

Desenvolvimento inicial de milho promovido por microrganismos

Initial development of corn promoted by microorganisms

GUSTAVO RODRIGUES PINHEIRO

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: gustavorpinheiro@unipam.edu.br

ANDRÉ SANTANA ANDRADE

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: andreandrade@unipam.edu.br

VICTOR GUSTAVO SOARES RIBEIRO

Professor co-orientador (UNIPAM)

Resumo: O milho é uma das culturas mais cultivadas no mundo, sendo de grande importância econômica. Entretanto, devido às mudanças climáticas, vem sofrendo com estresse hídrico, mesmo tendo seu metabolismo C4. Atualmente, têm-se utilizado bioinsumos para promover o crescimento e aumentar a produtividade das culturas. Entre o grupo dos agentes microbianos utilizados na agricultura, bactérias do gênero *Azospirillum* se destacam, além dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e os fungos do gênero *Trichoderma*. O objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de análise morfológica, a influência que microrganismos podem promover no desenvolvimento inicial da cultura do milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram utilizados 4 tratamentos com 6 repetições em DBC. Foram avaliados altura da planta, massa fresca e seca de parte aérea e da raiz, além do índice SPAD. Para a estatística, foi aplicado o teste de ANOVA, por meio do qual se percebeu que não houve significância entre os tratamentos. Em virtude dos resultados, são necessários novos estudos para validar a eficiência desses microrganismos na cultura do milho.

Palavra-chave: *Zea mays*; raiz; cultura; milho.

Abstract: Corn is one of the most widely cultivated crops in the world and holds significant economic importance. However, due to climate change, it is experiencing water stress despite its C4 metabolism. Currently, bioinputs are being used to promote growth and increase crop productivity. Among the group of microbial agents used in agriculture, bacteria of the genus *Azospirillum* stand out, as well as arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and fungi of the genus *Trichoderma*. The objective of this study was to evaluate, through morphological analysis, the influence that microorganisms can have on the initial development of corn. The experiment was conducted in a greenhouse at the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). Four treatments with six replications in a completely randomized design (CRD) were used. Plant height, fresh and dry mass of shoots and roots, and SPAD index were evaluated. For statistical analysis, ANOVA test was applied, revealing no significant differences between the treatments.

Due to the results, further studies are needed to validate the effectiveness of these microorganisms on corn crops.

Keywords: *Zea mays*; root; crop; corn.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.), pertencente à família Poaceae, é uma das culturas mais cultivadas em todo o mundo. Estimativas apontam para mais de 3.500 aplicações desse cereal. Além da relevância no aspecto de segurança alimentar, na alimentação humana e, principalmente, animal, é possível produzir com o milho uma infinidade de produtos, como combustíveis, bebidas, polímeros, etc. (Miranda, 2018).

O estresse hídrico é um problema em aproximadamente 45% das áreas agrícolas e é a maior restrição global à produtividade, tornando-se um grande problema (Madabula *et al.*, 2016). O milho, apesar de ser uma planta de metabolismo C4 e apresentar bastante eficiência na utilização da radiação solar e no uso da água, tem sua produtividade extremamente afetada pelo déficit hídrico. A resistência da planta ao déficit hídrico está diretamente ligada com o seu crescimento radicular, logo, quanto mais agressivo for o seu desenvolvimento, mais tolerância à seca a planta apresentará, o que consequentemente refletirá em maior produtividade e resistência a agentes patogênicos.

Atualmente, o uso de bioinsumos para promover o crescimento e aumentar a produtividade das culturas através de mecanismos como mineralização e disponibilidade de nutrientes, secreção de hormônios, produção de sideróforos e outros metabólitos secundários, formação de biofilme, sinalização celular e supressão de doenças, está bem estabelecido. Entretanto, é cada vez mais evidente que os efeitos podem ser mais abrangentes, uma vez que as pesquisas baseadas nas interações de microrganismos e plantas, nos níveis fisiológico, bioquímico e molecular, revelam que as associações influenciam amplamente as respostas das plantas aos estresses - temperatura, deficiência hídrica, inundação, salinidade e metais pesados (Lanna *et al.*, 2021).

