



DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO MILHO SOB INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO

Kevison Oliveira Gomes¹, Dra. Valeska Marques Arruda², Dra. Ana Cássia Silva Possamai³, Me. Moisés Damasceno Souza⁴, Rivanildo Dallacort⁵, Fernanda Lourenço Dipple⁶.

¹ Acadêmico do Curso de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Nova Mutum, MT, Brasil.

^{2,3} Docentes do Curso de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Nova Mutum e Tangará da Serra, MT, Brasil.

⁵ Doutorando em Ciências Ambientais - UNEMAT

⁶ Docente do Curso de Agronomia, Nova Mutum e Doutoranda em Biotecnologia e Biodiversidade pela Universidade do Estado de Mato Grosso, MT, Brasil. Email de contato da correspondente: fernanda.dipple@unemat.com

Resumo: A utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal constitui uma alternativa sustentável para aumentar a eficiência do uso do nitrogênio na agricultura. Objetivou-se avaliar o desempenho agronômico da cultura do milho submetida à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio. O experimento foi conduzido em Nova Mutum-MT utilizando delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e seis repetições. Os resultados demonstraram incrementos no diâmetro de colmo, massa fresca da parte aérea e massa fresca radicular nos tratamentos inoculados, evidenciando o potencial desses microrganismos para promover o crescimento vegetal e contribuir para sistemas agrícolas mais sustentáveis.

Palavras-chave: *Zea mays*; *Azospirillum brasilense*; *Methylobacterium symbioticum*; fixação biológica de nitrogênio; inoculação

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se entre as principais culturas agrícolas do mundo, sendo amplamente utilizado na alimentação humana e animal. No Brasil, a cultura apresenta elevada importância econômica devido à sua participação direta nas cadeias produtivas do agronegócio. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o país figura entre os maiores produtores mundiais de milho, sendo a cultura considerada estratégica para o abastecimento interno e para as exportações do setor agrícola.

O elevado potencial produtivo do milho está diretamente relacionado à disponibilidade de nutrientes no solo, especialmente do nitrogênio, elemento requerido em grandes quantidades pelas plantas. Esse nutriente participa de processos fisiológicos essenciais, como síntese de proteínas, formação de aminoácidos, produção de clorofila,

fotossíntese e acúmulo de biomassa vegetal (MAGALHÃES; DURÃES; PAIVA, 1994).

Tradicionalmente, a demanda nutricional do milho é suprida por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais. Entretanto, além de representar uma das principais parcelas dos custos de produção, a utilização intensiva desses insumos está associada a impactos ambientais relevantes, como perdas por volatilização, lixiviação e emissão de gases de efeito estufa (PAIVA et al., 2012).

Nesse contexto, a utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal tem se consolidado como uma importante ferramenta para a agricultura sustentável. Esses organismos atuam por diferentes mecanismos, incluindo a fixação biológica de nitrogênio (FBN), a produção de fitormônios, a solubilização de nutrientes e o estímulo ao desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Bashan, Holguin e De-Bashan (2004), a FBN constitui um dos processos biológicos mais



importantes para a agricultura, permitindo a conversão do nitrogênio atmosférico em formas assimiláveis pelas plantas e reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos.

Além da fixação de nitrogênio, bactérias promotoras de crescimento vegetal podem atuar na produção de substâncias reguladoras do crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, promovendo alterações fisiológicas que favorecem o desenvolvimento vegetal (CASSÁN et al., 2020). Esses mecanismos contribuem para maior absorção de água e nutrientes, aumento da área foliar, incremento da atividade fotossintética e maior produção de biomassa.

Dentre os microrganismos utilizados na cultura do milho, *Azospirillum brasilense* destaca-se pela ampla utilização em programas de inoculação devido à sua capacidade de colonizar a rizosfera e estimular o crescimento do sistema radicular. Segundo Hungria (2011), essa bactéria promove aumento na emissão de raízes laterais e pelos radiculares, ampliando a capacidade de absorção de nutrientes e água pelas plantas.

Outra tecnologia biológica que vem ganhando destaque é a utilização de *Methylobacterium symbioticum*, bactéria recentemente introduzida no mercado agrícola brasileiro. Diferentemente de *A. brasilense*, sua atuação ocorre predominantemente na parte aérea da planta, onde coloniza tecidos foliares próximos aos estômatos e realiza a fixação biológica de nitrogênio diretamente nos tecidos vegetais (PASCUAL et al., 2020). Estudos conduzidos por Vera et al. (2024) demonstraram que a utilização dessa bactéria pode aumentar a atividade fotossintética, melhorar o estado nutricional das plantas e favorecer a produção de biomassa.

