
Efficacy of rhizobacteria in suppressing weed growth

Eficácia de rizobactérias na supressão do crescimento de plantas daninhas

Received: 21-07-2024 | Accepted: 25-08-2024 | Published: 31-08-2024

Letícia Alves da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0015-5574>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ituiutaba, Brasil

E-mail: leticia.alves2405@hotmail.com

Maria Júlia Medeiros Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2914-134X>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ituiutaba, Brasil

E-mail: majumguimaraes@gmail.com

Eleusa Maria Ferreira Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5413-7450>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ituiutaba, Brasil

E-mail: eleusa.rocha@uemg.br

Lucas Guilherme Hahn Kehl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4445-4090>

Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Brasil

E-mail: lucas.kehl@ufv.br

Maurício Dutra Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0828-4437>

Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Brasil

E-mail: mccosta@ufv.br

Christiano da Conceição de Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0385-8737>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ituiutaba, Brasil

E-mail: christiano.matos@uemg.br

ABSTRACT

The production of bioherbicides from isolates of deleterious rhizobacteria capable of suppressing plant growth is a sustainable method for weed management. The objective of this research was to evaluate whether rhizobacteria that potentially inhibit plant growth interfere with the growth of weeds. The experiment was carried out in a greenhouse in a completely randomized design with four replications. The treatments consisted of inoculating seeds of the weeds *Bidens pilosa* L., *Senna occidentalis* (L.) Link, and *Ipomoea nil* (L.) Roth with two distinct isolates of rhizobacteria (171 and 122), as well as cultivating these weeds without inoculation. At 50 days after sowing of the weeds, the height, stem diameter, shoot dry matter, and root dry matter were measured. Inoculation with isolates 171 and 122 did not influence the growth in height, diameter, shoot dry matter, or root dry matter of the weeds. It is concluded that rhizobacteria 171 and 122 do not have the potential to inhibit the growth of the weeds *B. pilosa*, *S. occidentalis*, and *I. nil*.

Keywords: Bioherbicide; Biocontrol; Deleterious rhizobacteria;

RESUMO

A produção de bioherbicidas a partir de isolados de rizobactérias deletérias capazes de suprimir o crescimento vegetal é uma das formas sustentáveis de realizar o manejo de plantas daninhas. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar se rizobactérias potencialmente inibidoras do crescimento vegetal interferem no crescimento de plantas daninhas. O experimento foi realizado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na inoculação de sementes das plantas daninhas picão-preto (*Bidens pilosa* L.), fedegoso [*Senna occidentalis* (L.) Link] e corda-de-viola [*Ipomoea nil* (L.) Roth], com dois isolados distintos de rizobactérias (171 e 122), além do cultivo dessas plantas sem inoculação. Aos 50 dias após a semeadura das plantas daninhas foram mensurados a altura, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz das plantas. A inoculação com os isolados 171 e 122 não influenciaram no crescimento em altura, diâmetro, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz das plantas daninhas. Conclui-se que as rizobactérias 171 e 122 não apresentam potencial de inibição do crescimento de picão-preto, fedegoso e corda-de-viola.

Palavras-chave: Bioherbicida; Biocontrole; Rizobactéria deletéria

INTRODUÇÃO

Aumentar a produtividade agrícola representa um grande desafio para os agricultores, que enfrentam diversos obstáculos, dentre eles a interferência de plantas daninhas. Estas plantas competem pelos recursos essenciais para o desenvolvimento das culturas, o que impacta diretamente o rendimento e a qualidade das colheitas (SAEED et al., 2021).

As plantas daninhas, se não manejadas, podem causar fortes perdas na produção agrícola, pois são hábeis na extração e utilização de recursos essenciais para o crescimento vegetal, a exemplo da luz, água, CO₂, espaço e nutrientes, competindo deste modo com as culturas. Diversas plantas frequentemente infestam as lavouras, sendo que algumas se destacam por persistirem nos ambientes agrícolas. O picão-preto (*Bidens pilosa* L.), por exemplo, é uma das plantas daninhas mais amplamente distribuídas pelo mundo e afeta culturas anuais e perenes devido à sua alta capacidade competitiva, acúmulo de nutrientes, alta produção de sementes e flexibilidade a mudanças edáficas e ambientais (SANTOS; CURY, 2011). Por sua vez, a corda-de-viola (*Ipomoea* spp) é considerada uma das plantas daninhas mais problemáticas em lavouras agrícolas no Brasil (CARNEIRO et al., 2020). Já a [*Senna occidentalis* (L.) Link], conhecida popularmente no Brasil como fedegoso, é amplamente distribuída em países tropicais e subtropicais e é comumente encontrada em pastagens, pomares e solos cultivados (CÂNDIDO et al., 2010).

