

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOSSANITÁRIO DO MILHO EM RESPOSTA
AO USO DE BIOINSUMOS**

Por

DANNILO VONO MOURA DA ROCHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde – GO

Maior – 2024

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOSSANITÁRIO DO MILHO EM RESPOSTA
AO USO DE BIOINSUMOS**

Por

DANNILO VONO MOURA DA ROCHA

Orientação:

Prof. Dr. Adriano Jakelaitis - IF Goiano - Campus Rio Verde

Rio Verde – GO

Maio – 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

R R672d Rocha, Dannilo Vono Moura da
DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOSSANITÁRIO DO MILHO EM
RESPOSTA AO USO DE BIOINSUMOS / Dannilo Vono Moura
da Rocha; orientador Dr. Adriano Jakelaitis. -- Rio
Verde, 2024.
58 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em
Bioenergia e Grãos) -- Instituto Federal Goiano,
Campus Rio Verde, 2024.

1. Elicitor. 2. Tratamento de sementes. 3.
Pulverização. 4. Enfezamento do milho. I. Jakelaitis,
Dr. Adriano , orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Dannilo Vono Moura da Rocha

Matrícula:

2022202331540004

Título do trabalho:

DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOSSANITÁRIO DO MILHO EM RESPOSTA AO USO DE BIOINSUMOS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 15 /05 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 DANNILO VONO MOURA DA ROCHA
Data: 07/05/2024 22:31:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rio Verde

Local

07 / 05 / 2024

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente

ADRIANO JAKELAITIS

Data: 07/05/2024 16:10:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 24/2024 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 78 (SETENTA E OITO)
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos treze dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e quatro, às 09h00min (nove horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada de forma remota, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **DANNILO VONO MOURA DA ROCHA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Adriano Jakelaitis, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da Dissertação que, em 30 min, procedeu a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM BIOENERGIA E GRÃOS**, na área de concentração Agroenergia, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBG da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos resultados em revista científica de circulação nacional, após a implementação das modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Adriano Jakelaitis	IF Goiano – Campus Rio Verde	Presidente
Jardel Lopes Pereira	IF Goiano – Campus Rio Verde	Membro interno
Pablo da Costa Gontijo	IF Goiano – Campus Rio Verde	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Pablo da Costa Gontijo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/03/2024 12:34:23.
- Jardel Lopes Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/03/2024 11:55:10.
- Adriano Jakelaitis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/03/2024 11:49:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 15/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 571951

Código de Autenticação: a93e73f1fa



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai Soberano, Autor de toda natureza, e ao Senhor Jesus Cristo seu Filho, pela sua obra salvífica, luz, sabedoria e ciência, resultado da sua Palavra que se cumpre de geração em geração.

A minha esposa, Suziane Vono pelo amor que recebo todos os dias e o companheirismo de sempre que, junto aos nossos filhos Felipe e Arthur, tornam minha vida plena e feliz.

Ao Legado Verdes do Cerrado e todos os colegas de trabalho, em especial o Gilney Marques e Francisco Segundo, pelo apoio nos trabalhos desenvolvidos e ao nosso Gerente de Operações Marco Túlio Xavier Lanza pelo incentivo em cada etapa.

Ao meu orientador, professor Adriano Jakelaitis pelo direcionamento técnico de sempre e pela pontualidade em cada assunto, nisso, minhas saudações ao IF. Goiano - campus Rio Verde, junto ao PPGBG (Bioenergia e grãos) pelo grande aprendizado recebido a cada etapa.

SUMÁRIO

RESUMO:.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Cultura do Milho (<i>Zea mays</i>).....	16
2.2. Cigarrinha do milho	17
2.4. Resistencia de plantas pelo uso de bioinsumos	19
2.5. <i>Rhizophagus intraradices</i> (Schenck & Smith, 1982)	20
2.6. <i>Bacillus thuringiensis</i> (Berliner, 1911).....	22
2.7. <i>Azospirillum brasilense</i> (Beijerinck, 1978)	23
2.8. <i>Trichoderma harzianum</i> (Personon,1794).....	24
2.9. <i>Bacillus subtilis</i> (Ehrenberg, 1835)	24
2. 10. <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff, 1879).....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Local dos experimentos	26
3.2. Experimento 1: Tratamento de sementes.....	26
3.3. Experimento 2: Pulverização sobre plântulas.....	27
3.4. Tratamentos	27
3.5. Delineamento experimental	28
3.6. Avaliações.....	29
3.7. Análise dos dados	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Ensaio tratamento de sementes	31
4.2. Ensaio pulverização sobre plântulas	37
CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos dois ensaios de desempenho agronômico e fitossanitário do milho sob uso de bioinsumos.	28
Tabela 2. Escala de notas para avaliação de enfezamentos no milho.	29
Tabela 3. Diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da 1ª espiga (AE), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade avaliados no ensaio com uso de bioinsumos via tratamento de sementes.	36
Tabela 4. Diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da 1ª espiga (AE), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade avaliados no ensaio com uso de bioinsumos via pulverização.	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados meteorológicos de pluviometria (mm) e temperatura média (C°) no período de condução dos dois ensaios (outubro 2022 a fevereiro 2023). Fonte: (Estação Agrosmart CBA).	26
Figura 2. Delineamento em blocos casualizados dos dois ensaios.	28
Figura 3. Flutuação populacional de <i>D. maidis</i> aos 10, 20 e 40 DAP (dias após plantio) nas plantas de milho sob tratamento de sementes com bioinsumos.	31
Figura 4. Porcentagem de plantas de milho aos 20 DAP (dias após plantio) com sintomas de MRFV <i>Maize rayado fino vírus</i> sob tratamento de sementes com bioinsumos.	32
Figura 5. Porcentagem de plantas de milho com sintomas de MRFV <i>Maize rayado fino vírus</i> aos 40 DAP (dias após plantio) sob tratamento de sementes com bioinsumos.	32
Figura 6. Porcentagem de plantas de milho sob tratamento de sementes com bioinsumos apresentando sintomas do complexo de enfezamento aos 80 DAP (dias após plantio).	34
Figura 7. Porcentagem de plantas de milho sob tratamento de sementes com bioinsumos apresentando sintomas do complexo de enfezamento aos 100 DAP (dias após plantio).	34
Figura 8. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) das doenças transmitidas por <i>D. maidis</i> aos 20, 40, 80, 100 dias após plantio do milho sob tratamento de sementes com bioinsumos.	35
Figura 9. Flutuação populacional de <i>D. maidis</i> aos 10, 20 e 40 DAP (dias após plantio) nas plantas de milho pulverizadas com bioinsumos na emergência.	37
Figura 10. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas com bioinsumos aos 10 DAP (dias após plantio) com sintomas de MRFV <i>Maize rayado fino vírus</i> aos 20 DAP.	38
Figura 11. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas com bioinsumos aos 10 DAP (dias após plantio) com sintomas de MRFV <i>Maize rayado fino vírus</i> aos 40 DAP.	38
Figura 12. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas aos 10 DAP (dias após plantio) com bioinsumos, apresentando sintomas de enfezamento aos 80 DAP (dias após plantio).	39
Figura 13. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas aos 10 DAP (dias após plantio) com bioinsumos, apresentando sintomas de enfezamento aos 100 DAP (dias após plantio).	39
Figura 14. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) das doenças transmitidas por <i>D. maidis</i> aos 20, 40, 80 e 100 dias após plantio do milho pulverizado com bioinsumos aos 10 DAP.	40

DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOSSANITÁRIO DO MILHO EM RESPOSTA AO USO DE BIOINSUMOS

Por

DANNILO VONO MOURA DA ROCHA

RESUMO: Perdas significativas de produtividade do milho são provocadas pela cigarrinha *Dalbulus maidis* a partir do complexo de doenças que ela transmite. A partir do alto poder de migração dos insetos, o controle da praga se torna difícil. Na busca de alternativas ao controle químico, os bioinsumos podem trazer respostas positivas no manejo integrado desta praga e no rendimento da cultura do milho. Avaliaram-se nesta pesquisa o desempenho agrônomo e fitossanitário em plantas de milho, atacadas por *D. maidis*, tratadas com bioinsumos à base de microrganismos aplicados via tratamento de sementes e por pulverização nas plântulas. No ensaio de tratamentos de sementes foram testados: testemunha (sementes não tratadas), *Rhizophagus intraradices*, *Bacillus thuringiensis*, *Azospirillum brasilense*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Metarhizium anisopliae* e fipronil + fludioxonil, dispostos em blocos ao acaso com três repetições. No ensaio de pulverização foram testados os mesmos tratamentos e a pulverização com os bioinsumos foi feita aos 10 dias após o plantio (DAP). Avaliou-se a população de *D. maidis* aos 10, 20 e 40 DAP, plantas com sintomas de *Maize rayado fino virus* e severidade aos 20 e 40 DAP, plantas com sintomas de enfezamento aos 80 e 100 DAP e área abaixo da curva de progresso da doença. Além disso, avaliou-se o diâmetro do colmo, altura e inserção da 1ª espiga, comprimento e diâmetro da espiga, peso de mil grãos e produtividade. As plantas sob tratamento de sementes com *R. intraradices* apresentaram menor progressão dos sintomas transmitidos por *D. maidis* e maior produtividade. Plantas sob tratamento de sementes com *T. harzianum* apresentaram menor número de plantas com *Maize rayado fino virus* nas duas avaliações. No tratamento pulverizado com *A. brasilense* houve menor progressão das doenças e com *B. thuringiensis* maior produtividade. Maior produção ocorreu no ensaio pulverizado em relação ao tratamento de sementes devido à menor população de *D. maidis*. Entretanto, nos dois ensaios a transmissão do MRFV + molicutes foi de 28%.

PALAVRAS-CHAVE: Elicitor; tratamento de sementes; pulverização; enfezamento do milho

AGRONOMIC AND PHYTOSANITARY PERFORMANCE OF MAIZE IN RESPONSE TO THE USE OF BIOINPUTS

By

DANNILO VONO MOURA DA ROCHA

ABSTRACT: Significant losses in corn yields have been caused by the leafhopper *Dalbulus maidis* and the complex of diseases it transmits. Due to the high migration power of the insects, controlling the pest is difficult. In the search for alternatives to chemical control, bio-inputs can bring positive responses in the integrated management of this pest and in the yield of the corn crop. This research evaluated the agronomic and phytosanitary performance of maize plants attacked by *D. maidis* and treated with bio-inputs based on microorganisms applied via seed treatment and spraying on seedlings. In the seed treatment trial, the following were tested: control (untreated seeds), *Rhizophagus intraradices*, *Bacillus thuringiensis*, *Azospirillum brasilense*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Metarhizium anisopliae* and fipronil + fludioxonil, arranged in randomized blocks with three replications. The same treatments were tested in the spraying trial and the bio-inputs were sprayed at 10 days after planting (DAP). The population of *D. maidis* was assessed at 10, 20 and 40 DAP, plants with symptoms of *Maize rayado fino virus* and severity at 20 and 40 DAP, plants with symptoms of canker at 80 and 100 DAP and the area under the disease progress curve. In addition, the diameter of the stalk, height and insertion of the first ear, length and diameter of the ear, weight of a thousand grains and yield were assessed. Plants treated with *R. intraradices* showed less progression of the symptoms transmitted by *D. maidis* and higher yields. Plants treated with *T. harzianum* showed a lower number of plants with *Maize rayado fino virus* in both evaluations. In the treatment sprayed with *A. brasilense* there was less progression of the diseases and with *B. thuringiensis* there was greater productivity. Higher yields occurred in the sprayed trial compared to the seed treatment due to the lower population of *D. maidis*. However, transmission of MRFV + mollicutes was 28% in both trials.

