

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA SOJA SOB APLICAÇÃO DO FUNGO *METARHIZIUM ANISOPLIAE*

DIEGO ROBERTO LIMA DOS ANJOS¹; EDMAR EURICO DA SILVA¹; SUSI MEIRE MAXIMINO LEITE²; ALEXANDRE DE MOURA GUIMARÃES²;

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompéia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP.

² Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompéia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP.

RESUMO

A soja, um importante produto agrícola, está presente no mercado nacional e mundial, sendo o Brasil o maior produtor mundial. O objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de *Metarhizium Anisopliae* no desenvolvimento da soja. O experimento foi conduzido na casa de vegetação da FATEC Shunji Nishimura, localizada em Pompéia-SP. Foram testadas 5 diferentes concentrações de esporos secos do fungo *Metarhizium Anisopliae*, sendo as concentrações aplicadas: 0 conídios/L (testemunha); 10^5 de conídios/L; 10^{10} de conídios/L; 10^{15} de conídios/L e 10^{20} de conídios/L, com 9 repetições. Os tratamentos foram aplicados às plantas aos 25 dias após plantio na forma de suspensão de esporos, aplicando-se 20 mL em cada vaso, no colo das plantas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC). O experimento foi conduzido por 130 dias e quinzenalmente mediu-se a altura total das plantas e diâmetro de caule. Após 130 dias o experimento foi encerrado, determinando-se altura total de plantas, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e massa dos grãos. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos na curva de crescimento das plantas, nem para altura, diâmetro de colo. Concluiu-se que mesmo as maiores doses de esporos secos aplicadas não demonstraram alterações significativas no crescimento da soja. Isso pode ter ocorrido por diversos motivos e interações, que não foram possíveis de serem investigados no presente trabalho. Há necessidade de mais estudos que explorem outros possíveis benefícios da associação de agentes biológicos com desenvolvimentos em culturas de significativa importância econômica.

Palavras-chave: Soja. fungo *Metarhizium anisopliae*. Agente Biológico.

INTRODUÇÃO

No cenário nacional e mundial a soja está presente economicamente como um dos principais produtos agrícolas a serem comercializados (EMBRAPA, 2014). Cultura com constante crescimento de demanda local e mundial, que atualmente é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu em área plantada nos últimos anos tendo cerca de 43,4 milhões de hectares de área cultivada (CONAB, 2022).

De acordo com a estimativa apontada pela Companhia Nacional de Abastecimento (2023) a safra de grãos de 2022/2023 prevê um volume de produção de 313 milhões de toneladas, ou seja, isso reflete em um aumento de 15,5% se comparado com o ciclo anterior.

Esse aumento expressivo na produção de grãos foi impulsionado pela produção de soja, levando o agronegócio brasileiro a uma posição de destaque, onde na atualidade o Brasil é o maior produtor mundial de soja (UNITED STATES, 2023).

Diante desse cenário, o imenso desafio dos produtores é aumentar a produtividade, juntamente com a implementação tecnológica associada com a viabilidade econômica e aplicabilidade comercial. Uma das mudanças proporcionadas recentemente é o crescente emprego do controle biológico no controle principalmente de pragas, se tornando uma importante alternativa para o manejo fitossanitário. No Brasil, o controle biológico não é recente, tendo iniciado com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* e com o vírus *Baculovirus*, sendo estes bastante utilizados no controle das cigarrinhas da cana e das pastagens e no controle da *Anticarsia gemmatilis* na soja (BIZI, 2014). Atualmente, a maior parte dos produtos biológicos são formulados à base de microrganismos como agentes de controle biológico, estando entre os mais frequentes o *Metarhizium spp* (CROPLIFE, 2023).

Trabalhos recentes têm mostrado a possível multifuncionalidade do *Metarhizium anisopliae*, apresentando efeito sobre o crescimento em tomateiro, abrindo a possibilidade de ação bioestimulante sobre as plantas (EMBRAPA, 2021; AMANDIO, 2022). Nesta linha de pesquisa, e considerando a importância da cultura da soja o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de *Metarhizium anisopliae* sobre o desenvolvimento de plantas de soja cultivadas sob casa de vegetação, em vaso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa da casa de vegetação da FATEC Shunji Nishimura, localizada na Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia no município de Pompéia-SP, na latitude 22° 6'42.10"S e longitude 50°11'48.66"O, a uma altitude de 609 metros, onde o clima é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Köppen (SMA ABC, 2023).