Entre o grupo dos agentes microbianos utilizados na agricultura, bactérias gram-negativas do gênero *Azospirillum* se destacam, além dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e os fungos do gênero *Trichoderma*. Bactérias do gênero *Azospirillum* podem ser inoculadas em plantas de interesse agrônômico, estimulando seu crescimento por múltiplos mecanismos, incluindo síntese de fito-hormônio, melhoria da nutrição nitrogenada, mitigação de estresse e controle biológico da microbiota patogênica (Bashan; Bashan., 2010).

Segundo Muñoz-Garcia *et al.* (1991), a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasiliense* cepa UAP 77 provocou aumento na matéria seca de raízes, da ordem de 54 a 86%, e de 23 a 64% no peso seco da parte aérea. Apesar de haver muitos estudos com *A. brasiliense*, novos estudos são necessários por se tratar de um microrganismo que pode ser extremamente benéfico na produção agrícola.

Os efeitos benéficos da inoculação com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) sobre o crescimento e nutrição de plantas de interesse econômico são bastante acentuados e de grande interesse ecológico e comercial (Zambolim; Siqueira, 1985).

Os estudos mostraram que a presença de fungos micorrízicos no sistema radicular das plantas aumenta a absorção de nutrientes do solo, principalmente daqueles nutrientes imóveis e pouco móveis no solo, como o fósforo. Nas regiões tropicais, que tradicionalmente apresentam solos com níveis baixos de fósforo (P), as associações micorrízicas merecem mais atenção, considerando que, do ponto de vista econômico, podem minimizar os gastos com insumos, como fertilizantes minerais, irrigação e pesticidas (Sieverding, 1991).

De acordo com Oliveira *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2012), o fungo do gênero *Trichoderma* pode influenciar positivamente na germinação de sementes, no desenvolvimento e rendimento da cultura devido à produção de substâncias promotoras de crescimento e melhoria na nutrição das plantas, principalmente pela solubilização de fósforo. Quanto à produção hormonal de auxinas, particularmente o ácido indol-acético (AIA), promove o crescimento das raízes e a proliferação de pelos radiculares, o que pode melhorar a absorção de nutrientes e água do solo e, conseqüentemente, melhorar o crescimento da planta (Caballero-Mellado *et al.*, 2006).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de análise morfológica, a influência que microrganismos podem promover no desenvolvimento inicial da cultura do milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 INSTALAÇÃO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 18° 34' 46" sul, longitude 46° 31' 6" oeste e altitude de 842 m. O clima da região é tropical com estação seca no inverno e chuva no verão.

O solo foi coletado no campus experimental do UNIPAM, na profundidade de 0-20 cm, classificado como Latossolo Vermelho (Santos, 2018). Após a coleta, o solo foi seco em estufa com temperatura controlada a 64° C até que se atingisse a massa constante e depois passado em peneira de 2,0 mm (TFSA). Foram feitas as análises química e física do solo no UNIPAM (laboratório CeFert), além da análise de capacidade de campo (CC) pelo método da proveta (Teixeira *et al.*, 2017). O experimento foi implantado em vasos de polietileno pretos com capacidade de 8 dm³.

A variedade de milho utilizada foi o híbrido AG 7098 trecepta (Agrocere) sem tratamento. A semeadura foi feita de forma manual com quatro sementes por vaso, a 4 cm de profundidade. A adubação de plantio foi de acordo com a necessidade da cultura para produtividade de 8.000 kg.ha⁻¹ com base em Ribeiro, Guimarães e Alvarez, (1999). Os vasos foram irrigados a 60% da CC. Em estado fenológico V1 (primeira folha desenvolvida), foi realizado o desbaste das plântulas que apresentaram menor vigor, deixando apenas duas plântulas por vaso.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e seis repetições, sendo uma unidade experimental por vaso. O tratamento controle (T1) corresponde à testemunha sem inoculação, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 — Tratamentos do trabalho “Desenvolvimento inicial de milho promovido por microrganismos”, Patos de Minas, 2023.