KEYWORDS: Elicitor; seed treatment; spraying; corn stunting

1. INTRODUÇÃO

A população mundial poderá chegar em 2050 a 10,2 bilhões de pessoas, e com isso a produção mundial de alimentos deverá ter um acréscimo de quase 34% (WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT, 2018). Para suprir essa demanda, o milho (*Zea mays*, L.) destaca-se por ser um dos cereais mais produtivos e consumidos mundialmente (CONSELHO INTERNACIONAL DE GRÃOS, 2018). Frente aos desafios para aumento da produtividade, Miranda et al. (2014), identificaram problemas e oportunidades, com destaque para: a) abertura de áreas novas com potencial produtivo; b) aumento de áreas de segunda safra; c) implementação do cultivo em áreas de pastagem degradada; d) estudos e pesquisas para aumento do teto produtivo em áreas de difícil manejo.

De ciclo anual, o milho pertence à família Poaceae e adapta-se facilmente a diferentes tipos de ambientes (SANTOS et al., 2012). As áreas produtivas de milho são maiores que as de arroz e trigo, resultado da facilidade no cultivo acompanhado de altos índices de produção (REHMAN et al., 2021). No Brasil, as regiões centro oeste, sul e sudeste são destaques na produção (EICHOLZ et al., 2020), em área cultivada de 21.238,9 milhões de hectares na safra 2021/2022 (CONAB, 2021). Em 2022, como terceiro maior produtor mundial, o Brasil foi destaque com a cultura representando um dos principais produtos na cadeia mundial de commodities agrícolas. A produtividade média da cultura foi de 5.319 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022). Dados recentes da CONAB (2023) evidenciam que a estimativa da produção para a safra 22/23 será de 123,7 milhões de toneladas, obtendo 9,4% de crescimento comparado à safra 21/22.

Por ser cultivado em diferentes épocas, as plantas de milho são suscetíveis a estresses bióticos e abióticos, que se não manejados podem interferir na normalidade fisiológica das plantas, reduzindo a produtividade (SOUZA & BARBOSA, 2015). Os fatores abióticos estão relacionados ao clima, solo e atmosfera, ressalta-se aqui a disponibilidade de água, temperatura, umidade relativa e a radiação solar, podendo interferir em diversos estádios de desenvolvimento (CASTRO & GARCIA, 1996). O controle dos estresses abióticos é limitado, despertando no produtor maior necessidade de atenção. Já os estresses bióticos são resultantes do ataque de insetos-praga, da patogenicidade de doenças e da agressividade de plantas daninhas, sendo que na sua maioria podem ser controlados, mas para controle dos danos é exigido conhecimento técnico (SOUZA & BARBOSA, 2015).

Existem diversos métodos para o controle de pragas e doenças nas plantas, com destaque para o controle químico. A utilização de diferentes produtos tem o objetivo de erradicar pragas, controlar ou prevenir doenças, além de evitar a matocompetição; todavia, a utilização

em extremo tem se tornado fator crítico, principalmente quando relacionado ao custo de produção (AKTAR et al., 2009). Das tecnologias disponíveis pelo manejo integrado de pragas, o controle químico deve ser a última estratégia a ser abordada, entretanto, na maioria das vezes, o controle químico é exclusivo. Diante disso, além dos problemas relacionados ao custo, a utilização indiscriminada tem acarretado problemas ambientais, toxicológicos e de resistência dos agentes causais (BOMBARDI, 2017), resultado do uso frequente de dosagens que ultrapassam o recomendado (HAWKINS et al., 2019). O controle químico de doenças deve ser adequado (WORDEL FILHO et al., 2016). A utilização excessiva de fungicidas, além de aumentar os custos, pode levar as plantas à suscetibilidade e aumentar os casos de resistência do patógeno (FRAC, 2012).

Diferentes ferramentas de integração, como a adubação equilibrada, rotação de culturas e o cuidado com a microbiologia do solo, têm trazido resultados positivos ao manejo. Nesse enfoque, o uso de bioinsumos tem sido uma excelente alternativa, fortalecida pela responsabilidade que a agricultura tem de suprir a demanda e, ao mesmo tempo, utilizar inovações mais sustentáveis (BORGES et al., 2009). Os bioinsumos são produtos de origem majoritariamente orgânica, capazes de beneficiar os cultivos, impactando positivamente todo o sistema de produção, desde a planta, o solo, os recursos hídricos, animais, microrganismos, etc. (BRASIL, 2020). Diretamente na planta, eles podem promover o crescimento e beneficiar o solo pelo aumento da atividade microbiana e controlar patógenos de diversas formas (rizosféricos), além de possuir a capacidade de colonizar o interior da planta e a rizosfera (endofíticos) (MSIMBIRA & SMITH, 2020; HESHAM et al., 2020).

Os bioinsumos à base de microrganismos são compostos por fungos, bactérias ou vírus. No caso da aplicação de fungos e bactérias, destacam-se os efeitos benéficos às plantas resultantes de relações simbióticas (MEYER, 2022). A ação desses microrganismos em muitos casos ativa mecanismos latentes na planta, induzindo-a a um melhor desempenho sob estresse (KUHN et al., 2006; LLORENS et al., 2017). A interação das plantas com microrganismos ocorre num processo evolutivo desde o seu surgimento, e o resultado vem da capacidade de ativar mecanismos de defesa a partir de diferentes formas (LEONETTI et al., 2021). Entende-se que, no momento adverso, as plantas adquirem resistência e retardam o processo de infecção, impedindo a entrada do patógeno nos seus tecidos (PASCHOLATI & DALIO, 2018).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou em 2020 o Programa Nacional de Bioinsumos, incentivando os produtores a sua utilização. Segundo levantamento, mais de 580 produtos são registrados com diferentes funções, desde inoculantes a defensivos entomológicos (BRASIL, 2020). Desta forma, esse trabalho tem o objetivo de

avaliar o desempenho agronômico e fitossanitário de plantas de milho em campo, sob o ataque de *Dalbulus maidis* submetidas ao tratamento de sementes e pulverização com diferentes bioinsumos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura do Milho

O milho é uma monocotiledônea pertencente à família Poaceae; subfamília Panicoideae, gênero *Zea* e a espécie *Zea mays*. Todos os milhos existentes pertencem a essa espécie, integrada em sete diferentes gêneros, nos quais os *Zea* e *Tripsacum* são nativos do hemisfério ocidental (PEREIRA FILHO, 2015). Espécie anual, seu ciclo completa-se de quatro a cinco meses. A planta possui porte ereto, caule sólido e diferentes inflorescências numa mesma planta caracterizada pelos dois sexos (PONS & BRESSOLIN, 1981).

É considerada uma das culturas mais antigas do mundo a passar por processos de domesticação e melhoramento. Sua origem está ligada ao México, mas possui fortes ligações de origem aos cultivos das regiões da América Central ao sudoeste dos Estados Unidos. Por meio de trabalhos de escavação, dados geológicos e outros, aponta-se que se deu início aos cultivos a cinco mil anos atrás. Na América, ao ser descoberto, sementes foram levadas ao continente europeu para ser cultivado como planta de jardim até o conhecimento de novas possibilidades. Tempos depois, passou a ser cultivado para fins alimentícios e comerciais, aumentando o espectro de interesse de regiões de latitude de 58° norte (União Soviética) até 40° sul (Argentina), tornando-se a planta de maior importância, originada das Américas (GARCIA, et al., 2006).

Com a necessidade do aumento crescente da produção, várias técnicas foram implementadas ao manejo, fortalecidas nos anos de 1950 a 1960, com a "Revolução Verde". Integrou-se aos cultivos máquinas e equipamentos tecnológicos, entrada de novas moléculas de herbicidas, inseticidas e fungicidas, além do foco maior na nutrição das plantas a partir do uso de fertilizantes. Nesse período, diversos institutos de pesquisa foram instituídos, apoiando diretamente na divulgação das inovações, principalmente com resultados positivos, a partir do melhoramento genético (FUCK & BONACELLI, 2007).

No início, as variedades de milho cultivadas eram obtidas de sementes selecionadas no seu local de cultivo e posteriormente reaproveitadas pelos agricultores (crioulas). A partir deste melhoramento, houve a substituição pelos conhecidos híbridos, que apresentaram melhor desempenho e produção, aumentando a possibilidade de cultivo para diferentes épocas e áreas (EMYGDIO et al., 2008). O melhoramento do milho no Brasil resultou num elevado número de cultivares com genótipos de diferentes características, atendendo à necessidade do produtor (ANDRADE et al., 2009).

Dentro dos programas de melhoramento do milho, a biologia molecular via transformação genética permitiu avanços no desenvolvimento de estratégias para a produção em larga escala (CARNEIRO et al., 2000). Destacando-se a transgenia (OGM organismos geneticamente modificados), no caso do milho, integra-se a proteína (Bt), oriunda de genes específicos da bactéria de solo *Bacillus thuringiensis* (Bt), as quais promovem a produção da proteína inseticida na própria planta, controlando lepidópteros no momento da alimentação. No Brasil, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança- CTNBio é responsável pelas etapas de formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança de OGM. Segundo os dados do conselho, 58 cultivares de milho OGM estão liberadas para comercialização no Brasil (CTNBio, 2023).

A produção de milho no Brasil é destinada principalmente a alimentação animal, atendendo pecuária de corte, avicultura, suinocultura, produção de silagem, entre outras. Para a alimentação humana, é matéria-prima de diversos produtos, além de ser base da alimentação animal, que está sempre presente na mesa dos brasileiros (MIRANDA et al., 2021). Contudo, a preferência no cultivo e o manejo em diferentes áreas e épocas são acompanhados de problemas fitossanitários, fatores que desafiam os produtores e comprometem a produtividade. Doenças como: mancha-branca, ferrugens, cercosporiose, podridões de espigas e enfezamentos são de ocorrência natural em áreas produtoras, mas o aumento na severidade dessas doenças é fortalecido por condições climáticas favoráveis aos patógenos, sistema de plantio e a suscetibilidade da própria cultivar (COSTA et al., 2017).

As pragas representam outro desafio à produtividade, pois, com o avanço do cultivo em primeira e segunda safra no país, pode ocorrer a chamada “ponte verde” pela presença de plantas hospedeiras possibilitando a sobrevivência e reprodução dos insetos entre os cultivos ao decorrer do ano (CONTINI et al., 2019). Nisso, destaca-se a cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* que, sob diferentes condições, tem a capacidade de desenvolver-se rapidamente, elevando a preocupação fitossanitária dentro do processo produtivo (COTA et al., 2021).

2.2. *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott, 1923)

A cigarrinha do milho, (Hemiptera: Cicadellidae) é um inseto de hábito voador de tamanho pequeno (3 a 4 mm). Possui aspecto pálido com uma coloração levemente amarelada e dois pontos negros na cabeça, mais precisamente na parte anterior, que podem ser confundidos com olhos compostos. O aparelho bucal é do tipo sugador e as antenas têm formato setáceo. Sob diferentes altitudes pode ocorrer diferença na coloração, podendo ser mais escura em locais

altos. Quanto ao tamanho, os machos são menores que as fêmeas (SANTANA et al., 2019; TRIPLEHORN & NAULT, 1985).

