

ASSOCIAÇÃO ENTRE *Bacillus* spp. E *Paenibacillus polymyxa* PARA O CONTROLE DE *Fusarium verticillioides* E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM MILHO*

Gisele de Fátima Dias Diniz⁽¹⁾, Talles Henrique Pereira Alves⁽²⁾, Victor Alef Rodrigues⁽²⁾, Luciano Viana Cota⁽³⁾, Ivanildo Evódio Marriel⁽⁴⁾, Vera Lúcia dos Santos⁽⁵⁾ e Christiane Abreu de Oliveira Paiva⁽⁶⁾

Palavras-chave: *Zea mays*, coinoculação, agentes de biocontrole, bactérias antagonistas.

Dentre os fungos que atacam o milho, *Fusarium verticillioides* é a espécie mais encontrada associada a doenças como a podridão do colmo e de espigas, além de produzir fumonisinas, que representam riscos para a saúde humana e animal. Para reduzir os efeitos negativos do uso de defensivos químicos, técnicas alternativas como o controle biológico têm sido estudadas. Uma vantagem da técnica de biocontrole é a possibilidade de uso de mistura de microrganismos com diferentes mecanismos de ação, o que pode prevenir ou, pelo menos, reduzir significativamente o surgimento de populações dos patógenos resistentes aos fungicidas (VOS et al., 2015 - <https://doi.org/10.1111/mpp.12189>). Além disso, a mistura de diferentes agentes biológicos compatíveis pode resultar em melhor colonização do substrato, maior supressão da doença por diferentes mecanismos de controle, proteção contra um maior número de patógenos, além de uma maior eficiência sobre diferentes condições ambientais (OGAZ et al., 2015 - The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs, p. 305-309).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a combinação de bactérias antagonistas compatíveis para o controle de *F. verticillioides* e promoção de crescimento de plantas de milho.

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Foram utilizados vasos de 20 kg preenchidos com solo do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico e sementes de milho Caimbé reconhecidamente susceptível a *F. verticillioides*. Foram utilizadas cepas de *Bacillus velezensis* (IM14 e CT02), *Bacillus subtilis* (LIS05) e *Paenibacillus polymyxa* (LIS04). Para este experimento foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com treze tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram da inoculação das sementes com as cepas individuais e *F. verticillioides* (T11, T12, T13 e T14); combinações de todos as bactérias compatíveis e *F. verticillioides* (T23, T24, T25, T26, T27 e T28). Como controles foi utilizado solução salina 0,8% NaCl (w/w) com adição e sem adição de *F. verticillioides* (T1 e T9) respectivamente. Além de um controle adicional contendo o fungicida Maxim XL e *F. verticillioides* (T36).

A capacidade dos isolados de prevenir a podridão de sementes e mortalidade de plântulas jovens foi avaliada 20 dias após o plantio, de acordo com a fórmula: TG (%): $(NGG / NGP) \times 100\%$, sendo NGG: o número de grãos germinados e NGP: o número total de grãos plantados por vaso. Após 30 dias também foi medida a matéria seca total (MST), que corresponde a soma da matéria seca da parte aérea e das raízes, que foram secas em estufa a 60 °C até peso constante. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011 - <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>). A comparação das médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Scott Knott a 5% de significância ($p < 0,05$).

* Fonte financiadora: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Milho e Sorgo

⁽¹⁾ Engenheira Agrônoma, doutoranda UFMG/CNPQ, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Avenida Pres. Antônio Carlos, 6627 CEP 31270-901, Belo Horizonte - MG. giselediniz@gmail.com

⁽²⁾ Discentes da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas - MG. tallesh205@hotmail.com; vtoraldef13@gmail.com

⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG. luciano.cota@embrapa.br

⁽⁴⁾ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG. ivanildo.marriel@embrapa.br

⁽⁵⁾ Engenheira Agrônoma, Dra., Professora da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte - MG. verabio@gmail.com

⁽⁶⁾ Engenheira Agrônoma, Dra., Pesquisadora na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG. christiane.paiva@embrapa.br

As sementes infestadas com *F. verticillioides* e sem nenhum tratamento (CFv) apresentaram redução de 13% na taxa de germinação (TG) quando comparadas com o controle não inoculado (C) ou comparadas com as sementes infestadas com *F. verticillioides* e tratadas com fungicida Maxim XL (MFv) que apresentaram germinação de 100% (Tabela 1).