Tratamento	I.A.	Dose p.c.
T1	-	-
T2	<i>Azospirillum brasilense</i>	100ml/ha-1
T3	<i>Rhizophagus intraradices</i>	120g/ha-1
T4	<i>Trichoderma harzianum</i>	39g/ha-1

As doses utilizadas dos inoculantes seguiram o recomendado pelo fabricante; foi feito o cálculo da quantidade de inoculante utilizado em função da área superficial do vaso. O tratamento das sementes (TS) consistiu na homogeneização do inoculante microbiano na superfície das sementes no interior de uma embalagem plástica durante dois minutos. Na sequência, as sementes inoculadas foram semeadas manualmente. Foi realizado o mesmo procedimento de TS para o tratamento testemunha, porém com água destilada.

2.2 AVALIAÇÕES

As avaliações foram realizadas aos 45 dias após a semeadura. Foram avaliados altura da planta, massa fresca e seca de parte aérea e da raiz, além do índice SPAD.

A avaliação da altura de planta foi realizada com o auxílio de uma régua milimetrada, medindo-se do colo da planta até a inserção da folha bandeira. Para a avaliação de massa fresca e seca da parte aérea, as plantas foram cortadas rente ao solo. Já para a avaliação de massa fresca e seca de raízes, todo o substrato foi peneirado e as raízes foram posteriormente lavadas em água corrente. As raízes e a parte aérea das plantas foram separadas em sacos de papel; em seguida, secas em estufa com circulação forçada de ar, regulada à temperatura de 64° C, até o material atingir peso constante.

O índice SPAD foi medido com auxílio de um aparelho portátil chamado Leaf Porometer (Decagon Pullman USA).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos ao Teste F da análise de variância (ANOVA), utilizando o software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, observa-se que não houve significância para as variáveis analisadas. Como hipóteses, a alta temperatura da casa de vegetação e o solo

pobre microbiologicamente não permitiram a sobrevivência das bactérias promotoras de crescimento.

Tabela 2 — Resultados estatísticos do trabalho “Desenvolvimento inicial de milho promovido por microrganismos”, Patos de Minas, 2023.

Tratamento	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)	SPAD
Controle	22,44a	20,97a	1,56a	1,22a	27,08a
<i>Azospirillum brasilense</i>	23,26a	23,08a	1,80a	1,47a	27,07a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	22,59a	20,89a	1,67a	1,06a	27,53a
<i>Trichoderma harzianum</i>	22,05a	20,57a	1,49a	0,90a	26,68a

*Letras iguais não se diferem estatisticamente. *Legenda: MFPA: massa fresca de parte aérea; MFR: massa fresca de raiz; MSPA: massa seca de parte aérea; MSR: massa seca de raiz.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Revolti (2014), estudando os efeitos das formas de inoculação com *A. brasilense* em diferentes híbridos, observou que a inoculação com a bactéria diazotrófica não influenciou o acúmulo de massa. Já para MFR, encontrou diferenças estatística entre os híbridos e a presença da inoculação; sem a inoculação, apresenta-se um melhor desempenho e, para a MFPA, ocorrem diferenças significativas entre os híbridos, sendo que as sementes tratadas apresentaram média semelhante às não tratadas. Em discordância, Costa et al. (2015) evidenciam que ocorre o acréscimo no acúmulo de massa com inoculação de sementes com *A. brasilense*.

Kumar et al. (2017), estudando a influência do *Trichoderma ssp* no crescimento do milho sob diferentes condições de salinidade, observaram um aumento da área foliar em mudas de milho comparadas com as de outros tratamentos. Esse aumento na área foliar contribui para aumento da matéria fresca de parte aérea e resulta em incremento de massa seca.