A unidade amostral foi constituída por vaso de polietileno de 5 litros de capacidade. O substrato utilizado no experimento constituiu de 1/3 de solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico coletado da camada arável misturado à 1/3 de areia grossa e 1/3 de areia fina. Esta mistura foi bem homogeneizada e este substrato foi submetido a um expurgo de possíveis pragas e patógenos através de um tratamento térmico, utilizando-se chapa aquecida e geração de vapor. Após este preparo, 3 amostras foram destinadas à análise química, sendo as principais características químicas do substrato apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado no experimento.

Nº da Amostra	pH		g/	mg/	mmolc/dm3						
Interessado	CaCl ₂	H ₂ O	dm3	dm3	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T
01	6,3	6,9	18	318	17,2	114	30	0	14	161	175
02	7,0	7,5	18	276	16,8	103	26	0	11	146	157
03	6,8	7,3	19	366	17,1	104	24	0	11	145	156

Nº da Amostra	mg/		mg/dm3					Relações		
Interessado	V%	dm3	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
01	92	62	35	33,6	10,4	1,4	1,16	3,8	6,6	1,7
02	93	61	36	37,2	7,6	1,6	1,32	4,0	6,1	1,5
03	93	63	38	35,4	7,8	1,7	1,38	4,3	6,1	1,4

Fonte: Laboratório de Análise Solos e Tecidos Vegetais da Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia, 2022

De acordo com os resultados da análise química do substrato, não houve necessidade de correção do substrato utilizado, nem em fertilidade nem em pH, segundo o Boletim 100 (1997). Optou-se por não realizar a inoculação com *Bradyrhizobium* para evitar possíveis interações entre o inoculante e o *Metarhizium anisopliae*.

A semeadura foi realizada no dia 25 de novembro de 2022 utilizando-se três sementes por vaso da cultivar 64I61RSF IPRO, colocadas à 5 cm de profundidade. Sete dias após a emergência (DAE) realizou-se o desbaste, deixando apenas uma plântula por vaso. As sementes foram tratadas pela empresa produtora das sementes com os produtos Cruiser 350 FS (Tiametoxam 35%) 200 mL, Maxim Advanced (Metalaxil 2%, Tiabendazol 15% e Fludioxonil 2,5%) 100 mL, Avicta 500 FS (Abamectina 50%) 100 mL, Biocroma Vermelho (Polímero) 200 mL, Sprintalga (Molibdênio 1,8%) 70 mL, Speedylux (Molibdênio 17% e Cobalto 1,7%) 55 mL para cada 100 kg de sementes.

Foram testadas 5 diferentes concentrações de esporos secos do fungo *Metarhizium anisopliae*, sendo as concentrações aplicadas: 0 conídios/L (testemunha); 10⁵ de conídios/L; 10¹⁰ de conídios/L; 10¹⁵ de conídios/L e 10²⁰ de conídios/L, com 9 repetições. Os tratamentos foram aplicados às plantas aos 25 dias após a semeadura (DAS) na forma de suspensão de esporos, aplicando-se via drench, 200 mL em cada vaso, no colo das plantas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC). Decorrido o período de 10 dias após a aplicação do fungo *Metarhizium anisopliae* todos os 45 vasos foram aleatorizados e colocados em local definitivo em casa de vegetação.

O experimento foi conduzido por 130 dias e quinzenalmente mediu-se a altura total das plantas e diâmetro de caule. Aos 130 DAS o experimento foi encerrado, determinando-se

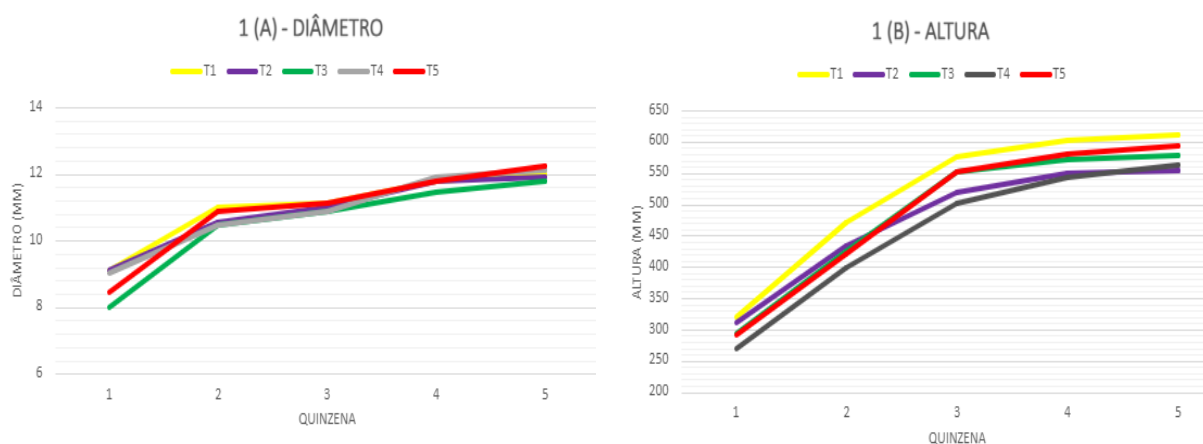
altura total de plantas, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e massa dos grãos.