Além das bactérias diazotróficas, fungos do gênero *Trichoderma* também têm sido amplamente utilizados na agricultura devido à sua capacidade de promover crescimento vegetal e contribuir para o equilíbrio microbiológico do solo. Entretanto, ainda existem poucas informações sobre os efeitos da utilização conjunta desses microrganismos na cultura do milho, especialmente nas condições edafoclimáticas do Cerrado mato-grossense.

Diante da crescente demanda por tecnologias sustentáveis capazes de aumentar a eficiência produtiva e reduzir a dependência de fertilizantes minerais, torna-se fundamental ampliar o conhecimento sobre a utilização de inoculantes biológicos na cultura do milho. Dessa forma, objetivou-se avaliar o desempenho agrônomo da cultura do milho submetida à inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Methylobacterium symbioticum*, coinoculação entre ambas as bactérias e associação com *Trichoderma* spp., analisando seus

efeitos sobre características morfológicas e produção de biomassa vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Nova Mutum-MT, durante a safra 2024/2025.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, composto por cinco tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram em: T1 – *Azospirillum brasilense*; T2 – *Methylobacterium symbioticum*; T3 – coinoculação (*A. brasilense* + *M. symbioticum*); T4 – associação entre as bactérias e *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma asperellum*; e T5 – testemunha sem inoculação.

As avaliações foram realizadas aos 70 dias após a semeadura, sendo determinadas altura de plantas, diâmetro de colmo, comprimento radicular, massa fresca da parte aérea, massa fresca de raiz e massa seca da parte aérea. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que os tratamentos inoculados promoveram melhorias importantes no desenvolvimento vegetativo da cultura do milho. As características morfológicas avaliadas encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características morfológicas do milho sob diferentes inoculações.

Trat.	AP (m)	DC (cm)	CR (cm)
T1	1,65	1,21 a	21
T2	1,66	1,21 a	21
T3	1,70	1,05 b	22
T4	1,58	0,90 b	20
T5	1,66	1,06 b	23
CV (%)	8,31	18,60	15,26

AP: altura de planta; DC: diâmetro de colmo; CR: comprimento radicular.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas para altura de plantas (AP) e comprimento radicular (CR), indicando que os tratamentos não influenciaram significativamente essas variáveis nas condições experimentais avaliadas. Resultados semelhantes foram observados por Coelho et al. (2017), que não verificaram incrementos significativos na altura de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense*. Da

mesma forma, Vitorassi et al. (2022) relataram que a inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal não promoveu alterações expressivas na altura de plantas, sugerindo que essa variável apresenta forte influência genética e ambiental.

Para o diâmetro de colmo (DC), verificou-se diferença significativa entre os tratamentos. Os maiores valores foram observados nos tratamentos T1 (*Azospirillum brasilense*) e T2 (*Methylobacterium symbioticum*), ambos com média de 1,21 cm. O incremento do diâmetro de colmo é considerado uma característica agrônômica importante, pois está relacionado à maior resistência ao acamamento e à maior eficiência no transporte de água e nutrientes para os tecidos vegetais.

Segundo Hungria (2011), a inoculação com *A. brasilense* favorece o crescimento vegetal devido à produção de fitormônios e ao estímulo do sistema radicular. Cassán et al. (2020) destacam ainda que bactérias promotoras de crescimento vegetal podem aumentar a eficiência de absorção de nutrientes e favorecer o desenvolvimento vegetativo das culturas agrícolas.

O tratamento T4 apresentou os menores valores para DC, sugerindo que a associação entre bactérias diazotróficas e *Trichoderma spp.* não resultou em efeito sinérgico. Harman et al. (2004) relatam que determinadas associações microbianas podem ocasionar competição por nichos ecológicos e recursos disponíveis, reduzindo a eficiência de alguns microrganismos benéficos. As variáveis relacionadas à produção de biomassa encontram-se apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Biomassa do milho sob diferentes inoculações.

Trat.	MFA (g)	MFR (g)	MSA (g)
T1	92,62 a	14,49 b	34,94 a
T2	107,28 a	19,26 a	41,01 a
T3	102,09 a	19,60 a	42,04 a
T4	82,12 b	13,59 b	39,86 a
T5	65,10 b	12,22 b	32,82 b
CV (%)	24,13	37,78	17,83

MFA: massa fresca aérea; MFR: massa fresca radicular; MSA: massa seca aérea.

Legenda dos tratamentos: T1 = *Azospirillum brasilense*; T2 = *Methylobacterium symbioticum*; T3 = *A. brasilense* + *M. symbioticum*; T4 = *A. brasilense* + *M. symbioticum* + *Trichoderma spp.*; T5 = testemunha.

