

EFEITO DA MATÉRIA ORGÂNICA E APLICAÇÃO DE *Beauveria bassiana* E *Metarhizium anisopliae* NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO PARA SILAGEM

RAFAEL ISAO MORITA SHIGEKAWA¹

THOMAS YUITI YANO¹

VINICIUS MARTINELLI FAGIONATO¹

SUSI MEIRE MAXIMINO LEITE²

ALEXANDRE DE MOURA GUIMARÃES²

RESUMO

No cenário nacional e mundial, o milho de silagem se destaca como uma das principais fontes de alimentação para o gado, sendo essencial para a produção de leite e carne. O objetivo foi avaliar o desenvolvimento do milho a partir da aplicação dos agentes biológicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. O experimento foi conduzido na casa de vegetação da FATEC Shunji Nishimura, localizada em Pompéia – SP, em esquema fatorial 4 x 2 (4 tratamentos com relação aos fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* e 2 tratamentos quanto ao tipo de solo utilizado como substrato), com 8 repetições cada. Os tratamentos com os fungos consistiram em: 1- ausência total de fungos; 2- aplicação de *B. bassiana* na dose equivalente a $2,6 \times 10^9$ UFCs/ha; 3- Aplicação de *M. Anisopliae* na dose equivalente a $1,3 \times 10^9$ UFCs/ha; 4- Aplicação da mistura dos dois fungos nas doses já citadas. Os tipos de solo diferiram principalmente quanto ao teor de matéria orgânica e fertilidade. A aplicação foi realizada quando as plantas atingiram o estágio fenológico de desenvolvimento V1, sendo aplicada a solução de 5 ml por vaso, sendo simulada a aplicação de 150 L/ha de calda em jato sólido, próximo ao caule das plantas. O experimento foi conduzido durante 95 dias sendo realizada quinzenalmente a coleta dos dados de altura total e diâmetro das plantas. Após esse período foi realizada a retirada das plantas dos vasos e a pesagem da massa de matéria fresca da parte aérea, e depois foi realizada a secagem em estufa para se obter a massa seca da parte aérea. Não foram encontradas variações estatisticamente significativas com o uso dos agentes biológicos para as variáveis biométricas avaliadas, sendo as diferenças obtidas relacionadas apenas à diferenças dos tipos de solo utilizados.

Palavras-chave: Fungos, endófitos, Agentes biológicos.

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

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

1 INTRODUÇÃO

No cenário nacional e mundial, o milho de silagem se destaca como uma das principais fontes de alimentação para o gado, sendo essencial para a produção de leite e carne. A silagem de milho é valorizada por sua alta qualidade nutricional e capacidade de fornecer energia aos animais durante todo o ano, especialmente em períodos de escassez de pastagens (EMBRAPA, 2021).

No Brasil, estima-se que entre 18% e 22% da área plantada de milho seja destinada à produção de silagem, o que representa 4,5 milhões de hectares (Agro Bayer, 2023). A silagem de milho é composta por toda a planta, incluindo folhas, colmo, sabugo e grãos, o que garante um alto valor energético e nutricional. A escolha da cultivar, o manejo adequado e as condições climáticas são fatores determinantes para a qualidade da silagem produzida (GIRALDELI, 2023).

Dessa forma, sob uma perspectiva alternativa, o controle biológico tem se destacado nas pesquisas agrícolas, apresentando um crescimento significativo nos últimos anos devido à sua eficácia e ao bom custo-benefício. Os fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, representam uma inovação biotecnológica no controle de pragas, oferecendo uma alternativa sustentável e eficaz aos pesticidas químicos tradicionais (SCHAEFFER, DIONELLO, 2023). Além disso, os agentes de controle biológico, *B. bassiana* e *M. anisopliae* têm mostrado potencial para estabelecer relações mutualísticas com algumas famílias de plantas, atuando como fungos endofíticos. Essas interações promovem melhorias na absorção de nutrientes e resistência a condições de déficit hídrico. Ademais, tanto *M. anisopliae* quanto *B. bassiana* apresentam melhor desenvolvimento em solos arenosos ou franco-arenosos com pH entre 5,5 e 7,0, boa umidade e temperatura amena (20°C a 30°C). Sendo essencial considerar o tipo de solo com a drenagem e a aeração, uma vez que essas condições são cruciais para o crescimento dos fungos e sua eficiência (Tecnal, 2024).

Devido a relevância do assunto, o presente artigo teve como objetivo avaliar a eficiência dos agentes de controle *B. bassiana* e *M. anisopliae* no desenvolvimento biométrico da planta de milho para silagem em dois tipos de solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação da Fazenda Experimental da 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).