Medidas de controle são adotadas para combater os efeitos prejudiciais das plantas daninhas, incluindo métodos culturais, manuais e mecânicos. No entanto, essas abordagens são frequentemente menos eficientes, mais caras e trabalhosas. Em contraste, o método químico, por meio da aplicação de herbicidas, é a forma de controle de plantas daninha mais utilizada, e normalmente, a mais barata e prática (CASIMERO et al., 2022; PHUKAN et al., 2021) Porém o uso inadequado de herbicidas pode gerar diversos problemas, como a contaminação do meio ambiente, a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes, resíduos no solo, além de oferecer risco à saúde humana (NATH et al., 2024).

É primordial buscar por práticas agrícolas sustentáveis para o manejo de plantas daninhas na agricultura, visando a redução do impacto ambiental e a garantia da segurança alimentar. Uma alternativa promissora é o uso de controle biológico, como o emprego de rizobactérias deletérias (RBD) capazes de suprimirem o crescimento dessas

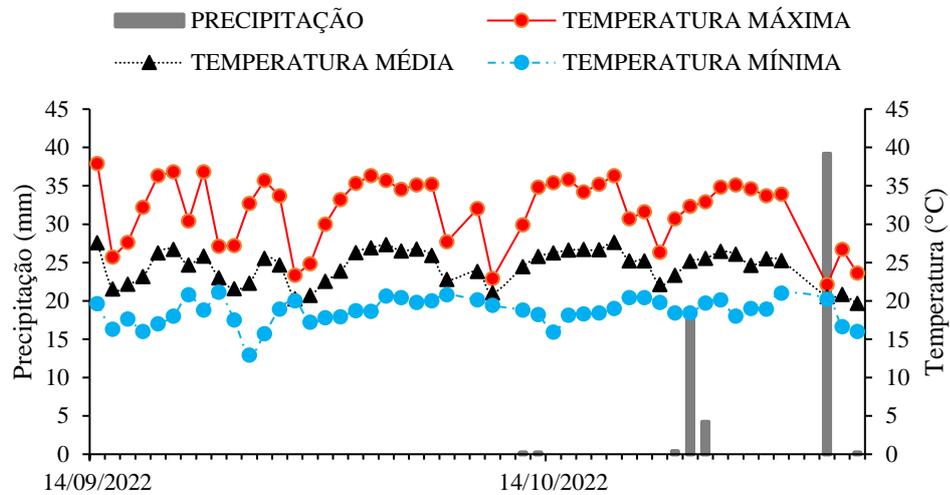
plantas (PHUKAN et al., 2021). As DRB utilizam diferentes mecanismos para exercer atividade bioherbicida, incluindo a produção de fitotoxinas, ácido indolacético (AIA), antibióticos, ácido delta-aminolevulínico (ALA) e ácido cianídrico (HCN) (DAHIYA; CHAHAR; SINDHU, 2019).