O período de pré-oviposição chega a 8,5 dias, os ovos podem estar solitários ou agrupados de cinco a seis, depositados na parte superior do limbo foliar e pré-inseridos nos tecidos da planta para facilitar a alimentação das ninfas nos primeiros estágios, a fecundidade média de uma fêmea chega a 128,7 ovos. Ao eclodir, as ninfas alimentam-se da seiva da planta e permanecem ali durante seu desenvolvimento inicial. Após a dispersão, é possível observar as exúvias sob as folhas (HEADY et al. 1985; MARÍN, 1987; PERFECTO, 1991). As ninfas passam por 5 instares com aproximadamente 3 dias cada, até a fase adulta. O ciclo de vida depende muito das condições de temperatura, sendo que a longevidade dos adultos machos pode chegar a 16,3 dias e para fêmeas 42,1 dias, isso, numa temperatura de 23,4°C a 83% de UR. Estudos mostraram que o ciclo de uma fêmea pode chegar a 66,6 dias sob condições de 10°C e 15,7 dias a 32,2°C. (MARÍN, 1987; MADDEN et al. 1984; TSAI 1988; VAN NIEUWENHOVE et al. 2016).

Associada ao cultivo do milho, *D. maidis* é facilmente encontrada na América latina e em algumas regiões dos EUA (SANTANA et al. 2019). No Brasil, pela possibilidade do cultivo em diferentes épocas do ano (primeira e segunda safra), tornou-se uma das principais pragas da cultura por transmitir um complexo de doenças, no momento da alimentação (WAQUIL, 1997). O enfezamento é sintoma da principal doença transmitida por *D. maidis* causada pelos mollicutes: *Espiroplasma Spiroplasma kunkelli* Whitcomb (enfezamento pálido) e o fitoplasma *Maize bushy stuntphytoplasma* (enfezamento vermelho) (BALMER, 1980; GORDON et al. 1981). Além da transmissão dos mollicutes, *D. maidis* também é vetor do *Maize rayado fino virus* (vírus da risca do milho). Os primeiros sintomas aparecem de forma leve aos 7 dias após a inoculação, e quanto mais jovens são as plantas infectadas, maior será a redução do crescimento, além de ocasionar o abortamento das gemas florais. As perdas na produtividade ocasionadas pelo vírus são somente 30%, mas torna-se pior pela transmissão simultânea junto dos mollicutes, formando um complexo que resulta no “enfezamento” da planta (OLIVEIRA & SABATO, 2018).

A presença de uma planta com sintoma na área é sinal de alerta e preocupação, pois a transmissão do complexo por *D. maidis*, ocorre ao alimentar-se da seiva de uma planta já infectada. Dentro do inseto, o microrganismo ao passar pelo epitélio do mesêntero, multiplica-se em vários tecidos até chegar no aparelho bucal e saliva (BOVÉ et al. 2003). Nos primeiros estágios da cultura do milho, as fêmeas de *D. maidis* preferem estabelecer em folhas saudáveis. Mas, no momento da alimentação há uma preferência por folhas infectadas, e em pouco tempo

as fêmeas se deslocam novamente para as folhas saudáveis, aumentando a disseminação (RAMOS et al. 2021). Altas populações são facilmente encontradas nos cultivos de milho, como resultado dessa quantidade os fungos oportunistas podem colonizar as folhas atraídos pela excreção da substância açucarada (*honeydew*) provocada pela toxidez da saliva do inseto (MADDEN & NAULT, 1983; MARÍN, 1987) tornando-se outro problema.

Diante das altas infestações encontradas, o controle de *D. maidis* é indispensável, para isso, o controle químico, biológico e cultural são as principais estratégias que integrando-se ao manejo podem minimizar os impactos negativos, entretanto não existem medidas curativas para as doenças transmitidas (AVILA, 2021). Das alternativas recomendadas pelo MIP (manejo integrado de pragas), o controle químico é o mais utilizado com mais de 40 produtos registrados para o controle, podendo ser feito na forma de tratamento de sementes ou na pulverização (AGROFIT, 2023). Mesmo adotando as principais estratégias de controle *D. maidis* possui alto poder de migração, e basta uma planta infectada para ocorrer transmissão pelo adulto de forma rápida as demais, nisso somente o controle químico pode ser ineficiente principalmente sob alta pressão do inóculo (OLIVEIRA, et al., 2013). Visando garantir a produtividade, surgem no manejo diferentes estratégias, uma delas é o uso de bioinsumos visando fortalecer as plantas mediante ao ataque (MARTIELLO et al. 1997; BONALDO et al. 2005; SINGH et al. 2020).

2.4. Resistência de plantas pelo uso de bioinsumos

O bioinsumo pode ser composto por substâncias naturais ou microrganismos que estimulam e/ou melhoram a sanidade vegetal. Os microrganismos, ao interagirem com as plantas, podem ser identificados como “elicitores” (CAMARGO & BERGAMIN FILHO, 1995). Os elicitores colaboram fortemente com a produtividade dos cultivos frente aos possíveis estresses bióticos e abióticos (VANDERPLANK, 1968). Esses podem ser desde bactérias e fungos, que beneficiam o solo e o crescimento das plantas (SILVA, 2002; MARTIELLO, et al. 1997; MADI & KATAN, 1998), patógenos que não possuem virulência (MONOT et al., 2002) e outros patógenos inativados por altas temperaturas (BACH et al., 2003).

A resposta positiva na planta resultante da interação com o microrganismo é conhecida como indução de resistência (BONALDO et al. 2005). A indução de resistência é definida por diferentes formas sendo: Resistência Sistêmica Adquirida e Resistência Sistêmica Induzida. Para classificá-la observa-se desde a origem do eliciador e a atuação na planta onde será verificada as respostas do estímulo. A Resistência Sistêmica Induzida (*induced systemic resistance*, ISR) é a resposta da reação a agentes bióticos (microrganismos viáveis ou inativados)

ou abióticos (ácido acetilsalicílico). Esse tipo de resistência ocorre em todas as partes da planta, e não somente no local da indução, sendo regulada por sinalizações através das moléculas dos fitohormônios ácido jasmônico e etileno. No momento da interação do patógeno ao hospedeiro, ocorre o aumento da produção dessas substâncias junto à ativação de genes de defesa que atuarão no bloqueio ao processo infeccioso. Os fitohormônios atuarão na regulação da defesa (PASCHOLATI et al. 2010; AGRIOS, 2005; PIETERSE et al., 2014; TON et al., 2002).

Na Resistência Sistêmica Adquirida (*systemic acquired resistance*, SAR) as moléculas notáveis são os hormônios ácido salicílico (SA) e ácido azelaico (AZA) e do derivado do açúcar fosforilado glicerol-3-fosfato. Verifica-se que, após interação com o patógeno, as plantas liberam um derivado do ácido salicílico facilmente percebido por plantas da mesma espécie no mesmo local, fazendo com que desenvolvam mecanismos de defesa. Os sinais geralmente ocorrem no local da infecção e são transportados pelas demais partes da planta (SINGH et al. 2020).

A busca pela evolução e sobrevivência faz com que as plantas sob ataque do patógeno, apresentem naturalmente algum tipo de resistência ao processo de infecção. A interação coevolutiva é o processo que define a “batalha” existente entre as plantas (hospedeiro) e a doença (patógeno). A coevolução ocorre dentro do processo de seleção natural, entendendo que o hospedeiro cria mecanismos para escapar do ataque do patógeno. No entanto, o patógeno procura erradicar a estratégia do hospedeiro (THOMPSON 1994; MARTIELLO et al. 1997). Os mecanismos de defesa nas plantas ocorrem por meio de células especializadas (MARTIELLO et al. 1997), reações do ataque de algum patógeno.

Os mecanismos de defesa podem ocorrer em caráter sistêmico após a inoculação das plantas (STADNIK, 2000). Resultados de Martiello et al., (1997) evidenciam que após a inoculação de fungos em plantas suscetíveis e resistentes a um determinado patógeno num período de 48 a 96 horas, houve um aumento significativo de fitoalexinas nas regiões lesionadas em plantas resistentes, e nas plantas suscetíveis, o patógeno conseguiu metabolizar as fitoalexinas sintetizadas, como consequência disso, os efeitos do ataque diminuíram. Os autores definiram que as fitoalexinas são promissoras antibióticas associadas a resistência induzida através dos fungos.

2.5. *Rhizophagus intraradices* (Schenck & Smith, 1982)

Rhizophagus intraradices é um fungo micorrízico arbuscular (FMA) que tem papel significativo na proteção de plantas e são considerados essenciais no processo de ciclagem de

nutrientes e na manutenção dos requisitos importantes do solo (LI et al., 2021). Por serem simbioses obrigatórias, para completar sua sobrevivência, associam-se com as raízes das plantas (VARMA, 2008). Essa interação é considerada um grande fenômeno da natureza pela interação das raízes aos micélios do fungo, num desenvolvimento mútuo, com funções fisiológicas recíprocas (SOUZA et al., 2006). Como característica, *R. intraradices* apresenta esporos de coloração amarelada, com formato desde globoso a subgloboso e tamanho de 40-140 µm (INVAM, 2020).

A interação dos FMA ocorre na rizosfera, onde ocorre o crescimento das radículas e liberação de compostos, junto aos componentes nutricionais do solo. Esses fungos contribuem para a absorção do fósforo pelas plantas e propiciam melhores condições de associações delas com outros microrganismos benéficos (ARTURSSON et al., 2006). Sendo um importante componente da microbiota do solo, os FMA atuam como simbioses mutualísticas, onde a planta é beneficiada pelo aumento na absorção de nutrientes e água (SMITH & READ, 1997). Além disso, os FMA também induzem a planta a resistir ao estresse biótico e abiótico (KHAN et al. 2022).

O crescimento dos FMA ocorre no córtex e as hifas (estruturas de crescimento) avançam pela rizosfera, formando uma rede de micélio que cresce semelhantemente ao sistema radicular. Ao absorver água e os nutrientes, os FMA os dispõe novamente as plantas, como troca, recebendo os fotoassimilados. Essa troca ocorre em estruturas chamadas de arbúsculos, uma ramificação de hifas do fungo, presente dentro das células do córtex (VARMA, 2008). A ramificação de hifas, dentro do córtex proporciona a planta benefícios positivos, resultado de modificações químicas, físicas e biológicas (SMITH e READ, 2008). Conforme a rede de hifas se expande sob determinada área no perfil, conseqüentemente ocorrerá melhor absorção de nutrientes e água pelas plantas (RAVEN et al. 1996; JUMRANI et al., 2022).

Dentre todos os efeitos positivos citados, os FMA beneficiam as plantas ante ao ataque de patógenos, induzindo-a a resistência sistêmica pela produção do ácido jasmônico e ácido salicílico (JACOTT, et al. 2017; PRASAD et al., 2017). Ao competir por espaços no solo, os FMA promovem mudanças na microbiota, competindo por espaços para colonização e locais de infecção (CARDOSO & KUYPER, 2006). Essas atividades microbianas são fundamentais para os processos físico-químicos das plantas e a proteção basal na rizosfera contra fitopatógenos (KHATOON, et al., 2020).

