAVE: fixação biológica; nitrogênio; microrganismos; produtividade, *Zea mays*

INOCULATION WITH *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* ASSOCIATED WITH NITROGEN DOSES IN MAIZE

ABSTRACT: The dependence on nitrogen fertilizers in corn cultivation increases production costs and environmental impacts. Inoculation with plant growth-promoting bacteria such as *Azospirillum brasilense* emerges as a sustainable alternative due to its ability for biological nitrogen fixation (BNF). This study aimed to evaluate the effect of *A. brasilense* inoculation combined with different topdressing nitrogen rates on corn agronomic performance. The experiment was conducted in a greenhouse under a completely randomized design, with six treatments and five replicates. Plant height, shoot and root dry mass, root system length, and shoot total nitrogen content were evaluated at 65 days after emergence. The treatment combining inoculant + 90 kg ha⁻¹ of nitrogen (T3) showed the highest shoot dry mass (22.49 g), plant height (199 cm), and nitrogen accumulation, outperforming even the treatment with 120 kg ha⁻¹ without inoculation (T5). Root length was maximized in the inoculated treatment with 120 kg ha⁻¹ (T2), reaching 106.5 cm. Inoculation with *Azospirillum* proved effective even without nitrogen addition (T4), although with lower results than the combined treatments. It is concluded that the use of *A. brasilense* combined with a 25% reduction in nitrogen application is an agronomically effective and environmentally sustainable practice for corn cultivation.

KEYWORDS: biological fixation; nitrogen; microorganisms; yield, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) destaca-se como uma das principais culturas agrícolas do mundo, com ampla importância econômica, social e alimentar. No Brasil, figura entre os principais grãos produzidos, sendo responsável por significativa participação na matriz de alimentos e insumos agroindustriais. Para atingir elevados níveis de produtividade, o milho exige grandes quantidades de nitrogênio (N), nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento da planta. No entanto, o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados sintéticos, além de elevar os custos de produção, está associado a impactos ambientais relevantes, como a lixiviação de nitrato e a emissão de gases de efeito estufa.

Nesse contexto, alternativas sustentáveis para o fornecimento de N têm ganhado destaque, entre elas a fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por bactérias diazotróficas. Dentre essas, o *Azospirillum* brasileiro apresenta comprovada capacidade de associar-se a gramíneas, promovendo o crescimento vegetal por meio da síntese de fitormônios e pela contribuição na assimilação de N. Diversos estudos relatam benefícios agrônômicos decorrentes da inoculação com *Azospirillum*, como o aumento da massa seca, altura de planta, crescimento radicular e acúmulo de N na parte aérea, mesmo em condições de menor disponibilidade de fertilizantes.

A utilização de inoculantes biológicos representa, portanto, uma alternativa promissora para a racionalização do uso de adubos químicos, promovendo eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* associada a diferentes níveis de adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho, com ênfase no desempenho morfológico e nutricional da planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação), no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos – UNIFEB, localizado no município de Barretos, estado de São Paulo. As condições climáticas foram monitoradas durante o período experimental, mantendo-se temperatura média interna de 28 ± 3 °C e umidade relativa controlada. A luminosidade natural foi mantida durante todo o cultivo.

Utilizaram-se vasos plásticos com capacidade para 11 litros, preenchidos com 5 kg de solo classificado como Latossolo Vermelho, previamente coletado em área agrícola da própria instituição. O solo foi seco ao ar, peneirado (malha de 4 mm) e submetido à caracterização química conforme metodologia descrita por Raij et al. (2001). Antes do plantio, realizou-se calagem e correção da fertilidade conforme os resultados da análise.

A adubação de base foi realizada no momento da semeadura, utilizando 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples) e 50 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio), aplicados de forma manual e homogênea ao solo de cada vaso. O nitrogênio em base foi aplicado na dose de 30 kg ha^{-1} , utilizando ureia (45% de N), exceto para o tratamento controle (T1). A adubação de cobertura foi realizada entre os estádios V4 e V6 da cultura, de forma fracionada e em superfície, respeitando as doses definidas para cada tratamento (90 ou 120 kg ha^{-1} de N).