O uso de RBD no manejo integrado de plantas daninhas pode constituir tecnologia alternativa ao alto consumo de herbicidas na agricultura, trazendo benefícios econômicos e ambientais. Alguns isolados bacterianos provenientes da rizosfera de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) ao serem inoculados em sementes dessa planta daninhas reduziram em até 77 % a produção de matéria seca da mesma (KEHL, 2021). Esses resultados mostram o potencial de uso dessas rizobactérias no manejo de plantas daninhas. Assim, é importante conhecer se os isolados capazes de inibir o crescimento de picão-preto, também possuem tal efeito sobre outras espécies de plantas daninhas, uma vez que as infestações em áreas agrícolas, normalmente ocorrem por uma comunidade de plantas e não por um único indivíduo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar se rizobactérias inibidoras do crescimento de picão-preto também interferem no crescimento de outras plantas daninha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade do Estado de Minas Gerais, unidade de Ituiutaba, MG. As coordenadas geográficas da área são: 18°58'17.20"S de latitude e 49°26'51.28"W de longitude, com uma altitude de 573 metros. O período de realização do experimento foi de setembro a novembro de 2022. Segundo Köppen e Geiger o clima é classificado como Aw. As temperaturas médias variam de 18°C a 31°C ao longo do ano e a média anual de pluviosidade é de 1305 mm (INMET, 2022). As condições climáticas da região durante o período de realização do experimento foram apresentadas na (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação, temperatura máxima, mínima e média diária de Ituiutaba/MG durante o período de condução do experimento



Fonte: INMET (2022).

Amostra de solo de uma área agrícola cultivada frequentemente com milho/ soja, localizada na cidade de Cachoeira Dourada/MG, foi coletada da camada de 0–20 cm, seca ao ar e peneirada em malha de 4 mm de diâmetro. Vasos plásticos de 20,5 x 17,5 cm (diâmetro e altura) foram preenchidos com 5 kg desse solo, cujas características físicas e químicas estão descritas na Tabela 1. A adubação de pré-plantio foi realizada adicionando 400 mg dm⁻³ de P₂O₅ e 322 mg dm⁻³ de MgO ao solo.

Tabela 1 - Característica físicas e químicas do solo da camada de 0-20 cm de profundidade.

pH	P _{Mehlich 1}	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al	H+Al	MO	Areia	Silte	Argila
(H ₂ O)	---- mg dm ⁻³ ----	-----cmol _c dm ⁻³ -----	-----dag Kg ⁻¹ -----							
5,7	13,20	158	3,18	0,43	0,20	8,25	3,46	67,00	8,26	24,74

pH em água; P e K⁺ – Extrator Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ – Extrator: KCl – 1 mol L⁻¹; H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; MO – matéria orgânica

Fonte: Os autores (2023)

Os tratamentos foram compostos por três plantas daninhas, picão-preto (*Bidens pilosa* L.), fedegoso [*Senna occidentalis* (L.) Link] e corda-de-viola [*Ipomoea nil* (L.) Roth], cultivadas em três condições: sementes inoculadas com inóculo de rizobactéria 122, sementes inoculadas com inóculo de rizobactéria 171 e sementes sem inoculação. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

Da coleção de 191 isolados bacterianos provenientes da rizosfera de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) do Laboratório de Ecologia Microbiana da Universidade Federal de Viçosa (LEM/ UFV) foram selecionados dois isolados para a realização da presente pesquisa. Os isolados de rizobactéria nomeados como 122 e 171 foram selecionados devido a capacidade de reduzir a produção de matéria seca total de plantas de picão-preto, caracterizada em estudo de casa de vegetação (KEHL, 2021). Alíquotas de 1,7 mL das culturas bacterianas dos isolados 122 e 171 foram adicionadas em tubos Eppendorf de 2 mL, contendo 0,3 mL de glicerol para concentração final de 15 %. Os tubos foram agitados em vórtex, congelados em nitrogênio líquido e armazenados em Ultrafreezer a - 80 °C por 72 horas e, posteriormente, embalados em caixa térmica contendo gelo seco para transporte de Viçosa/MG até Ituiutaba/MG. Imediatamente após o deslocamento, os isolados foram mantidos em ultrafreezer (-80 °C) no Laboratório de Microbiologia da UEMG unidade de Ituiutaba.

Alíquotas dos isolados de rizobactérias 122 e 171 foram retirados das soluções mantidas em ultrafreezer e cultivadas em meio de cultura em placa de petri para obtenção de colônias puras isoladas, em temperatura ambiente (~30°C), pela técnica de semeadura por esgotamento (MADIGAN et al., 2016). As colônias isoladas foram caracterizadas morfológicamente para certificar que a rizobactéria cultivada era a cedida pelo LEM-UFV.