A interação do solo, planta e a microbiota, tem influência nos vários processos produtivos, e contribuem com a sanidade vegetal. Antes da colonização, as plantas sinalizam aos microrganismos, através da liberação de exsudados, causando um efeito antagônico a ação

dos fitopatógenos (AHMED et al., 2019), e induzindo a tolerância as doenças (LIU et al., 2007). Efeitos benéficos foram observados com o uso de *R. intraradices* na cultura da soja. Spagnoletti e Lavado (2015) verificaram que a inoculação com o fungo aumentou a tolerância das plantas ao estresse abiótico. Outro estudo feito por Spagnoletti et al. (2020) mostraram redução da podridão radicular do carvão na soja, causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina*, pela inoculação com o fungo, além de apresentar aumento de biomassa.

2.6. *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1911)

A bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) foi descrita na Alemanha em 1911, isolada a partir da lepidoptera *Anagasta kuehniella* (SHELTON et al., 2002). Possui tamanho de 1 a 1,2 µm de largura e 3 a 5 µm de comprimento e esporos altamente resistentes e capazes de multiplicar em diferentes condições, caracterizado como um microrganismo anaeróbico, gram positivo, constituído de flagelo (RABINOVITCH et al., 2000). Após o momento da esporulação, *B. thuringiensis* produz cristais proteicos com ação inseticida, denominado de toxina Cry ou Cypertentes (JAMES, 2009).

Com propriedades inseticidas, *B. thuringiensis* também pode produzir α -exotoxinas, β -exotoxinas, hemolisinas, enterotoxinas, quitinases, fosfolipases, parasporinas e outras proteínas inseticidas com funções específicas similares (CRICKMORE et al., 2022). A morte dos insetos ocorre na fase larval, onde se verifica que as toxinas rompem o tecido do intestino do inseto (RAYMOND et al., 2010). Visando o controle de lagartas nos cultivos de milho, as toxinas Cry foram introduzidas na planta a partir da transgenia (BRAVO, et al. 2011). Além desse método, o uso da bactéria na pulverização pode favorecer a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos e promover o crescimento (CLEMENTE et al., 2016). Segundo González-Cabrera et al. (2010); a pulverização de *B. thuringiensis* pode reduzir os danos causados pelas pragas. E a ação contra fitopatógenos, ocorre na rizosfera através da competição por espaço, nutrientes e sínteses antimicrobianas (LEELASUPHAKUL et al., 2008).

A indução de resistência nas plantas por rizobactérias ocorre a partir da ativação de proteínas de defesa, como resposta a uma infecção (STICHER et al., 1997). Nisso, o gênero *Bacillus* pode ser um agente capaz de reduzir a patogenicidade em plantas (AZEVEDO et al., 2000). Conforme explicado por Monnerat et al. (2003), as plantas absorvem a bactéria, resultando numa significativa proteção sob ataque de lepidópteros. Os autores ressaltam a capacidade que a bactéria tem de proliferar-se no interior da planta. Outro trabalho de Monnerat

et al. (2009) mostra que a partir de inoculações com *B. thuringiensis* em plântulas de couve e algodão, houve o controle de *Spodoptera frugiperda*.

2.7. *Azospirillum brasilense* (Beijerinck, 1978)

São bactérias classificadas como gram-negativas, do gênero *Azospirillum* pertencentes à família Spirillaceae (FENDRIHAN et al., 2017). Descrito inicialmente por Beijerinck (1925) com o nome de *Spirillum*. Constitui-se em bactéria promotora de crescimento, que possuía capacidade de fixar nitrogênio em plantas de diferentes espécies. A partir disto, houve a reclassificação do gênero para *Azospirillum* (TARRAND et al., 1978).

Os estudos que buscaram a possibilidade de utilização da bactéria na agricultura foram desenvolvidos por Johanna Döbereiner e os resultados obtidos foram de grande relevância e mostraram que a fixação biológica de nitrogênio em gramíneas da espécie *Digitaria decumbens* era possível mediante a inoculação (DÖBEREINER & DAY, 1976). Apesar do Brasil ser liderança nos estudos com *Azospirillum*, até o ano de 2009 não havia inoculantes disponíveis. Posteriormente, foram lançadas comercialmente as cepas *A. brasilense* Ab-V5 (=CNPSo 2083) e Ab-V6 (=CNPSo 2084) identificadas e selecionadas para inoculação de sementes de milho e trigo (HUNGRIA et al., 2010). Além da fixação de nitrogênio, *A. brasilense* induz a planta a produzir auxinas, giberilinas, citocininas, etileno e sideróforos para auxiliar na absorção de fósforo, controlar de patógenos na rizosfera e induzir a resistência da planta (CASSÁN & DIAZ-ZORITA, 2016).

Resultados de cerca de 60 estudos, 103 ensaios em 54 localidades do Brasil, mostraram aumento médio de 5,4% na produtividade das culturas após inoculação com *Azospirillum* (BARBOSA et al., 2022). O crescimento de plantas inoculadas é resultado da capacidade do microrganismo em induzir na planta a produção do fitohormônio IAA (ácido indol-3-acético), sendo este o primeiro grupo de auxinas identificado como estimulador de crescimento, também utilizado como estimulador do alongamento celular (CASANOVA-SÁEZ et al., 2021, ÖTVÖS et al., 2021). O uso de *Azospirillum* pode melhorar anatomicamente e bioquimicamente as raízes da planta inoculada, fator que contribui positivamente para a absorção de água e nutrientes (BASHAN e DE-BASHAN 2010).

A possibilidade de inoculação em diferentes espécies é outro fator positivo, sendo que *Azospirillum* possui capacidade de associar-se com aproximadamente 113 diferentes espécies de plantas, classificadas em 35 famílias botânicas, incluindo 14 espécies de cereais (PEREG et al., 2016).

2.8. *Trichoderma harzianum* (Personon,1794)

O fungo *Trichoderma* é um importante agente do controle biológico de patógenos presentes no sistema solo-planta (CONTRERAS, 2016). Mais de 200 espécies de *Trichoderma* foram classificadas molecularmente, visando o controle de pragas e doenças na agricultura (ATANASOVA et al., 2013). São fungos filamentosos e presentes naturalmente no solo (VINALE et al., 2008). Dentre esses, destaca-se a espécie *T. harzianum* rifai (Ascomycota, Hypocreales, Hypocreaceae), fungo assexuado, já comercializado e recomendado para o controle de patógenos como *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Esclerotinia* (KAMALA & INDIRA, 2014).

Uma variedade de espécies de *Trichoderma* são utilizadas na agricultura, incluindo *T. harzianum*, *T. atroviride*, *T. longibrachiatum*, *T. viridae* e *T. polysporum*. Os benefícios da utilização deste fungo no controle de doenças em plantas vêm da possibilidade de inibir o crescimento micelial de patógenos, e, ao mesmo tempo, atuar nas plantas como regulador de crescimento, favorecendo o aumento da biomassa e a produtividade das culturas (IMRAN et al., 2022).

Os mecanismos de controle dos fitopatógenos incluem diferentes mecanismos como antibiotismo, competição e micoparasitismo (RUANGWONG, 2014). Além disso, os ácidos orgânicos liberados por *Trichoderma* auxiliam na solubilização de magnésio, ferro, manganês e fosfatos, e podem auxiliar na disposição de outros nutrientes ao participar no processo de decomposição da matéria orgânica (SANJEEV et al., 2014). O melhor desenvolvimento radicular resulta da colonização por *Trichoderma* na rizosfera, além disso, atividades de defesa são desencadeadas pelas plantas, pela ocorrência de sinalizações nas vias metabólicas, onde os genes das espécies de *Trichoderma* codificam o transportador oligopeptídico e a protease extracelular, expressos durante a interação patógeno hospedeiro (GRAMPEADOR et al., 2017). Nesse sentido, a espécie *T. harzianum* possui ampla aplicabilidade na agricultura, por atuar no controle biológico de patógenos através da produção de metabolitos secundários (glucanase e quitinase), que degradam a parede celular de alguns fungos fitopatogênicos, aumentando o espectro de controle (DE ANDRADE BARBOSA et al., 2019).

2.9. *Bacillus subtilis* (Ehrenberg, 1835)

Bacillus subtilis é uma bactéria, classificada como gram-positiva, termofílica e aeróbia, com formato de bastonete. Seus endósporos são resistentes a fatores de estresse como altas

temperaturas, seca e raios UV, características que contribuem para o crescimento e reprodução em diferentes ambientes.

Na planta, *B. subtilis* pode induzir a resistência sob situações de estresse através da produção de hormônios vegetais pela planta, como o IAA (MUMTAZ, 2020) e pela capacidade em competir por espaço e nutrientes, influenciando diretamente o complexo planta, ambiente e patógeno, favorecendo o crescimento vegetal (WANG et al., 2018). Possui elevado potencial antibiótico, pelo menos 4% a 5% do genoma de qualquer grupo de *B. subtilis*, pode ser utilizado para produção de compostos com efeito antimicrobiano (STEIN, 2005).

O solo é favorecido pela presença de *B. subtilis*, por promover a menor densidade e o aumento da porosidade e permeabilidade, possibilitando melhor infiltração de água e lixiviação dos sais minerais (DU et al., 2020). *B. subtilis* cria uma barreira no movimento de íons tóxicos, e consegue manter o movimento das moléculas de água nos tecidos da planta (RADHAKRISHNAN et al., 2017).

2. 10. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879)

Metarhizium anisopliae é um fungo entomopatogênico pertencente ao reino Fungi, grupo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Hypocreales e família Clavicipitaceae, (LOVETT & LEGER 2018). Fungos do gênero *Metarhizium* são reproduzidos em escala comercial no objetivo de controlar pragas agrícolas substituindo e/ou reduzindo o uso de inseticidas (MNYONE et al., 2012). Outras espécies, *M. robertsii*, *M. anisopliae* e *M. pinghaense*, são conhecidas por apresentar efeitos benéficos resultantes da colonização das raízes (AHMAD et al., 2020).

Os efeitos endófitos positivos são resultantes da colonização na rizosfera. Esses fungos são capazes de promover o crescimento das plantas e serem antagônicos a fitopatógenos (JABER & OWNLEY, 2018). Culturas tratadas com *M. anisoplie* apresentam melhor crescimento. Sasan & Bidochka (2012) mostraram que houve melhor desenvolvimento de *Panicum virgatum* e *Phaseolus vulgaris* sob o estímulo com uma espécie de *Metarhizium*.

Um dos métodos mais eficientes e precisos utilizando-se fungos fitopatogênicos é o revestimento de sementes com os propágulos. O revestimento permite a colonização de fungos no início da germinação das sementes, permitindo melhor estabelecimento e a simbiose nos estágios iniciais da cultura (O'CALLAGHAN, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local dos experimentos

Dois experimentos foram conduzidos a nível de campo na safra 2022/23, em áreas de produção agrícola, pertencentes a Reserva Privada de Desenvolvimento Sustentável - Legado Verdes do Cerrado, localizada no município de Niquelândia, Goiás (Latitude: 14° 28' 26" S, longitude: 48° 27' 35" W e altitude: 583 m). O clima da região é tropical, com estação seca no inverno (Aw), regime pluviométrico anual de 1.800 mm e temperatura média anual de 25,4 °C de (Alvares et al., 2014). A pluviometria mensal no período de condução dos ensaios é apresentada na Figura 1.