Foi utilizado inoculante comercial líquido à base de *Azospirillum brasilense*, contendo estirpes Abv5 e Abv6 na concentração mínima de $1,8 \times 10^8$ unidades formadoras de colônias (UFC) por mL. As sementes de milho foram umedecidas com água destilada e inoculadas na proporção de 2 mL de inoculante por kg de sementes, com mistura manual homogênea em ambiente protegido da luz solar. A semeadura foi realizada imediatamente após a inoculação, com duas sementes por vaso, posteriormente desbastadas para uma planta por vaso após emergência.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em combinações entre a presença ou ausência de inoculação com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de nitrogênio em cobertura, conforme detalhado a seguir:

T1 – Controle absoluto (sem N e sem inoculação)

T2 – Inoculação + 120 kg ha^{-1} de N em cobertura

- T3 – Inoculação + 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura
 T4 – Inoculação sem adição de N em cobertura
 T5 – 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, sem inoculação
 T6 – 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, sem inoculação

Aos 65 dias após a emergência (DAE), foram realizadas as seguintes avaliações: Altura da planta (cm): medida com trena, da base do solo até a folha bandeira; Massa seca da parte aérea (g): coletada após secagem em estufa a 65–70 °C até peso constante; Massa seca do sistema radicular (g): raízes lavadas, secas e pesadas em balança semi-analítica; Comprimento do sistema radicular (cm): aferido com régua após separação das raízes; Teor de nitrogênio total na parte aérea (mg N planta⁻¹): determinado por digestão ácido-sulfúrica e destilação em bloco de digestão, em laboratório certificado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® versão 5.6 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística demonstrou efeitos significativos ($p < 0,01$) dos tratamentos com inoculação e diferentes doses de nitrogênio sobre as variáveis morfológicas e nutricionais do milho. A Tabela 1 apresenta os resultados para peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco do sistema radicular (PSSR) aos 65 dias após a emergência (DAE).

Tabela 1. Peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco do sistema radicular (PSSR) em plantas de milho aos 65 DAE.

Tratamento	PSPA (g)	PSSR (g)
T1	5,04 ^a	7,00 ^c
T6	6,87 ^b	2,58 ^a
T2	13,17 ^c	9,08 ^d
T5	16,82 ^d	5,82 ^b
T4	21,83 ^e	9,77 ^e
T3	22,49 ^f	10,57 ^f
CV (%)	1,83	38,28

Letras iguais na coluna indicam ausência de diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

O tratamento T3 (inoculação + 90 kg ha⁻¹ de N) apresentou os maiores valores de PSPA (22,49 g), significativamente superior aos demais. O T4, com apenas inoculação e sem nitrogênio, também demonstrou alto desempenho (21,83 g), superior aos tratamentos com adubação nitrogenada sem inoculação (T5 e T6), evidenciando a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para o crescimento vegetal.

Para o PSSR, T3 também foi destaque (10,57 g), seguido por T4 e T2. O menor valor foi registrado no T6 (90 kg ha⁻¹ sem inoculação), com 2,58 g. Esse resultado confirma a importância do *Azospirillum* na promoção do crescimento radicular, possivelmente por meio da produção de fitormônios como auxinas, que estimulam a elongação e ramificação radicular (Hungria et al., 2010; Morais et al., 2016).

A Tabela 2 apresenta os resultados de altura da parte aérea (APA) e comprimento do sistema radicular (CSR), também com diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos.

Tabela 2. Altura da parte aérea (APA) e comprimento do sistema radicular (CSR) em milho aos 65 DAE.

Tratamento	APA (cm)	CSR (cm)
T4	143 ^a	56,16 ^a
T1	155 ^b	90,00 ^b
T5	176 ^c	91,33 ^c
T2	184 ^d	106,50 ^f
T6	182 ^e	94,00 ^d
T3	199 ^f	95,83 ^e
CV (%)	87,98	26,86

Os maiores valores de APA foram verificados nos tratamentos T3 (199 cm) e T2 (184 cm), ambos inoculados, superando os tratamentos com adubação mineral sem inoculação. O crescimento em altura reflete a maior eficiência fisiológica e nutricional proporcionada pela ação simbiótica do *Azospirillum*.