Confirmada a identidade do isolado puro o mesmo foi cultivado em 500 mL de caldo nutriente a temperatura ambiente (~30°C), por 72 h. Sementes de picão-preto, fedegoso e corda-de-viola foram inoculadas por imersão, por 60 min, em 4 mL de cada cultura bacteriana (isolado 122 e 171) crescida em caldo nutriente com densidade óptica (D.O.) ajustada para 0,6 a 560 nm. O tratamento controle, sem inoculação, consistiu da imersão das sementes das plantas daninhas em caldo nutriente sem cultivo de microrganismos por 60 min. Sementes de corda-de-viola e fedegoso foram previamente lixadas para quebra de dormência, antes de serem submetidas aos tratamentos de inoculação.

Imediatamente após a inoculação, as sementes das plantas daninhas foram colocadas para germinar em bandejas de isopor contendo substrato Tropstrato HT Hortaliças® (Vida Verde). Aos 16 dias após semeadura (DAS) as plântulas de picão-preto, fedegoso e corda-de-viola foram transplantadas para os vasos, mantendo-se três plantas, para cada uma das espécies, por recipiente. O solo foi mantido irrigado manualmente, diariamente, durante todo o experimento.

A adubação de cobertura foi realizada aos 13 dias após o transplante (DAT) das mudas, ou seja, 29 dias após inoculação, aplicando-se 10 mL vaso⁻¹ de soluções de nitrato de amônio e cloreto de potássio, para adicionar ao solo 50 mg dm⁻³ de N e K, respectivamente.

Aos 40 e 50 DAS mensurou-se o diâmetro do caule das plantas de picão-preto, fedegoso e corda-de-viola. Nessas mesmas ocasiões também foi avaliado a altura das plantas de picão-preto e fedegoso. O diâmetro do caule (mm) foi aferido com paquímetro digital a uma altura de 1 cm do solo. A altura das plantas foi determinada com o auxílio de uma trena, considerando na medição a distância da superfície do solo até a gema apical.

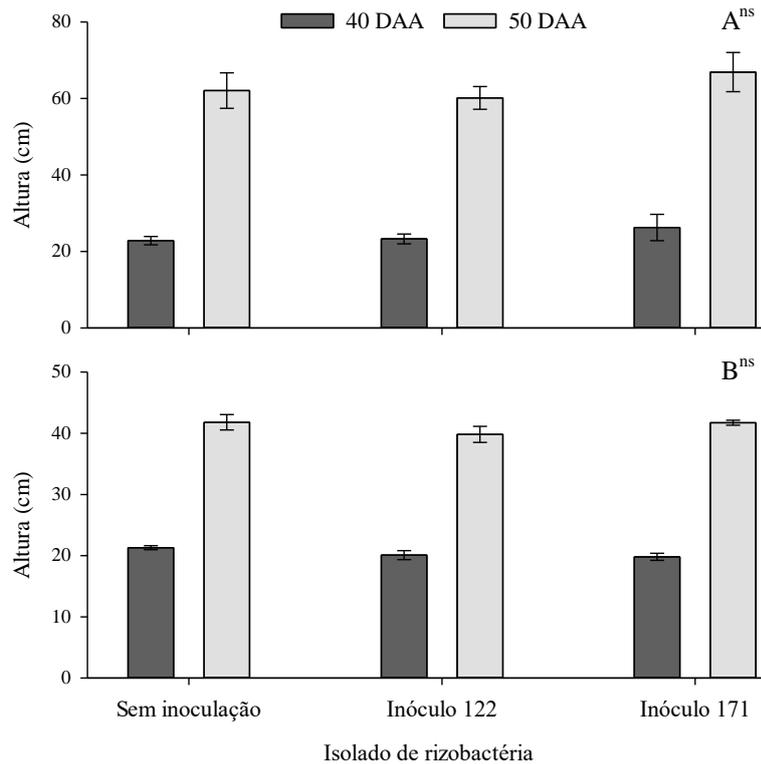
Aos 50 DAS as plantas foram retiradas dos vasos e separadas em raiz e parte aérea. Todo o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) para determinação da massa da matéria seca que foi expressa em g vaso⁻¹.