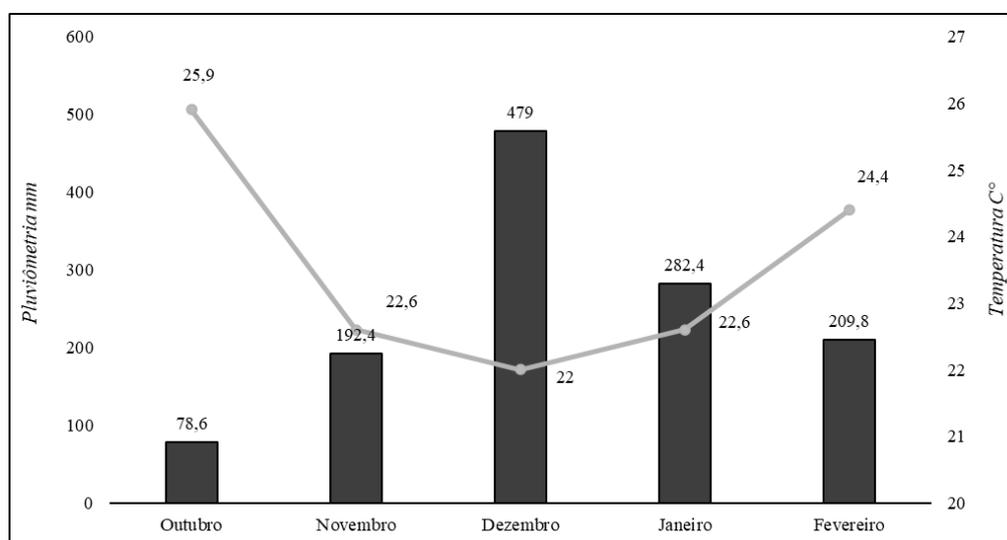


Figura 1. Dados meteorológicos de pluviometria (mm) e temperatura média (C°) no período de condução dos dois ensaios (outubro 2022 a fevereiro 2023). Fonte: (Estação Agrosmart CBA).

3.2. Experimento 1: Tratamento de sementes

O experimento 1 consistiu no tratamento das sementes em pré-plantio. As sementes foram separadas, pesadas e tratadas no período da manhã e o plantio manual foi executado no período da tarde. Foram plantadas três sementes a cada metro, visando uma população de 60.000 plantas ha⁻¹. O peso de mil sementes (PMS) foi de 340 gramas. Nesse caso, cada tratamento recebeu 150 sementes, perfazendo um total de 50 gramas de sementes por tratamento. Para um tratamento de sementes homogêneo, foram pesadas e tratadas 200 gramas de sementes por tratamento. As sementes pesadas foram acondicionadas em sacos plásticos pré-identificados.

Visando facilitar a distribuição e homogeneidade da amostra, os bioinsumos na forma de pó foram diluídos em 1,0 mL de água. Para cada tratamento, o cálculo foi feito considerando a recomendação de acordo a bula para cada bioinsumo em ha^{-1} . Foi feita a agitação manual no período de 1 minuto em movimentos circulares para cobertura homogênea das sementes com os bioinsumos (HUNGRIA, NOGUEIRA, ARAUJO, 2015).

As parcelas foram delineadas e identificadas com barbantes e estacas após a passagem da plantadeira com o objetivo de riscar as linhas e adubar simultaneamente. O espaçamento entre linhas foi de 0,50 cm. As sementes foram depositadas ao solo a 4 cm de profundidade. Vinte dias antes do plantio, foram distribuídos 170 kg ha^{-1} de potássio. No dia do plantio ocorreu a adubação com 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 no sulco de plantio. Trinta dias após o plantio foi feita a adubação de cobertura com 250 kg ha^{-1} de nitrogênio em toda a área.

3.3. Experimento 2: Pulverização sobre plântulas

No experimento 2 foi feita a pulverização dos bioinsumos sobre as plântulas de milho com os microrganismos apresentados na Tabela 1. Destaca-se que a adubação antecipada, de plantio e de cobertura foi a mesma do experimento 1. Os bioinsumos foram diluídos em água e pulverizados após a emergência das plantas aos 10 dias após o plantio (DAP). Os produtos foram separados e pesados no campo. No local, a dosagem foi feita diretamente na bomba e o bico utilizado foi tipo leque cor vermelha ($1,31$ a $1,85 \text{ L min}^{-1}$) com faixa de trabalho entre 30 e 60 PSI e ângulo de 110° . O tanque possui capacidade de 20 litros de água, e a dosagem foi feita somente em 10 L, quantidade necessária as três parcelas de cada tratamento. A bomba foi regulada para vazão de 100 L ha^{-1} .

Antes da pulverização, a bomba foi regulada e a vazão ajustada. Foi usada uma área de 50 m^2 e, ao pulverizar, foi gasto 1,5 litros de água. Em seguida, calculou-se esse valor para 10.000 m^2 , resultando em 300 L ha^{-1} de calda. Após encontrar esse dado, foi feito o ajuste manual do bico junto à velocidade do passo do aplicador até regular a uma vazão de 100 L ha^{-1} . Após regulagem e dosagem, o produto foi aplicado nas linhas (planta e solo) das parcelas de acordo com a velocidade e vazão pré-regulada. A cada aplicação, a bomba era lavada com água e sabão.

3.4. Tratamentos

Os tratamentos, com suas respectivas concentrações, nomes comerciais e doses recomendadas, usados em ambos os ensaios, são descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos dois ensaios de desempenho agrônomo e fitossanitário do milho sob uso de bioinsumos.

Tratamentos	Concentração *	Nome comercial	L Kg ha ⁻¹
1. Testemunha	Água	Água	-
2. <i>Rhizophagus intraradices</i>	167.000	Rootella®	0,015
3. <i>Bacillus thuringiensis</i>	1,0 x 10 ⁹	Crystal®	1
4. <i>Azospirillum brasilense</i>	5 x 10 ⁸	Azos®	0,1
5. <i>Trichoderma harzianum</i>	2,0 x 10 ⁹	Trichodermil®	1
6. <i>Bacillus subtilis</i>	3,0 x 10 ⁹	Rizos®	0,08
7. <i>Metharrizium anisopliae</i>	5 x 10 ⁹	Opala®	1
8. Fipronil + fludioxonil	250 x 25	Fipronil 250® + Maxim®	0,04

* ² Propágulos viáveis, ^{3 a 7} Conídios viáveis, ⁸ Gramas/litro

O híbrido de milho utilizado nos dois ensaios foi o 360 PRO 3 (sem tratamento industrial), sendo esse bastante cultivado na região por apresentar alto teto produtivo, ciclo precoce, maturidade relativa de 136 dias e PMS de 394g. Entretanto, na região possui suscetibilidade aos danos causados por *D. maidis*.

3.5. Delineamento experimental

Os dois ensaios (tratamento de sementes e pulverização) foram montados num delineamento em blocos ao acaso, perfazendo oito tratamentos com três repetições cada. As medidas de cada unidade experimental foram de 3 m de comprimento x 2,5 m de largura, num total de 5 linhas plantadas por parcela. Entre cada parcela e bloco, separou-se o espaço de 0,5 m para facilitar as avaliações e movimentações necessárias (Figura 2).

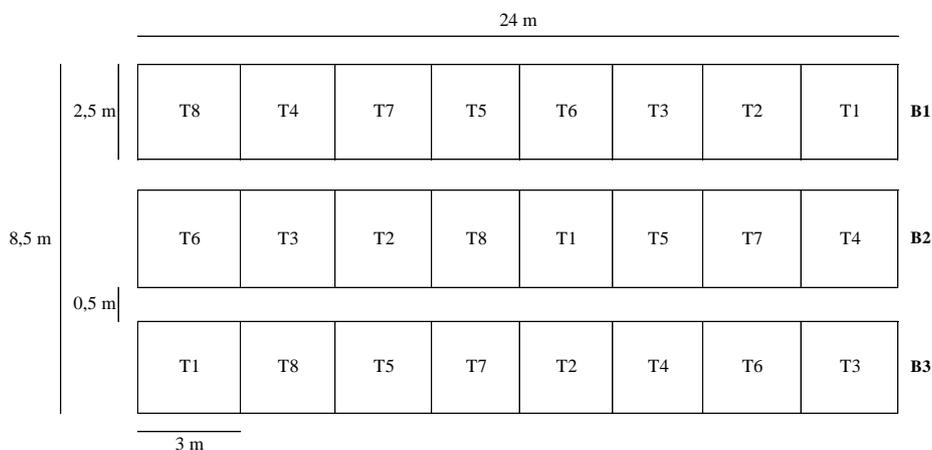


Figura 2. Delineamento em blocos casualizados dos dois ensaios.

3.6. Avaliações

Foram feitas avaliações de caracteres produtivos e fitossanitários, considerando, das cinco linhas plantadas, as três linhas centrais. As avaliações foram feitas visualmente no período da manhã. Foram avaliados em cada ensaio:

1. Número total de plantas em cada parcela.
2. Adultos de cigarrinhas *D. maidis* aos 10, 20 e 40 DAP (dias após plantio).
3. Plantas com sintoma de MRFV *Maize rayado fino virus* e severidade (Tabela 2), aos 20 e 40 DAP.
4. Plantas com sintomas de enfezamento e severidade nas plantas que já apresentavam MRFV (Tabela 2) aos 80 e 100 DAP.

Ao quantificar o número de plantas com sintomas, foi calculada a porcentagem (%) de plantas doentes em relação ao número total de plantas das três linhas principais da parcela. Após avaliação da severidade de *Maize rayado fino vírus* e de enfezamento foi estimada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) proposta por Shanner & Finley (1977), utilizada para observar a progressão de uma epidemia. Para calcular, foi dividido o valor da área abaixo da curva de progresso da doença pelo tempo total de duração ($t_n - t_1$).

Tabela 2. Escala de notas para avaliação de enfezamentos no milho.

Escala de notas	Descrição
0	Plantas assintomáticas
1	Sintomas em 1 folha da planta
2	Sintomas em até 25% da planta
3	Sintomas em 25 - 50 % da planta
4	Sintomas em 50 - 75 % da planta
5	Sintomas em mais de 75 % da planta
6	Sintomas em mais de 75 % multiespigamento, perfilhamento, redução de porte, tombamento

Fonte. Adaptada dos dados de Silva et al. (2002).

Os caracteres da planta avaliados no estágio de grão leitoso conforme (CALONEGO et al. 2011) foram:

1. Diâmetro do colmo no 2º internódio, utilizando-se de paquímetro graduado.
2. Altura de inserção da 1ª espiga, utilizando se de fita métrica, medindo do início da espiga ao solo.

Os caracteres produtivos avaliados por ocasião da colheita, conforme (CALONEGO et al. 2011), foram:

1. Comprimento da espiga com uso de régua.
2. Diâmetro da espiga com uso de paquímetro.
3. Peso de 1000 grãos.
4. Produtividade kg ha^{-1} a partir do peso dos grãos extraídos das espigas coletadas nas três linhas de principais de cada parcela. Para estimativa, a população de plantas ha^{-1} foi ajustada de acordo com as plantas emergidas de cada unidade.