O delineamento experimental foi o Fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de substrato e 4 níveis quanto a adição dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, totalizando 8 tratamentos, com 8 repetições cada. A parcela experimental foi constituída de vasos de polietileno com capacidade para 5 litros, sendo os tipos de substratos testados, o solo puro, chamado de solo virgem, e a mistura deste solo com substrato orgânico na proporção de 1:1, realizada em betoneira. A análise dos dois tipos de substratos utilizados foi realizada pelo Laboratório de Análise de Solos da Fundação Shunji Nishimura de Pompeia, utilizando a metodologia do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), e pode ser observada na Figura 1

Figura 1 Resultado da Análise Química do solo utilizado no experimento.

Nº da Amostra	pH		g/	mg/	mmolc/dm3							mg/	mg/dm3					Relações		
	CaCl ₂	H ₂ O			K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T		Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
01 VIRGEM	4,2	5,0	19	49	3,3	25	10	18	47	38	85	45	331	22,6	6,4	2,3	0,12	2,5	7,6	3,0
02 MISTURA	5,3	6,0	65	143	8,0	104	48	0	47	160	207	77	198	18,0	4,4	1,6	0,90	2,2	13,0	6,0

Fonte: Laboratório de Análise Solos e Tecidos Vegetais da Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia, 2024

As sementes utilizadas foram da cultivar suprema, sendo colocadas 3 sementes em cada vaso, tomando sempre os cuidados necessários quanto a irrigação, que foi realizada manualmente. Quando as plantas atingiram o estágio fenológico V1, foi realizado o raleio das plantas deixando apenas duas plantas em cada vaso, logo após, foi realizada a aplicação dos tratamentos com os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, que consistiram de 1- ausência total dos dois fungos; 2- aplicação de *B.bassiana* na dose de $2,6 \times 10^9$ UFCs/ha (unidades Formadores de Colônias); 3- Aplicação de *M. anisopliae* na dose de $1,3 \times 10^9$ UFCs/ha; 4- Aplicação da mistura dos dois fungos nas dosagens mencionadas acima. Para a aplicação, os esporos

foram diluídos em água destilada e utilizou-se de uma seringa para a aplicação de 5mL desta solução por vaso, simulando a aplicação de 150L/ha de calda em jato sólido próximo ao caule das plantas.

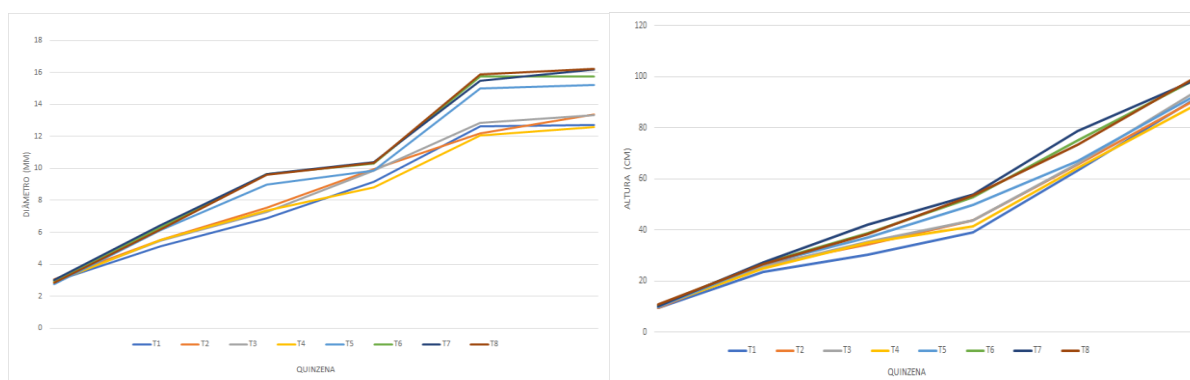
Quinzenalmente foi realizada a coleta de dados de altura total e diâmetro das plantas, sendo o experimento foi conduzido dessa forma durante 95 dias. Após esse período, foi realizada a retirada das plantas dos vasos, realizando a pesagem da massa de matéria fresca da parte aérea e, posteriormente a secagem deste material em estufa de circulação forçada à 60°C até peso constante para se obter a massa de matéria seca da parte aérea.

Os dados de diâmetro de altura obtidos ao longo do experimento foram utilizados para construção de uma curva de crescimento em aplicativo Excel e os dados biométricos obtidos foram submetidos à análise de variância à 5% de significância e teste de médias de Tukey com o auxílio do programa estatístico Jamovi versão 2.3.38.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

Figura 1. Curva de crescimento do diâmetro do colmo (A), altura total das plantas (B) de milho inoculadas com produto biológico *B. bassiana* e *M. anisopliae*.