Os dados de diâmetro de caule, altura e massa da matéria seca da parte aérea, raiz e total foram analisados separadamente para cada uma das plantas daninhas, sendo os mesmos submetidos ao teste de Kruskal-Wallis (*One Way Analysis of Variance on Ranks test*) a 5% de probabilidade. Os valores das variáveis foram apresentados graficamente por meio da média ± erro padrão.

RESULTADOS

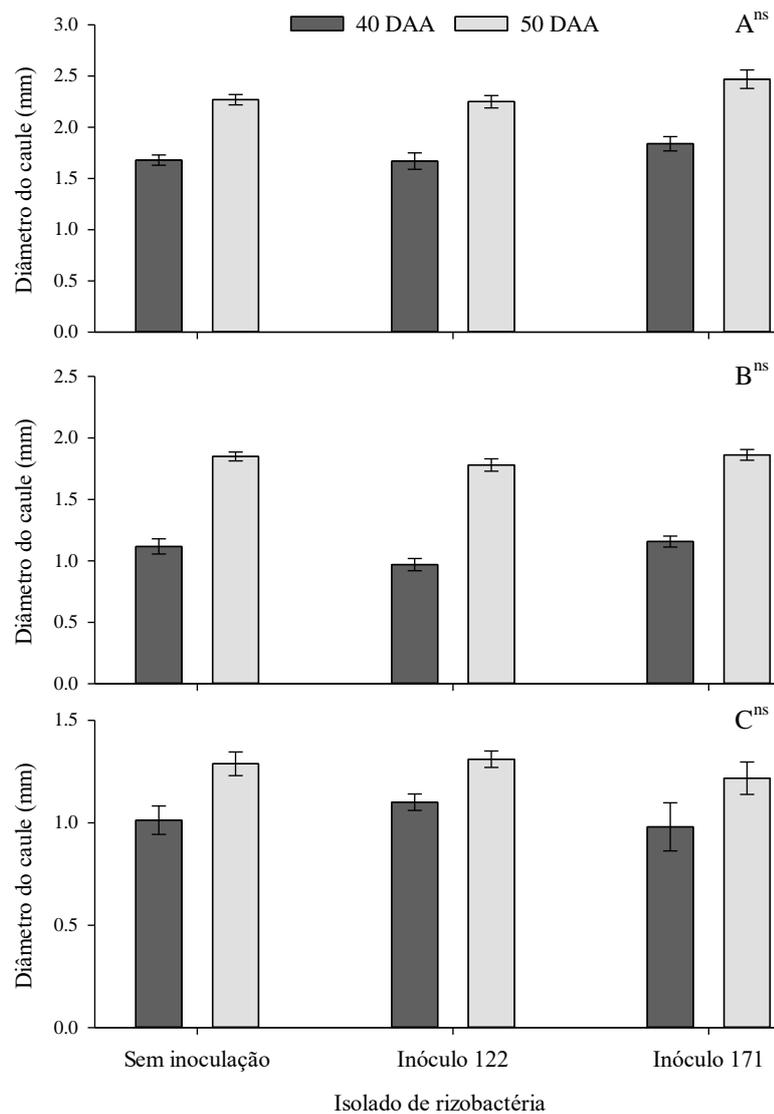
A inoculação das sementes de picão-preto e fedegoso com os isolados de rizobactérias 122 e 171 não influenciaram o crescimento em altura dessas plantas (Figura 2). Semelhantemente, o uso desses inóculos não afetou o diâmetro do caule de picão-preto, fedegoso e corda-de-viola, tanto aos 40 quanto aos 50 dias após inoculação das sementes dessas plantas daninhas (Figura 3).

Figura 2 - Altura de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) [A] e fedegoso (*Senna obtusifolia*) [B] aos 40 e 50 dias após aplicação (DAA) dos inóculos de rizobactérias 122 e 171 nas sementes dessas plantas daninhas. As barras representam o erro padrão da média (n = 4). ^{ns} não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).