3.7. Análise dos dados

Os dados de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foram calculados conforme a fórmula de Shanner & Finley (1977) onde: $\text{AACPD} = \sum [(Y_i - Y_{i+1}) / 2 \times (T_{i+1} - T_i)]$, em que: Y_i = Proporção da doença na i -ésima observação; T_i = tempo (dias) na i -ésima observação e; N = número total de observações.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos dados coletados de cada experimento foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com auxílio do software R Studio (Rstudio, 2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio tratamento de sementes

Os números de adultos de *D. maidis* (Figura 3) foram quantificados aos 10, 20 e 40 DAP (dias após plantio). É importante ressaltar que nas avaliações houve presença semelhante de *D. maidis* em todos os tratamentos, fator que é interessante a esse trabalho pela possibilidade de obter infecção mais homogênea por *Maize rayado fino vírus* (MRFV) e do complexo de enfezamentos nas plantas hospedeiras. As médias gerais apresentadas foram de 87 adultos por tratamento aos 10 DAP, 115 aos 20 DAP e 84 aos 40 DAP. Não houve diferença entre tratamentos.

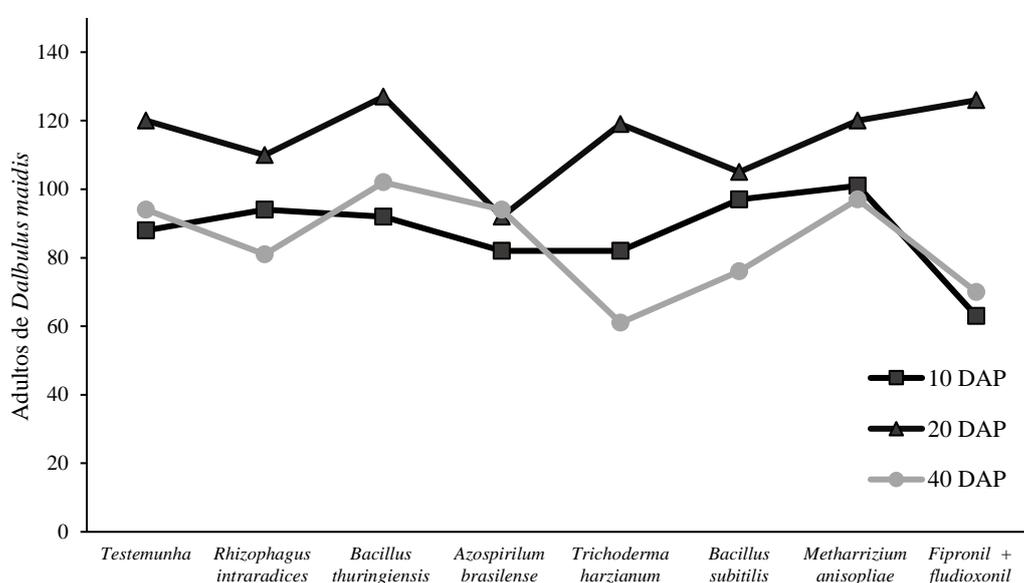


Figura 3. Flutuação populacional de *D. maidis* aos 10, 20 e 40 DAP (dias após plantio) nas plantas de milho sob tratamento de sementes com bioinsumos.

Foram coletados os dados de avaliação dos sintomas de *Maize rayado fino vírus* (MRFV) aos 20 e 40 DAP, respectivamente. A partir desses dados, verificou-se que aos 20 DAP os tratamentos com bioinsumos se diferem da testemunha, dentre esses destacam-se os tratamentos com FMA (fungo micorrízico arbuscular) *Rhizopagus intraradices*, *Trichoderma harzianum* e químico (fipronil + fludioxonil) com 0%, 8% e 1% de plantas com sintomas respectivamente. Fato interessante ocorreu no tratamento com FMA (fungo micorrízico arbuscular) *Rhizopagus intraradices*, onde de 81 plantas avaliadas, 0% de plantas apresentaram MRFV enquanto a testemunha de 79 plantas, 14% estavam sintomáticas.

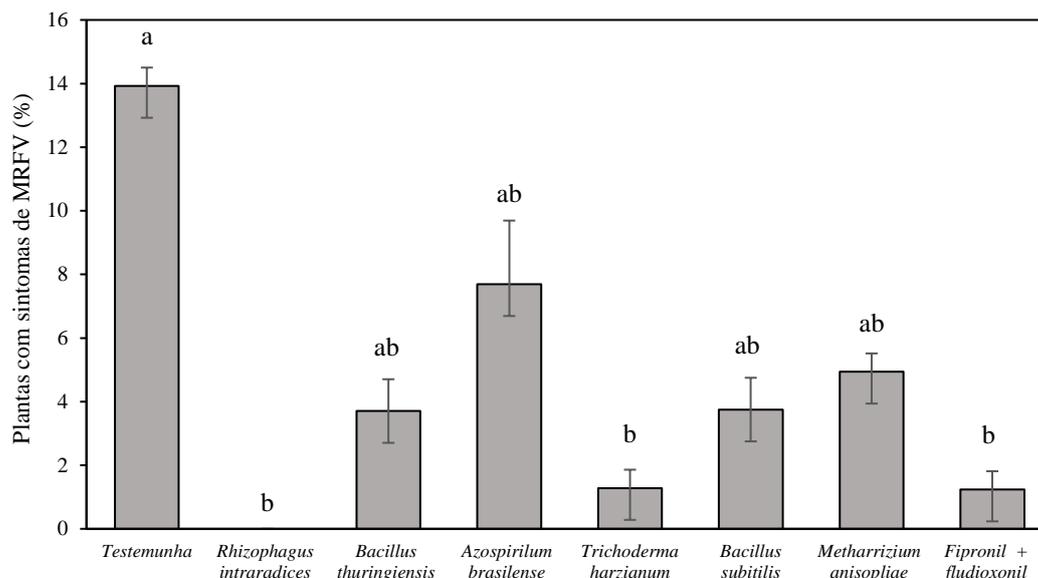


Figura 4. Porcentagem de plantas de milho aos 20 DAP (dias após plantio) com sintomas de MRFV *Maize rayado fino vírus* sob tratamento de sementes com bioinsumos. *Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Aos 40 DAP (Figura 5), houve aumento no número de plantas com sintomas em todos os tratamentos, inclusive o tratamento com o FMA, chegando a 17%. Todos os tratamentos com bioinsumos diferiram da testemunha, nisso *B. thuringiensis*, *T. harzianum* e *M. anisopliae* são iguais, resultando em valores de 15%, 17% e 16% de plantas sintomáticas, respectivamente, enquanto a testemunha apresentou 33%.

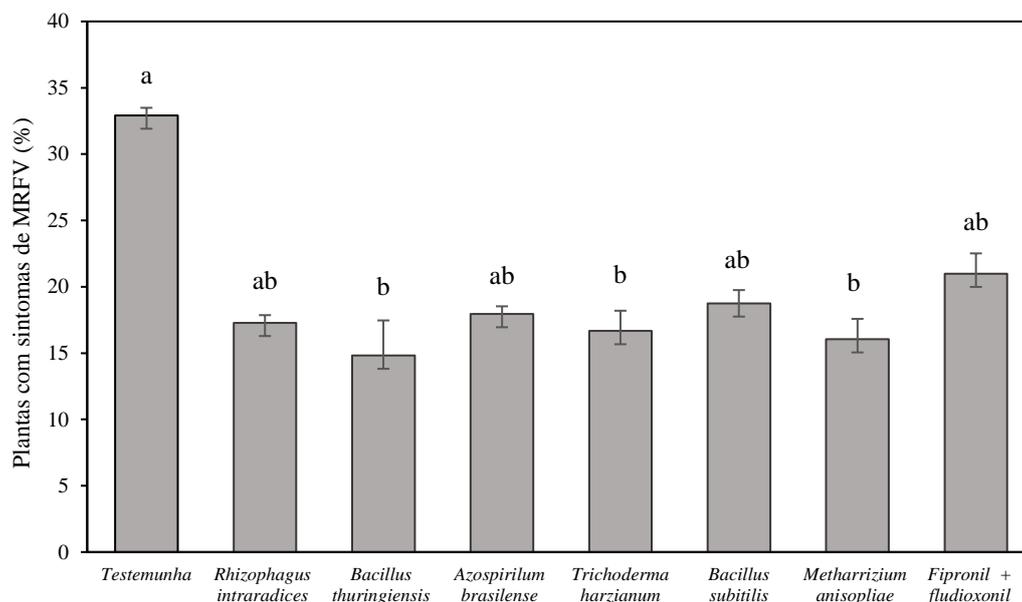


Figura 5. Porcentagem de plantas de milho com sintomas de MRFV *Maize rayado fino vírus* aos 40 DAP (dias após plantio) sob tratamento de sementes com bioinsumos. * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Destaca-se que uma das muitas funções resultantes da associação de FMA e plantas está relacionada aos mecanismos de tolerância a doenças (LIU et al., 2007). Jacott et al., (2017) explicam que a partir dessa interação, plantas conseguem resistir ao ataque de patógenos, resultado do acionamento de mecanismos indutores que estimulam a produção de fitohormônios como o ácido jasmônico e ácido salicílico, além de compostos fenólicos, glucanases e enzimas quitinolíticas. Diagne et al. (2020) também mostram que em plantas sob estresse patogênico, os FMA podem induzir a resistência sistêmica. No trabalho de Spagnoletti et al. (2020), ocorreu redução significativa dos danos resultantes da podridão radicular do carvão na soja causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* a partir da inoculação com o FMA *Rhizophagus intraradices*.

Dentre os bioinsumos utilizados, o tratamento com *T. harzianum* nas duas avaliações (20 e 40 DAP) mostrou-se diferente da testemunha, apresentando número reduzido de plantas com sintomas do MRFV. Efeitos positivos no biocontrole de doenças com uso de *Trichoderma* são estudados há muitos anos. Num trabalho de Meyer et al. (1998), os autores observaram que plantas de tomate, alface, pimentão, feijão e fumo tratadas com *T. harzianum* (isolado T39) resistiram aos danos causados pelo fungo *Botrytis cinerea*. Silva et al. (2012) também evidenciaram efeito positivo resultante da aplicação de *Trichoderma* no solo. Os autores destacam que a resistência sistêmica foi visualizada na parte aérea de plantas de pepineiro, e os sintomas da antracnose causados por *Colletotrichum lagenarium* foram minimizados. De forma positiva, El-Sharkawy et al. (2018) constataram redução da severidade da ferrugem do trigo, causada por *Puccinia graminis* f.sp. tritici a partir da associação de FMA e *Trichoderma* spp, além da redução da severidade da doença, os autores observaram o aumento nas atividades enzimáticas da peroxidase, polifenol oxidase e nos conteúdos fenólicos.

Aos 80 e 100 DAP avaliaram-se plantas com enfezamento nas plantas inicialmente com sintomas iniciais de MRFV (Figuras 6 e 7). Os tratamentos com bioinsumos e químico (Fipronil + fludioxonil) diferiram da testemunha, apresentando menores sintomas. Aos 80 DAP o tratamento com *R. intraradices* se mostrou notoriamente positivo, com apenas 4% de plantas com sintomas do complexo de enfezamento de 14 plantas que estavam com MRFV, enquanto a testemunha de 26 plantas com MRFV 30% apresentaram enfezamento. Fato que destaca o tratamento com *R. intraradices* que anteriormente na avaliação de sintomas de MRFV aos 20 DAP foi diferente da testemunha e mesmo estando sob presença e alimentação de *D. maidis*, de 81 plantas avaliadas, nenhuma apresentou sintomas. Mediante a avaliação, observa-se que aos 80 DAP houve menor progressão da doença quando relacionada aos demais tratamentos. O

mesmo ocorreu na avaliação aos 100 DAP (Figura 7), não ocorrendo aumento significativo da patogenicidade em plantas tratadas com *R. intraradices* mantendo somente os 4%.