Para obtenção da massa seca de parte aérea e raízes, as partes das plantas foram embaladas separadamente em sacos de papel identificados e colocadas na estufa de circulação forçada à 60° C até peso constante. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância à 5% de significância e as variáveis quantitativas foram ajustadas por análise de Regressão realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.8 (FERREIRA, 2018). Os dados de MSPA e massa de grãos foram transformados aplicando-se a equação $\sqrt{x + 0,5}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos na curva de crescimento das plantas, nem para altura de planta nem para diâmetro de colo (Figuras 1-A e 1-B).

Figura 1. Curva de crescimento do diâmetro do caule (A) e altura total de plantas (B) de soja submetidas à inoculação.



Fonte: Autores, 2023.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos e testemunhas, apesar do baixo valor de Coeficiente de Variação obtido, o que dá indícios de boa condução dos tratamentos.

Tabela 2. Médias das variáveis analisadas em plantas de soja submetidas à diferentes doses de *Metarhizium anisopliae*.

Tratamento	Dose (conídios/L)	DIAM (mm)	ALT (mm)	MSPA (g)	MSRAIZ (g)	PSEMENTE (g)
T1	0	11,0	515,7	19,2	18,6	14,6
T2	10 ⁵	10,9	473,1	16,8	20,2	13,6
T3	10 ¹⁰	10,5	483,9	20,2	15,4	14,6
T4	10 ¹⁵	10,9	454,5	16,3	16,7	14,9
T5	10 ²⁰	10,9	487,2	19,1	18,1	15,7
	CV%	8,64	12,47	8.95	30.61	15.05

Legenda: DIAM: diâmetro; ALT: altura; MSPA: massa seca da parte aérea; PSEMENTE: peso das sementes

Fonte: Autores, 2023

Além disso, estudos mostraram mortalidade significativa de duas importantes espécies de insetos pragas em crucíferas que foram alimentados por folhas de couve previamente tratadas por destruxinas provenientes de *Metarhizium anisopliae* (AMIRI; IBRAHIM; BUTT, 1999).

O fungo quando endofítico coloniza internamente os tecidos vegetais de plantas sem causar danos aparentes a essas plantas (CARROLL, 1986). A possibilidade de colonização pelo fungo *Metarhizium* parece estar mais relacionado com a condição da rizosfera das plantas (VEGA, 2018).

A literatura menciona a ação endofítica do fungo *Metarhizium*, sendo relatado em diversos trabalhos como: na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) (MANTZOUKAS; CHONDROGIANNIS; GRAMMATIKOPOULOS, 2015); também é possível verificar a ação endofítica na cultura do feijão (JABER; ENKERLI, 2016).

De acordo com García et al., (2011), encontraram em seu trabalho a ação do fungo *Metarhizium anisopliae*, e correlação na promoção de crescimento das plantas de tomateiros.

Embora exista vasta literatura relatando os possíveis benefícios da associação do *M. anisopliae* às plantas, o presente trabalho não conseguiu demonstrar os mesmos efeitos, nem mesmo com as maiores doses de esporos secos aplicadas. Isto pode ter ocorrido devido a associação ineficiente do fungo com as raízes das plantas, que pode ocorrer por diversas razões (VEGA, 2018), fato não investigado neste trabalho. Uma das possíveis interferências na associação endofítica com as raízes das plantas pode ter se dado inclusive pelo tratamento prévio das sementes com os diversos produtos anteriormente relacionados. Outra opção seria ainda uma subdosagem utilizada para plantas de soja, embora esta tenha se baseado em artigos anteriormente citados.