Fonte: Os autores (2023)

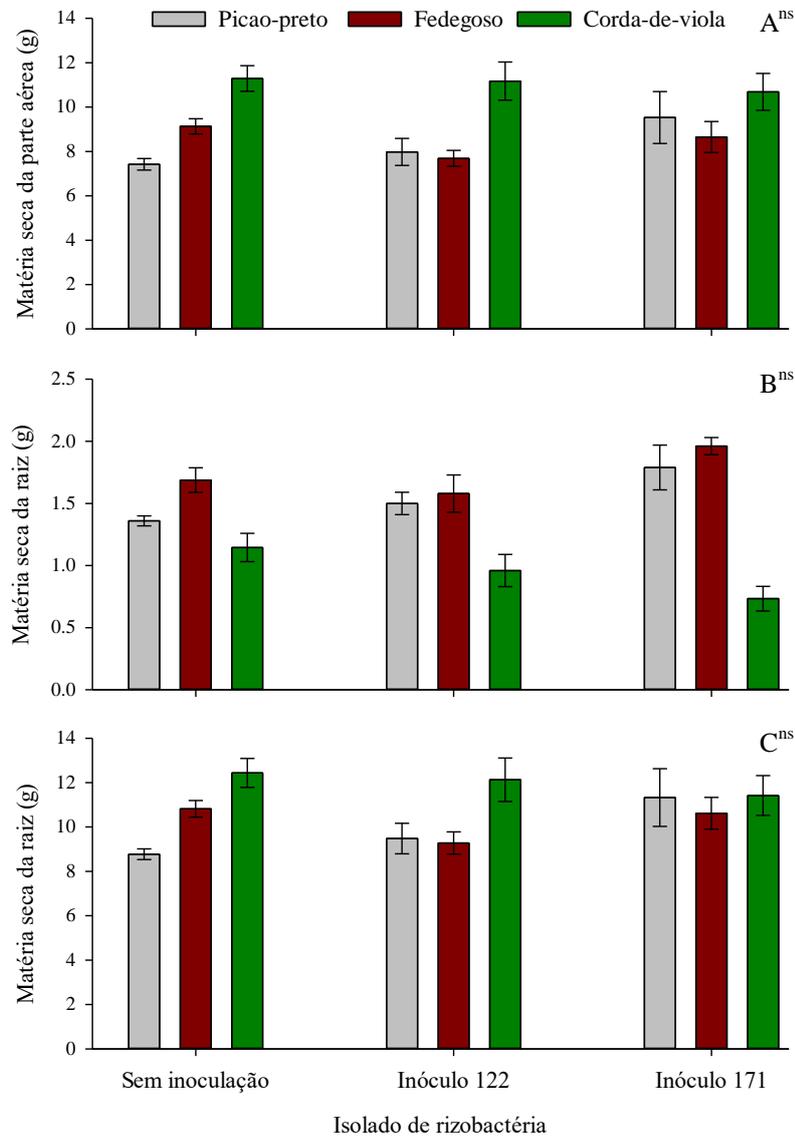
Figura 3 - Diâmetro do caule de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) [A], fedegoso (*Senna obtusifolia*) [B] e corda-de-viola (*Ipomoea nil*) [C] aos 40 e 50 dias após aplicação (DAA) dos inóculos de rizobactérias 122 e 171 nas sementes dessas plantas daninhas. As barras representam o erro padrão da média (n = 4). ^{ns} não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).



Fonte: Os autores (2023)

A aplicação dos isolados de rizobactérias 122 e 171 nas sementes de picão-preto, fedegoso e corda-de-viola não influenciou a produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total dessas plantas após 50 dias de cultivo (Figura 4).

Figura 4 - Massa da matéria seca da parte aérea (A), raiz (B) e total (C) de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*), fedegoso (*Senna obtusifolia*) e corda-de-viola (*Ipomoea nil*) aos 50 dias após aplicação (DAA) dos inóculos de rizobactérias 122 e 171 nas sementes dessas plantas daninhas. As barras representam o erro padrão da média (n = 4). ^{ns} não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).