Sementes infestadas com *F. verticillioides* e tratadas com os isolados de *P. polymyxa* (LIS04) e *B. velezensis* (CT02) de forma individual ou com a combinação das duas cepas de *B. velezensis* (CT02 + IM14) apresentaram taxa de germinação (TG) de 100% igual as sementes infestadas tratadas com o fungicida Maxim XI (MFv) e ao controle sem *F. verticillioides* (C).

Taxa de germinação de 93% foi obtida utilizando o isolado *B. subtilis* (LIS05) individualmente ou combinado com *B. velezensis* (CT02 ou IM14), mostrando efeito protetor nas sementes quando comparado ao efeito negativo do patógeno sobre a TG, que apresentou média de 86,7%.

Tabela 1 - Parâmetros de crescimento de plantas de milho após 30 dias de tratamento das sementes com os isolados individuais e em combinação

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO	Taxa de germinação TG (%)	Matéria seca total MST (g)
T1	Controle (C)	100,0	5,91 b*
T9	<i>F. verticillioides</i> (CFv)	86,7	4,86 b
T36	Maxim XL + <i>F. verticillioides</i> (MFv)	100,0	6,03 b
T11	LIS04 + <i>F. verticillioides</i>	100,0	6,18 b
T12	LIS05 + <i>F. verticillioides</i>	93,3	6,26 b
T13	CT02 + <i>F. verticillioides</i>	100,0	7,12 b
T14	IM14 + <i>F. verticillioides</i>	86,7	6,01 b
T23	LIS04 + LIS05 + <i>F. verticillioides</i>	86,7	6,53 b
T24	LIS04 + CT02 + <i>F. verticillioides</i>	86,7	9,26 a
T25	LIS04 + IM14 + <i>F. verticillioides</i>	93,3	8,95 a
T26	LIS05 + CT02 + <i>F. verticillioides</i>	93,3	7,86 a
T27	LIS05 + IM14 + <i>F. verticillioides</i>	93,3	7,27 b
T28	CT02 + IM14 + <i>F. verticillioides</i>	100,0	8,48 a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A infestação das sementes com *F. verticillioides* (CFv) não gerou diferenças significativas na matéria seca total (MST) em relação ao controle sem inoculação (C). Porém, quando as sementes foram inoculadas com o fitopatógeno e tratadas com as combinações das cepas *P. polymyxa* + *B. velezensis* (LIS04 + CT02 e LIS04 + IM14), *B. subtilis* + *B. velezensis* (LIS05 + CT02) e a combinação de duas cepas de *B. velezensis* (CT02 + IM14) houve um aumento significativo da matéria seca total em relação aos tratamentos que não foram inoculados com nenhum isolado bacteriano (C, CFv e MFv) revelando a capacidade de promoção de crescimento vegetal desses isolados. OS tratamentos de sementes com os isolados foram eficazes em minimizar os danos causados pela penetração de *F. verticillioides* nas sementes e raízes das mudas, melhorando a taxa de germinação das sementes e os parâmetros de crescimento das plantas. A mistura de isolados antagonistas compatíveis pode aumentar a capacidade de controle dos fitopatógenos e melhoria da produtividade de plantas, o que ocorreria pela combinação de microrganismos com diferentes capacidades benéficas, como solubilização de fósforo, produção de fitormônios e produção de diferentes metabólitos antifúngicos solúveis e volatéis, que podem agir sinergicamente (KALANTARI et al., 2018 - <https://doi.org/10.1007/s40858-018-0252-y>).

No geral, as combinações de *P. polymyxa* + *B. velezensis* (LIS04 + IM14), *B. subtilis* + *B. velezensis* (LIS05 + CT02) e a combinação das duas cepas de *B. velezensis* (CT02 + IM14) apresentaram resultados mais favoráveis na TG das sementes e na MST quando comparado ao das sementes inoculadas somente com *F. verticillioides* (CFv). A aplicação dessas bactérias de forma combinada é uma abordagem promissora em um programa de manejo integrado para o biocontrole de *F. verticillioides* e para a melhoria da produtividade do milho.