Outros trabalhos, com diferentes objetivos, também não encontraram efeito significativo da inoculação de *M. anisopliae*, como é o caso de Kabaluk e Ericsson (2007), que

relataram em seu experimento não ter sido observado aumento da taxa de germinação em sementes de milho que sofreram tratamento com o fungo *Metarhizium anisopliae*.

De acordo com García et al (2011), os autores relatam três tipos de isolados *M. anisopliae* e dependendo de cada tipo de isolados demonstram resultados distintos no que tange ao crescimento de plantas e nem todos os tipos vão resultar em crescimento significativo de parte aérea.

Contudo vale a pena mencionar que, por se tratar de agente biológico, este apresenta grande sensibilidade as condições ambientais, mesmo se tratando de uma estufa de campo de vegetação.

Conforme salienta a literatura, temperaturas elevadas, radiação ultravioleta e baixa umidade relativa influenciam negativamente a ação de agentes biológicos (LIRA et al., 2020).

De qualquer maneira, os presentes autores concordam com a necessidade de maiores estudos que explorem outros possíveis benefícios da associação de agentes de controle biológico de pragas e doenças com culturas de relevada importância econômica, como a soja.

CONCLUSÃO

Dentro das condições de condução e análise deste experimento, não foi possível verificar uma associação benéfica entre o fungo *Metarhizium anisopliae* e as plantas de soja, independente das doses de esporos utilizadas.

REFERÊNCIAS

- BIZI, R.M. Microorganismos endofíticos. 2014. Disponível em: http://www.floresta.ufpr.br/alias/lpf/public_html/contbio02.html. Acesso em: 04 abr. 2023.
- CARROLL, G. C. The biology of endophytism in plants with particular reference to woody perennials. In: Fokkema N. J., Van den Heuvel J. (Eds.) Microbiology of the phyllosphere. Cambridge, UK: Cambridge University Press. p. 205-222, 1986.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 7 sétimo levantamento, abril 2023.
- CROPLIFE BRASIL (CLB). Produtos biológicos registrados. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/publicacoes/produtos-biologicos-registrados/>. Acesso em: 01 mar. 2023.
- EMBRAPA. Pesquisadores identificam fungos que estimulam o crescimento de tomate. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/noticia/59649663/pesquisadores-identificam-fungos-que-estimulam-o-crescimento-de-tomate>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR versão 5.8. 2018. Departamento de Estatística da Universidade Federal de Lavras. Suporte econômico CNPq.
- GARCÍA, J. E. et al. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. *Advance in Biological Research*, v. 5, n. 1, p. 22-27, 2011.
- HIRAKURI, Marcelo Hiroshi O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro [recurso eletrônico]: / Marcelo Hiroshi Hirakuri, Joelsio José Lazzarotto – Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70p.: il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 349).
- JABER, L. R.; ENKERLI, J. Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? *Biocontrol Science and Technology*, v.27, n1, p. 28-41, 2016.
- KABALUK, J.T. and J.D. ERICSSON, 2007. *Metarhizium anisopliae* seed treatment increases yield of field corn when applied for wireworm control. *Agron. J.*, 99: 1377-1381.
- LABORATÓRIO DE ANÁLISE AGRONÔMICAS DA FUNDAÇÃO SHUNJI NISHIMURA DE TECNOLOGIA. Análise química do substrato utilizado no experimento. 2022.
- LIRA, A. C.; MASCARIN, G. M.; DELALIBERA Jr.; Í. Microsclerotia production of *Metarhizium* spp. for dual role as plant biostimulant and control of *Spodoptera frugiperda* through corn seed coating. *Fungal Biology*, v. 124, n. 8, p. 689-699, 2020.
- MANTZOUKAS, S.; CHONDROGIANNIS, C.; GRAMMATIKOPOULOS, G. Effects of three endophytic entomopathogens on sweet sorghum and on the larvae of the stalk borer *Sesamia nonagrioides*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 154, n. 1, p. 78-87, 2015.

SMA ABC. Classificação climática de Koeppen no Estado de São Paulo. Disponível em: https://sma.fundacaoabc.org/climatologia/classificacao_climatica/sao_paulo. Acesso em: 5 de mar. 2023.

UNITED STATES. United States Department of Agriculture. Oilseeds: world markets and trade. Washington, DC: USDA, 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

VEGA, F. E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in control: w. Mycologia, v. 110, n. 1, p. 4-30, 2018.

WEATHERS PARK. Condições meteorológicas em novembro de 2022 em Pompéia. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/m/29835/11/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pomp%C3%A9ia-Brasil-em-novembro>. Acesso em: 1 de mar. 2023.