Fonte: Os autores (2023)

DISCUSSÃO

Os isolados de rizobactéria 122 e 171 não influenciaram o crescimento das plantas daninhas picão-preto, fedegoso e corda-viola (Figura 2, 3 e 4). Esses resultados divergem dos encontrados por Kehl (2021), em que a inoculação dos isolados 122 e 171 em sementes de picão-preto reduziu em cerca de 17 e 28%, respectivamente o crescimento em altura dessa planta daninha. Adicionalmente, plantas de picão-preto inoculadas com

os isolados 122 e 171 apresentam produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total 50% menor que as não inoculadas (KEHL, 2021). Essa divergência entre os resultados das pesquisas, especialmente para as plantas de picão-preto, pode ser devido a diferenças nas condições de cultivo, uma vez que no estudo de Kehl (2021), as plantas de picão-preto foram cultivadas por 60 dias em substrato comercial Tropstrato HT, enquanto no presente trabalho o cultivo foi realizado em solo. Além disso, Kehl (2021) realizou uma aplicação de reforço dos inóculos 122 e 171 aos 12 dias após semeadura das plantas de picão-preto no substrato comercial.

A comunidade microbiana do solo é influenciada pelo tipo de solo, cultura, tratamentos culturais, etc (GUPTA et al., 2022; WANG et al., 2020). É provável que o desenvolvimento dos inóculos de rizobactérias 122 e 171 tenha sido mais limitado no solo, em comparação ao substrato Tropstrato HT, devido a competição com a microbiota existente no solo. Além disso, as condições químicas e físicas do solo podem não ter sido favoráveis para o crescimento das rizobactérias 122 e 171. A diversidade microbiana do solo é controlada pelo pH (WANG et al., 2020), condutividade elétrica (MONTEIRO et al., 2021), práticas agrônômicas e fatores ambientais em áreas agrícolas (BERTOLA; FERRARINI; VISIOLI, 2021). Esses fatores podem estar associados ao insucesso da aplicação das rizobactérias 122 e 171 em promover a inibição do crescimento de plantas de picão-preto cultivada em solo agrícola.

Os isolados de rizobactérias, provenientes da rizosfera de picão-preto, 122 e 171, não influenciaram o crescimento de outras plantas daninhas, como fedegoso e corda-de-viola (Figura 2, 3 e 4). Muitos agentes bióticos com ação bioherbicida interagem especificamente com uma determinada espécie vegetal. Esses microrganismos crescem dentro ou sobre a planta daninha alvo desenvolvendo a patogenicidade e conseqüentemente, suprimindo ou levando a planta hospedeira a morte (KREMER, 2019). Por exemplo, *Xanthomonas campestris* pv. *poae*, é uma bactéria patogênica recomendada especificamente para o controle de *Poa annua* (IMAIZUMI; HONDA; FUJIMORI, 1999), enquanto que *Pseudomonas fluorescens* BRG100 produz metabólitos secundários com atividade herbicida capaz de controlar *Setaria viridis* (CALDWELL et al., 2012). Dessa forma, além de uma provável restrição do crescimento das rizobactérias 122 e 171 nas condições de cultivo do presente estudo, a especificidade desses microrganismos a plantas de picão-preto não pode ser descartada. Isso justifica a ausência de influência da inoculação dos isolados 122 e 171 no crescimento de fedegoso e corda-de-viola.

A identificação de microrganismos com potencial para atuarem com bioherbicidas é desafiadora, pois muitas vezes a capacidade de inibição do crescimento de plantas daninhas constata em condições de laboratório e, ou casa de vegetação não se repete no campo. Isolados bacterianos selecionados como supressores de plantas daninhas em laboratório foram avaliados quanto à eficácia em condições de casa de vegetação. Alguns isolados de rizobactérias foram capazes de inibir, em até 75%, o crescimento de espécies de plantas daninhas, enquanto alguns isolados não expressaram qualquer efeito inibitórios em condições de casa de vegetação (LI; KREMER, 2006). Ainda, deve-se destacar que mesmo os potenciais agentes de controle biológico identificados em experimento em casa de vegetação encontrariam interações mais complexas com microrganismos nativos e fatores ambientais quando aplicados em campo (LI; KREMER, 2006). Nessa pesquisa, as rizobactérias 122 e 171, não confirmaram a capacidade de suprimir o crescimento de plantas daninhas em condições de cultivo em solo e em casa de vegetação. Todavia, deve-se destacar que mais estudos devem ser realizados para verificar se forma de aplicação e quantidade de microrganismos aplicados pode influenciar na resposta das rizobactérias.