Campagnac et al. (2008), Zocco et al. (2008) e Calonne et al. (2011), usando vários fungicidas em diferentes concentrações em diferentes plantas olerícolas, relataram uma redução acentuada do ciclo de vida dos FMA (germinação de esporos, alongamento do tubo germinativo, porcentagem de colonização, crescimento de hifas extra-radulares e esporulação) de *Rhizophagus intraradices* e *Rhizophagus irregularis*, conforme as doses de agroquímicos eram acentuadas e expostas por mais tempo junto ao FMA.

Stoffel (2019) constatou, em seu trabalho, que o inoculante micorrízico comercial à base de *Rhizophagus intraradices* contribui para o crescimento do algodão, cana-de-açúcar, girassol e milho, além de proporcionar uma maior absorção de P nas culturas. O mesmo inoculante comercial também aumenta a produtividade e a biomassa vegetal do milho em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil (Stoffel et al., 2020).

4 CONCLUSÃO

São necessários novos estudos para validar a eficiência, no período inicial da cultura do milho nas mesmas condições de ambiente, dos microorganismos analisados.

REFERÊNCIAS

- BASHAN, Y; BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in agronomy**, [S. l.], v. 108, p. 77-136, 2010.
- CABALLERO-MELLADO, J. Microbiologia agrícola y interacciones microbianas con plantas. **Revista Latinoamericana de Microbiología**, México, v. 48, n. 2, p. 154-161, abr./jun. 2006.
- CALONNE, M. *et al.* Side effects of the sterol biosynthesis inhibitor fungicide, propiconazole, on a beneficial arbuscular mycorrhizal fungus. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, v. 76, n. 4, p. 891-902, 2011.
- CAMPAGNAC, E. *et al.* Differential effects of fenpropimorph and fenhexamid, two sterol biosynthesis inhibitor fungicides, on arbuscular mycorrhizal development and sterol metabolism in carrot roots. **Phytochemistry**, v. 69, n. 17, p. 2912-2919, 2008.
- COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Eficiência de inoculante com *Azospirillum brasilense* no crescimento e produtividade de milho de segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- KUMAR, K.; MANIGUNDAN, K.; AMARESAN, N. Influence of salt tolerant *Trichoderma* spp. on growth of maize (*Zea mays*) under different salinity conditions. **Journal of basic microbiology**, v. 57, n. 2, p. 141-150, 2017.
- LANNA, A. C. *et al.* **Mitigação dos estresses abióticos na agricultura mediada pela interação de microrganismos e plantas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021.
- MADABULA, F. P. *et al.* Rice genotypes for drought tolerance: morphological and transcriptional evaluation of auxin-related genes. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 428- 434, 2016.
- MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A granja**, [S. l.], v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MUÑOZ-GARCIA, A.; CABALLERO-MELLADO, J.; VALDÉS, M. Promoción del crecimiento del maíz por cepas productoras de siderófos de *Azospirillum* y *Pseudomonas fluorescentes*. In: CONGRESO NACIONAL DE LA FIJACION BIOLOGICA DEL NITROGENO Y I ENCUESTRO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION SOBRE FIJACION DE NITROGENO, 3., 1991. Cuernavaca. **Anais** [...]. Cuernavaca: [s. n.], 1991.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.

REVOLTI, L. T. M. **Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho**. 2014.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SIEVERDING, E. *et al.* **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: GTZ, 1991.

SILVA, J. C. *et al.* Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by *Trichoderma* isolates from the Amazon. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém-PA, v. 55, n. 4, p. 243-250, 2012.

STOFFEL, S. C. G. **Inoculante micorrízico à base de *Rhizophagus intraradices* no crescimento e nutrição de culturas de importância agrícola**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos e Vegetais), Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2019.

STOFFEL, S. C. G.; SOARES, C. R. F. S.; MEYER, É.; LOVATO, P. E.; GIACHINI, A. J. Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 7, 2020.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J. O. **Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. (Série Documentos, 26).

ZOCCO, D. *et al.* Effects of two sterol biosynthesis inhibitor fungicides (fenpropimorph and fenhexamid) on the development of an arbuscular mycorrhizal fungus. **Mycological Research**, v. 112, n. 5, p. 592–601, 2008.