Fonte: Autores, 2024.

A aplicação dos fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* não resultaram em efeito significativo sobre as variáveis biométricas analisadas, assim como não foi possível observar interação entre os fatores tipo de solo e aplicação dos fungos testados.

Como pode ser observado nas Tabelas 1 e 2, o solo mais rico em matéria orgânica proporcionou maior crescimento das plantas e rendimento de matéria seca. A matéria orgânica representa pequena parte da massa do solo, a mesma influência na qualidade do solo e produtividade das plantas (Embrapa, 2023).

Tabela 1 - Médias das variáveis Diâmetro e Altura em plantas de milho submetidas a diferentes tipos de solo e aplicação de *M. anisopliae* e *B. bassiana*.

Microrganismo	DIAMETRO (cm)				ALTURA (cm)			
	Nível de fertilidade do solo				Nível de fertilidade do solo			
	Baixa		Média		Baixa		Média	
Sem microrganismo	12,73	B a	15,21	A a	89,99	B a	91,66	A a
<i>B. bassiana</i>	12,58	B a	16,22	A a	87,91	B a	98,39	A a
<i>M. anisopliae</i>	13,38	B a	15,74	A a	89,69	B a	98,01	A a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	13,34	B a	16,20	A a	92,76	B a	97,79	A a
C.V.	6,37%				6,82%			

Nota: Média seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria, 2024

Portanto, segundo Bernardi (2023) a presença da matéria orgânica garante saúde e qualidade, retendo mais água e nutrientes, tornando um ambiente propício para o crescimento de plantas e alcançar maiores produtividades.

Tabela 2 - Médias das variáveis MFPA e MSPA em plantas de milho submetidas a diferentes tipos de solo e aplicação de *M. anisopliae* e *B. bassiana*.

Microrganismo	MFPA (g)				MSPA (g)			
	Nível de fertilidade do solo				Nível de fertilidade do solo			
	Baixa		Média		Baixa		Média	
Sem microrganismo	116,18	B a	159,51	A a	21,19	B a	29,34	A a
<i>B. bassiana</i>	113,99	B a	175,90	A a	20,60	B a	32,76	A a
<i>M. anisopliae</i>	126,05	B a	179,09	A a	23,43	B a	32,95	A a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	125,89	B a	183,13	A a	22,86	B a	33,54	A a
C.V.	13,31%				14,68%			

Nota: Média seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria, 2024

Segundo Ferreira (2010) e Felix (2019), fungos endófitos tem a habilidade de habitar o interior das plantas hospedeiras sem causar danos aparentes e visíveis, sendo uma interação intrínseca em determinadas espécies de plantas e fungos.

A literatura menciona a interação endofítica da *B. bassiana*: na cultura do milho (Tall e Meyling, 2018); O *M. anisopliae* já foi estudada na cultura do feijão com resultados endofítica (JABER; ENKERLI, 2016); na cultura do tomate foi identificado também a interação endofítica (Garcia et al, 2011).

Pelo apresentador por Alton e Meyling (2018), o fungo *B. bassiana*, tem efeito endofítico quando as plantas estão em ambiente farto de nutrientes, possibilitando o desenvolvimento desse fungo.

Embora exista relatos na literatura descrevendo as interações endofitas associados a *B. bassiana* e *M. anisopliae*, o presente artigo não conseguiu verificar o efeito benéfico proveniente desta interação, nem mesmo no tratamento onde os dois fungos foram inoculados juntos. Isso pode ter ocorrido pela associação ineficiente dos fungos com a planta, pelas baixas umidades e ou alta temperatura dentro da casa de vegetação, ou pelo estágio de desenvolvimento que foi inoculado os fungos, esses motivos não foram investigados nesse artigo. Segundo Anjos e Silva (2023), uma das possíveis interferência endofitas que podem ter ocorrido, é a utilização de sementes previamente tratadas com diversos produtos, vindo a prejudicar o processo endofítico.

Sobretudo, como se trata de agentes biológicos, têm grande sensibilidade a condições ambientais, mesmo em ambiente mais controlado, como uma casa de vegetação. Como citado por Anjos e Silva (2023), temperaturas elevadas, radiação ultravioleta e baixa umidade relativa influenciam negativamente a ação de agentes biológicos.