CONCLUSÃO

A inoculação das sementes de plantas daninhas com os isolados de rizobactérias 171 e 122 não influencia no crescimento das plantas daninhas picão-preto, fedegoso e corda-de-viola.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsa de iniciação científica da primeira e da segunda autora. À Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) pela bolsa de produtividade em pesquisa (PQ/UEMG) do último autor e pelo fornecimento de apoio técnico, equipamentos e instalações para a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

BERTOLA, M.; FERRARINI, A.; VISIOLI, G. Improvement of Soil Microbial Diversity through Sustainable Agricultural Practices and Its Evaluation by -Omics Approaches: A Perspective for the Environment, Food Quality and Human Safety. **Microorganisms**, v. 9, n. 7, p. 1400, 28 Jun. 2021.

CALDWELL, C. J. et al. Colonization and bioherbicidal activity on green foxtail by *Pseudomonas fluorescens* BRG100 in a pest formulation. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 58, n. 1, p.

1–9, Jan. 2012.

CÂNDIDO, A. C. DA S. et al. Potencial alelopático da parte aérea de *Senna occidentalis* (L.) Link (Fabaceae, Caesalpinioideae): bioensaios em laboratório. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 235–242, Mar. 2010.

CARNEIRO, G. D. O. P. et al. EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE PÓS-EMERGÊNCIA DE CORDA-DE-VIOLA. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, p. 666, 6 Jun. 2020.

CASIMERO, M. et al. Herbicide use history and weed management in Southeast Asia. **Advances in Weed Science**, v. 40, n. spe1, 22 Dec. 2022.

DAHIYA, A.; CHAHAR, K.; SINDHU, S. S. The rhizosphere microbiome and biological control of weeds: A review. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 4, p. 1–13, 2019.

GUPTA, A. et al. Linking Soil Microbial Diversity to Modern Agriculture Practices: A Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 5, p. 3141, 7 Mar. 2022.

IMAIZUMI, S.; HONDA, M.; FUJIMORI, T. Effect of Temperature on the Control of Annual Bluegrass (*Poa annua* L.) with *Xanthomonas campestris* pv. *poae* (JT-P482). **Biological Control**, v. 16, n. 1, p. 13–17, Sep. 1999.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia** – Banco de dados meteorológicos, Ituiutaba – MG e Viçosa – MG. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 25 set. 2022.

KEHL, L. G. H. **Isolamento e caracterização de bactérias promotoras e inibidoras do crescimento vegetal da rizosfera de picão-preto**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2021.

KREMER, R. J. Bioherbicides and nanotechnology: Current status and future trends. In: **Nano-Biopesticides Today and Future Perspectives**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 353–366.

LI, J.; KREMER, R. J. Growth response of weed and crop seedlings to deleterious rhizobacteria. **Biological Control**, v. 39, n. 1, p. 58–65, Oct. 2006.

MADIGAN, M. T. et al. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MONTEIRO, L. C. P. et al. Changes in rhizosphere microbial diversity and composition due to NaCl addition to the soil modify the outcome of maize-weed interactions. **Applied Soil Ecology**, v. 159, p. 103818, Mar. 2021.

NATH, C. P. et al. Challenges and Alternatives of Herbicide-Based Weed Management. **Agronomy**, v. 14, n. 1, p. 126, 3 Jan. 2024.

PHUKAN, J. et al. Deleterious Rhizobacteria As A Potential Bioherbicide-A Review. **International Journal of Agriculture & Environmental Science**, v. 8, n. 2, p. 1–5, 25 Apr. 2021.

SAEED, Q. et al. Rhizosphere Bacteria in Plant Growth Promotion, Biocontrol, and Bioremediation of Contaminated Sites: A Comprehensive Review of Effects and Mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 19, p. 10529, 29 Sep. 2021.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta**

Daninha, v. 29, n. spe, p. 1159–1172, 2011.

WANG, X. et al. Soil properties and agricultural practices shape microbial communities in flooded and rainfed croplands. **Applied Soil Ecology**, v. 147, p. 103449, Mar. 2020.