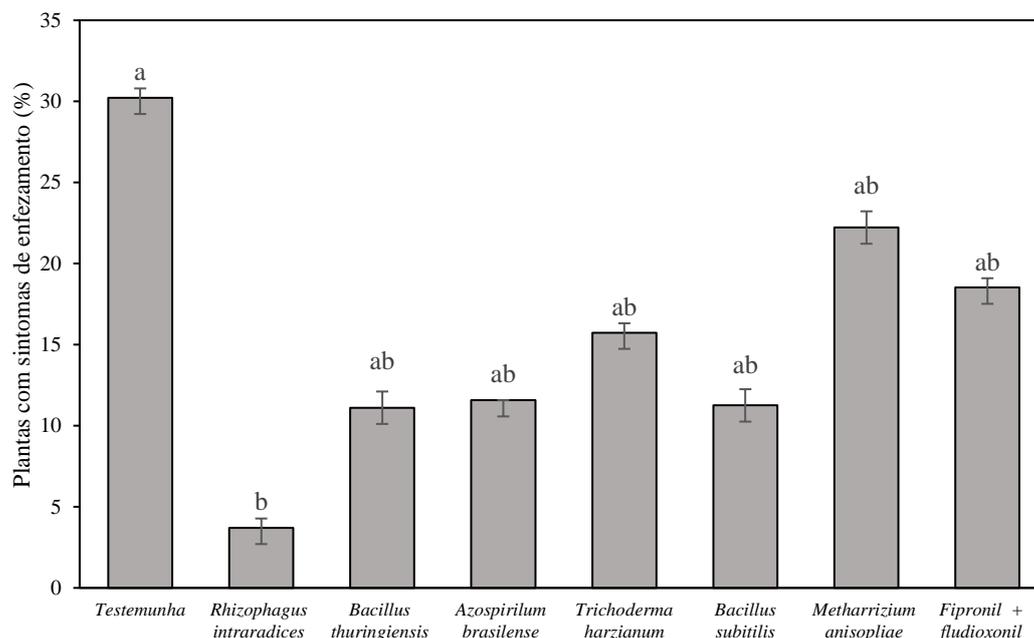


Figura 6. Porcentagem de plantas de milho sob tratamento de sementes com bioinsumos apresentando sintomas do complexo de enfezamento aos 80 DAP (dias após plantio). * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

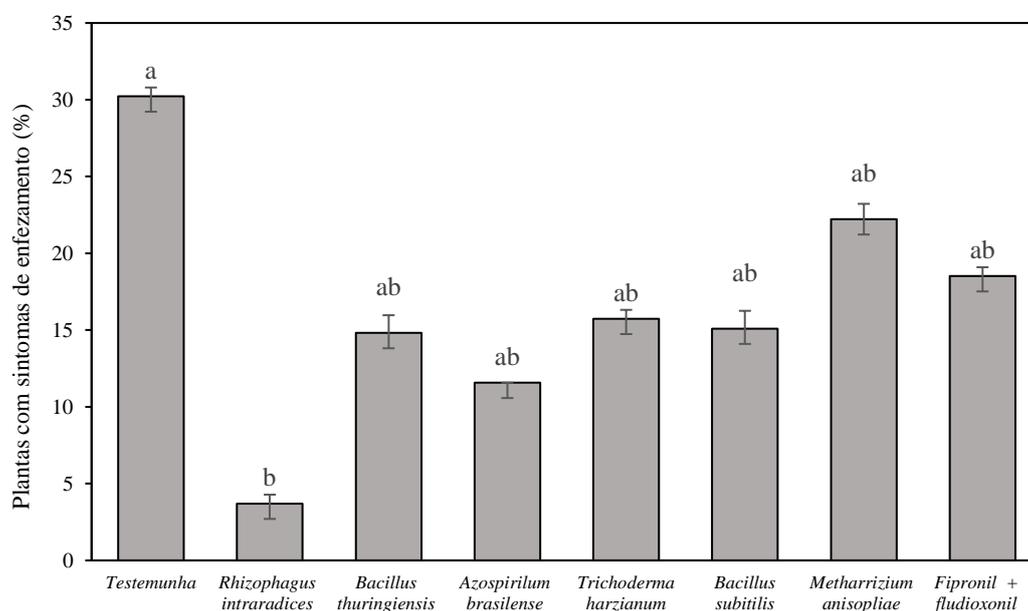


Figura 7. Porcentagem de plantas de milho sob tratamento de sementes com bioinsumos apresentando sintomas do complexo de enfezamento aos 100 DAP (dias após plantio). * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Com os dados de severidade dos sintomas de MRFV e enfezamento coletados, seguiram-se os cálculos de área abaixo da curva de progresso da doença. Menor progressão dos

sintomas transmitidos ocorreu nos tratamentos com bioinsumos e químico, nisso os tratamentos com bacillus foram iguais. Vale destacar que, confirmando a avaliação anterior, o tratamento com o FMA *R. intraradices* apresentou a menor progressão das doenças transmitidas por *D. maidis* (Figura 8). Wang et al. (2017) observaram que a presença de FMA elevou a resistência contra a infecção do patógeno *Cladosporium fulvum* no cultivo da batata. Miozzi et al. (2020) também verificaram o efeito positivo da colonização de FMA da espécie *Funneliformis mosseaena* sobre a infecção viral em plantas de tomate causada pelo vírus do mosaico do pepino (CMV). As avaliações dos autores indicam que a partir da ocorrência de uma simbiose funcional os sintomas foram limitados, e que a partir dessa simbiose ocorreu o acréscimo de ácido salicílico, além da modulação de genes que limitaram o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, denominado de efeito priming (alerta). Steinkellner et al. (2012) e Fierro-Coronado et al. (2013) mostraram que após a coinoculação de tomateiros com *Rizhophagus* e *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* ocorreu menor infecção da doença nas plantas, destacando assim o efeito bioprotetor do FMA contra o patógeno.

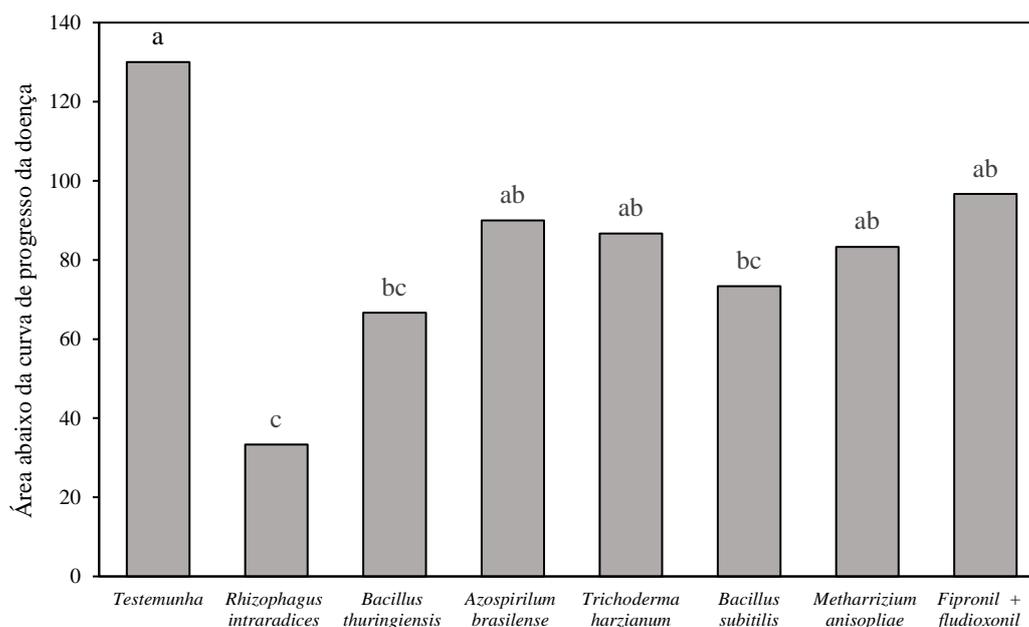


Figura 8. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) das doenças transmitidas por *D. maidis* aos 20, 40, 80, 100 dias após plantio do milho sob tratamento de sementes com bioinsumos. * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Tabela 3 mostra os dados com caracteres de desenvolvimento e rendimento da cultura. Foram verificados que, em ambos os tratamentos, o diâmetro do colmo, a altura de inserção da 1ª espiga, o comprimento e o diâmetro da espiga não se diferem. Entretanto, Hussain et al. (2020) evidenciaram que após a aplicação de Fungos micorrízicos a partir de diferentes

métodos, as plantas de milho apresentaram melhores características morfofisiológicas, contribuindo positivamente para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Excelentes valores de rendimento em kg ha⁻¹ são mostrados nos tratamentos com *B. thuringiensis* e *T. harzianum*, apresentando números de 4.294,8 kg ha⁻¹ e 4.265,19 kg ha⁻¹, respectivamente, todavia, o tratamento com *R. intraradices* se destaca entre os demais com 4.891,11 kg ha⁻¹ perfazendo 81 sacas ha⁻¹. Resultados significativos também foram encontrados por Li et al. (2013) que verificaram que a inoculação de plantas de milho com FMA favoreceu o aumento da biomassa da parte aérea e da raiz, além de aumentar a absorção de nitrogênio e fósforo. É citado que a inoculação com o FMA *R. intraradices* estimulou a colonização das raízes e a produção de milho. Também Stoffel (2019) evidenciou em seu estudo que a inoculação a partir deste FMA contribuiu para o crescimento de algodão, cana-de-açúcar, girassol e milho, além de proporcionar maior absorção de P.

Tabela 3. Diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da 1ª espiga (AE), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade avaliados no ensaio com uso de bioinsumos via tratamento de sementes.

Tratamentos	DC	AE	CE	DE	PMG	Produtividade	
	cm				g	kg ha ⁻¹	sc ha ⁻¹
Testemunha	17,45 a	103,40 a	16,75 a	3,86 a	216,67	3.042,99 c	50,72
<i>R. intraradices</i>	18,35 a	102,66 a	17,79 a	4,12 a	273,33	4.891,11 a	81,52
<i>B. thuringiensis</i>	19,09 a	104,30 a	17,95 a	4,15 a	233,33	4.294,81 b	71,58
<i>A. brasilense</i>	19,03 a	103,58 a	17,32 a	4,01 a	223,33	3.119,35 c	51,99
<i>T. harzianum</i>	18,03 a	103,32 a	17,56 a	4,20 a	256,67	4.265,18 b	71,09
<i>B. subtilis</i>	17,03 a	103,29 a	17,62 a	3,74 a	223,33	2.349,31 d	39,16
<i>M. anisopliae</i>	18,84 a	103,30 a	18,98 a	4,18 a	240,00	3.059,25 c	50,99
Fipronil + fludioxonil	19,48 a	102,98 a	18,05 a	4,24 a	216,67	3.874,07 b	64,57
CV%	4,95	1,33	6,95	5,43	-	3,22	-

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Sabe-se que as plantas de milho são classificadas como não dependentes por conseguirem produzir e completar todo seu ciclo sem associação com os FMA. No entanto, melhores resultados foram obtidos mediante a associação (CAVALCANTE et al., 2009). O filo Glomeromycota tem os FMA como representantes de destaque pela capacidade que possuem de modificar o sistema radicular e promover o desenvolvimento de espécies vegetais. Entende-se que a interação do sistema radicular com as estruturas dos FMA são fundamentais para a dinâmica do sistema solo-planta devido ao acréscimo na eficiência da absorção de nutrientes (CARDOSO; ANDREOTE, 2016; POWELL; BAGYARAJ, 2018). Estima-se que os FMA contribuem na absorção de nutrientes pelas plantas em acréscimos de até 80% de P, 60% de Cu,

25% de N, 25% de Zn e 10% de K (MARSCHNER; DELL, 1994). Diante dos FMA estudados, *R. intraradices* é uma espécie que tem a capacidade de produzir esporos nas raízes (INVAM, 2021), o que favorece a absorção de todos os nutrientes (BONFANTE & GENRE, 2010).