Para massa fresca da parte aérea (MFA), os tratamentos inoculados apresentaram desempenho

superior à testemunha. O maior valor foi observado em T2 (*Methylobacterium symbioticum*), com 107,28 g, seguido por T3 (102,09 g). Esses resultados indicam que a inoculação contribuiu para o acúmulo de biomassa vegetal, possivelmente em função do aumento da disponibilidade de nitrogênio e da produção de compostos promotores de crescimento.

Vera et al. (2024) observaram resultados semelhantes em experimentos com *Methylobacterium symbioticum*, relatando aumento da atividade fotossintética e maior acúmulo de biomassa em plantas inoculadas. Segundo os autores, a bactéria atua diretamente nos tecidos vegetais, favorecendo a assimilação de nitrogênio e a produção de matéria seca.

Para massa fresca radicular (MFR), os maiores valores foram observados nos tratamentos T2 e T3, com destaque para a coinoculação (19,60 g). Esse resultado sugere efeito complementar entre os microrganismos, uma vez que *A. brasilense* atua predominantemente na rizosfera estimulando o crescimento das raízes por meio da produção de auxinas, enquanto *M. symbioticum* contribui para o fornecimento de nitrogênio à planta (HUNGRIA, 2011; PASCUAL et al., 2020).

A massa seca aérea (MSA) apresentou comportamento semelhante ao observado para MFA. Os tratamentos inoculados apresentaram valores superiores à testemunha, destacando-se T3 (42,04 g) e T2 (41,01 g). O aumento da massa seca representa maior acúmulo de fotoassimilados e melhor desempenho fisiológico das plantas, sendo frequentemente utilizado como indicador da eficiência de tecnologias biológicas na agricultura.

De acordo com Bashan, Holguin e De-Bashan (2004), bactérias promotoras de crescimento vegetal podem melhorar a absorção de nutrientes, estimular o metabolismo vegetal e aumentar a produção de biomassa. Esses efeitos também foram descritos por Cassán et al. (2020), que ressaltam a importância desses microrganismos para sistemas agrícolas sustentáveis e de menor dependência de fertilizantes minerais.

De maneira geral, os resultados obtidos demonstram que a utilização de bactérias diazotróficas apresenta potencial para incrementar o crescimento vegetativo da cultura do milho. Os benefícios observados em diâmetro de colmo e produção de biomassa reforçam a importância dessas tecnologias para a agricultura moderna, especialmente em sistemas de produção que buscam maior eficiência no uso de nutrientes e sustentabilidade ambiental.

CONCLUSÃO

A inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Methylobacterium symbioticum* promoveu



incrementos no diâmetro de colmo e na massa fresca da parte aérea da cultura do milho. A coinoculação entre ambas as bactérias favoreceu o desenvolvimento radicular, evidenciando efeito positivo sobre o crescimento das plantas. A utilização de bactérias diazotróficas apresenta potencial para aumentar a eficiência do uso do nitrogênio e contribuir para sistemas agrícolas mais sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), ao Curso de Agronomia do Campus Universitário de Nova Mutum, aos orientadores e aos membros da banca examinadora pelo apoio científico e técnico durante a condução do estudo.

REFERÊNCIAS

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. Azospirillum-plant relations: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). *Canadian Journal of Microbiology*, v. 50, p. 521–577, 2004. DOI: 10.1139/W04-035.

CASSÁN, F. et al. Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*, v. 56, p. 461–479, 2020. DOI: 10.1007/s00374-020-01463-y.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014. DOI: 10.1590/S1413-70542014000200001.

HARMAN, G. E. et al. *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, n. 1, p. 43–56, 2004. DOI: 10.1038/nrmicro797.

HUNGRIA, M. *Inoculação com Azospirillum brasiliense: inovação em rendimento a baixo custo*. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. F. *Fisiologia da planta de milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1994.

PAIVA, M. R. F. C. et al. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na Chapada do Apodi-RN. *Revista Caatinga*, v. 25, n. 4, p. 1–10, 2012.

PASCUAL, J. A. et al. *Methylobacterium symbioticum* sp. nov., a new species isolated from spores of *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*. *Current Microbiology*, v. 77, p. 2031–2041, 2020. DOI: 10.1007/s00284-020-02101-4.

VERA, R. T. et al. Application and effectiveness of *Methylobacterium symbioticum* as a biological inoculant in maize and strawberry crops. *Folia Microbiologica*, v. 69, p. 121–131, 2024. DOI: 10.1007/s12223-023-01078-4.