O CSR foi mais expressivo em T2 (106,5 cm), evidenciando que a combinação de inoculação com maior disponibilidade de N estimulou o desenvolvimento radicular. Apesar de T4 apresentar menor CSR (56,16 cm), seu desempenho geral foi satisfatório, considerando a ausência de N em cobertura.

Além dos dados morfológicos, a análise do teor de nitrogênio total na parte aérea (Figura 1) revelou o potencial da inoculação em incrementar a absorção de N. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram os maiores valores, superando inclusive T5, que recebeu 120 kg ha⁻¹ de N sem inoculação. Isso sugere que o *Azospirillum*, além de fixar N, pode melhorar a eficiência de absorção pelas raízes devido ao seu efeito promotor de crescimento.

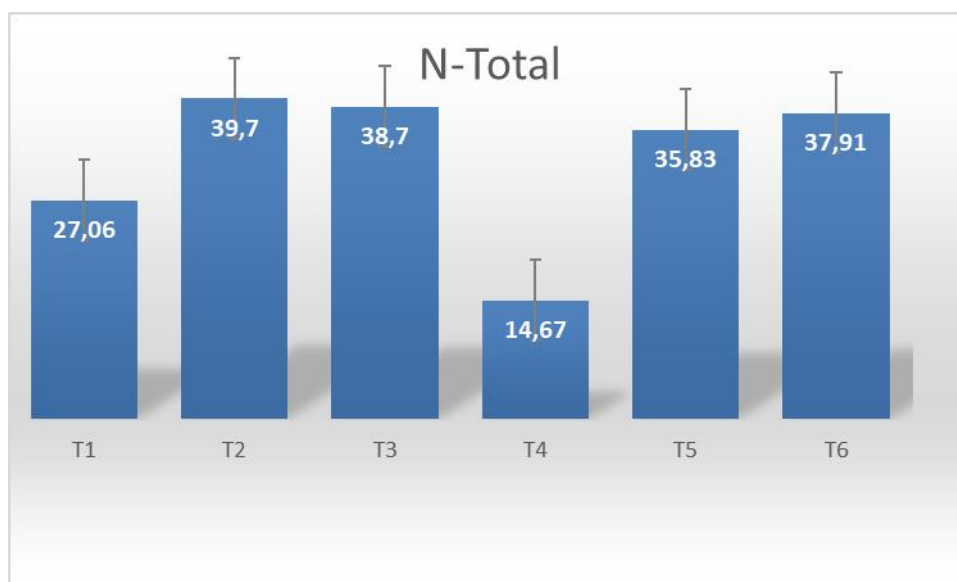


Figura 1. N-total da parte aérea realizada 65 dias após a emergência.

Portanto, os dados obtidos corroboram estudos anteriores (Cunha et al., 2014; Andrade et al., 2016) e reforçam a viabilidade do uso de *Azospirillum brasilense* como ferramenta biotecnológica

para redução parcial da adubação nitrogenada no milho, com ganhos produtivos e ambientais relevantes.

CONCLUSÃO

Recomenda-se a utilização da inoculação com *Azospirillum brasilense* em associação com a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura como a dose mais eficiente para o cultivo do milho. Essa estratégia permite reduzir em até 25% o uso de fertilizantes nitrogenados sem comprometer o desempenho agrônomo da cultura, promovendo economia de insumos e sustentabilidade ambiental na produção agrícola.

REFERÊNCIAS

- Andrade, A. T. et al. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 15, n. 2, p. 229–239, 2016.
- Cunha, F. N. et al. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 13, n. 3, p. 261–272, 2014.
- Ferreira, D. F. SISVAR: um sistema computacional de análise estatística. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- Hungria, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. Plant and Soil, v. 331, p. 413–425, 2010.
- Morais, T. P. et al. Yield of maize hybrids: Is there any association among nitrogen rate, *Azospirillum* inoculation and fungicide treatment? African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 14, p. 1150–1158, 2016.
- Raij, B. van et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.