Outros trabalhos, com finalidades diferentes, também não identificaram efeitos significativos na inoculação de *B. bassiana* e *M. anisopliae*, como é o caso do Anjos e Silva (2023), que relataram em seus trabalhos não ter identificados diferenças significativas da inoculação de *M. anisopliae*, mesmo em doses diferentes entre tratamentos na cultura da soja; Já o *B. bassiana*, segundo Alto e Meyling (2018), identificaram que plantas de milhos em solos com baixo teor de nutrientes não se desenvolveram, mas em solos ricos em nutrientes as plantas apresentam melhor desempenho.

Dessa forma, os autores do presente trabalho acreditam que investigações mais profundas para melhor compreensão dos possíveis benefícios da associação dos agentes de controle biológicos com a cultura com elevado valor agregado, como o milho para a silagem, seriam muito úteis.

CONCLUSÃO

A partir das condições, condução e análise deste experimento não foi possível encontrar uma associação benéfica entre os fungos *Metarhizium anisopliae* e *Beuveria bassiana*, com as plantas de milho. A presença de maior teor de matéria orgânica e maior fertilidade do solo afetou significativamente as características biométricas avaliadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao instituto Biológico, em especial ao Dr. José Eduardo Marcondes, pelo fornecimento dos inóculos de *B. bassiana* e *M. anisopliae* utilizados no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ANJOS, D. R. L. dos; SILVA, E. E. da. Avaliação do crescimento da soja sob aplicação do fungo *Metarhizium anisopliae*. Acesso em: 9 out. 2024.

BERNARDI, A. C. de C. Benefícios da matéria orgânica dos solos em sistemas integrados. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85521955/artigo-beneficios-da-materia-organica-dos-solos-em-sistemas-integrados>>. Acesso em: 8 out. 2024.

BETTIOL, W. et al. Matéria orgânica do solo: ciclo, compartimentos e funções. Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1153147>>. Acesso em: 8 out. 2024.

Caracterização morfofisiológica de fungos entomopatogênicos para o controle biológico de *Oncideres impluviata*. SciELO Brasil, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cflo/a/JqFP4V6HDdCkBTfSgwM5zVR/>>. Acesso em: 3 out. 2024.

DA, T. et al. Microorganisms as growth promoters of *Acmella oleracea* grown under different cultivation systems. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 28, n. 7, 1 jan. 2024. Acesso em: 3 out. 2024.

Estudos com fungos em ambiente controlado. Disponível em: <https://tecna.com.br/es/blog/415_estudos_com_fungos_em_ambiente_controlado>. Acesso em: 10 out. 2024.

FELIX, T. Fungos endofíticos em espécies agrícolas de importância econômica. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Microbiologia. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30360/1/MONOGRAFIA%20ESPECIALIZADA%20C3%87%20C3%83O%20EM%20MICROBIOLOGIA%20APLICADA%202019%20-%20Thais%20Felix%20Miranda%20-%20Fungos%20Endof%20C3%ADticos%20em%20Esp%20C3%A9cies%20Agr%20C3%ADcolas%20de%20Import%20C3%A2ncia%20Econ%20C3%B4mica.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2024.

FERREIRA, A. Interações entre bactérias endofíticas e do rizoplasma com fungos causadores de murcha e cancro de Eucalyptus. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-08022011-142312/publico/Anderson_Ferreira.pdf>. Acesso em: 8 out. 2024.

GARCÍA, E. Julia et al. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. *Researchgate*, v. 5, p. 22–27, 1 jan. 2011. Acesso em: 8 out. 2024.

GIRALDELI, A. L. Tudo que você precisa saber sobre milho para silagem. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/milho-para-silagem/>>. Acesso em: 3 out. 2024.

JABER, L. R.; ENKERLI, J. Fungal entomopathogens as endophytes for plant protection: Can they promote plant growth as well? 24 jul. 2016. Acesso em: 9 out. 2024.

Milho para silagem. Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-para-silagem>>. Acesso em: 3 out. 2024.

SCHAEFFER, N.; DIONELLO, R. G. Utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas de grãos armazenados: uma revisão. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2023. Disponível em: <<https://agrarias.ufpr.br/pglsf/wp-content/uploads/sites/48/2024/05/NAIHANA-SCHAEFFER.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2024.

Silagem de milho: como produzir com qualidade e rentabilidade? Agro Bayer. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/conteudos-impulso-bayer/impulso-cast-silagem-de-milho-como-produzir-com-qualidade-e-rentabilidade>>. Acesso em: 3 out. 2024.

TALL, S.; MEYLING, N. V. Probiotics for plants? Growth promotion by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* depends on nutrient availability. *Microbial Ecology*, v. 76, n. 4, p. 1002–1008, 28 mar. 2018. Acesso em: 7 out. 2024.