4.2. Ensaio pulverização sobre plântulas

Os números de adultos de *D. maidis* no ensaio com bioinsumos pulverizados também foram quantificados aos 10, 20 e 40 DAP (dias após pulverização). Aos 20 DAP os valores médios são de 31 adultos/tratamento quantificados. Aos 10 e 40 dias, as médias foram de 24 e 16 adultos, respectivamente. Nesse ensaio, as populações de cigarrinha foram menores nas três avaliações quando relacionadas com o ensaio de tratamento de sementes. Isso pode ser explicado pela localização. Todavia, a população se mostrou homogênea e sem diferença entre tratamentos, facilitando assim a coesão dos dados coletados de plantas com sintomas de MRFV e enfezamento nas unidades.

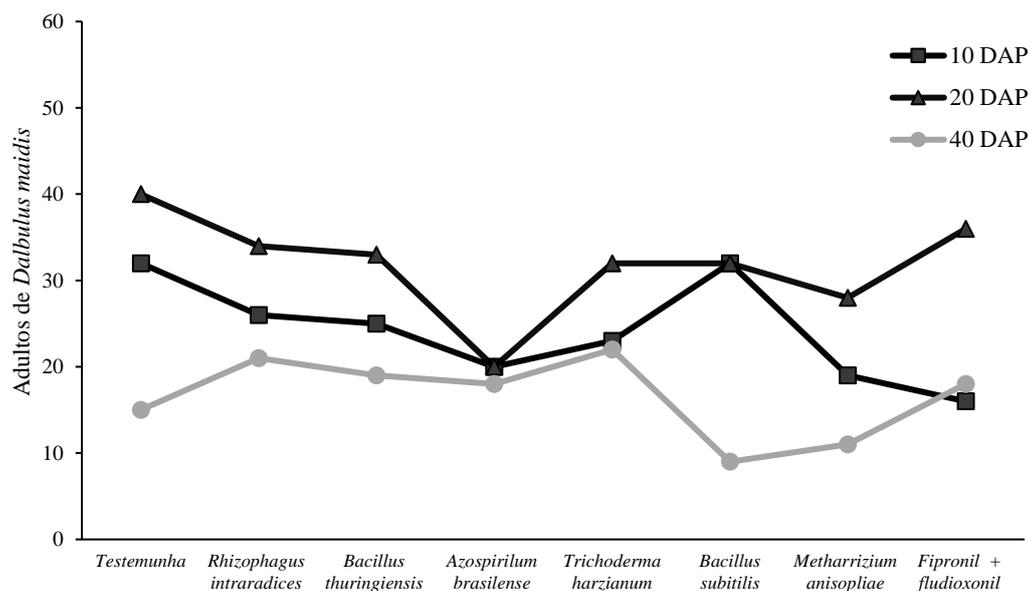


Figura 9. Flutuação populacional de *D. maidis* aos 10, 20 e 40 DAP (dias após plantio) nas plantas de milho pulverizadas com bioinsumos na emergência.

Os sintomas de MRFV não se diferem da testemunha no ensaio com bioinsumos pulverizados aos 20 e 40 DAP (Figuras 10 e 11).

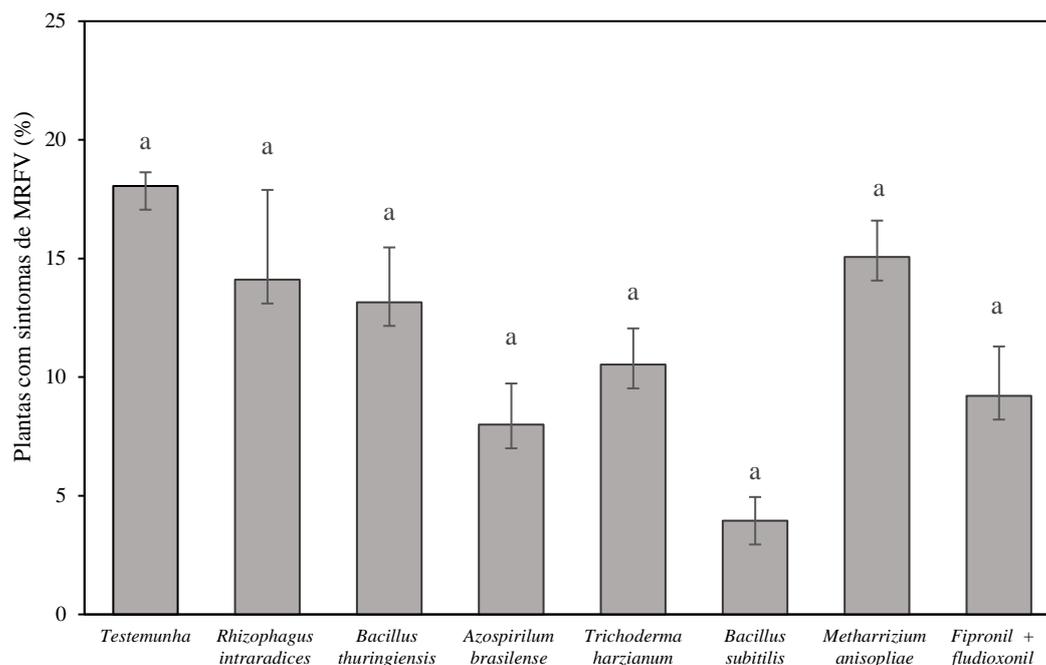


Figura 10. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas com bioinsumos aos 10 DAP (dias após plantio) com sintomas de MRFV *Maize rayado fino vírus* aos 20 DAP. * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

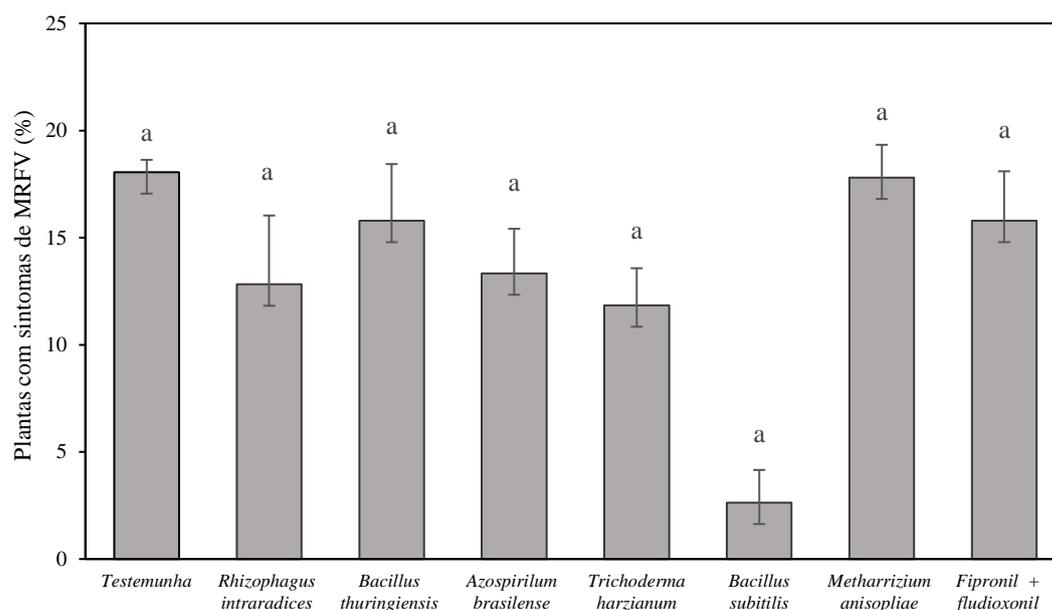


Figura 11. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas com bioinsumos aos 10 DAP (dias após plantio) com sintomas de MRFV *Maize rayado fino vírus* aos 40 DAP. * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ao avaliar plantas com sintomas de enfezamento aos 80 DAP, os tratamentos com *A. brasilense* e *B. subtilis* se destacam, sendo que das 7 e 5 plantas com sintomas de MRFV, respectivamente, aos 40 DAP, nenhuma apresentou sintomas de enfezamento, em contrapartida, na testemunha 21% de enfezamento ocorreu nas 13 plantas com MRFV antes avaliadas (Figuras 12 e 13).

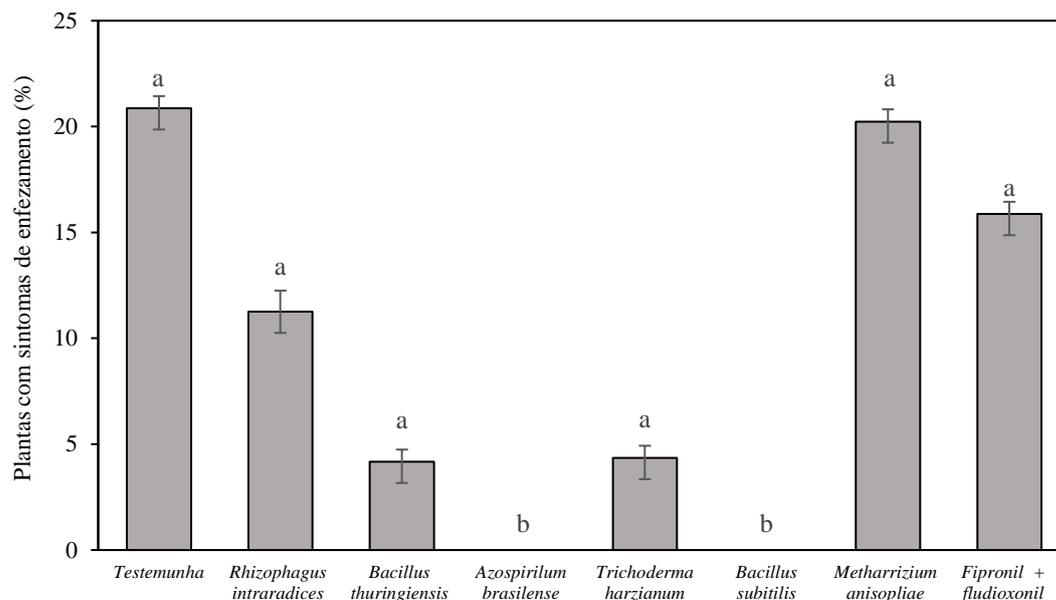


Figura 12. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas aos 10 DAP (dias após plantio) com bioinsumos, apresentando sintomas de enfezamento aos 80 DAP (dias após plantio). * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Aos 100 dias, os tratamentos com o uso de bioinsumos e químico diferem da testemunha. Vale enfatizar que o tratamento com *A. brasilense* continua com nenhuma planta com sintomas de enfezamento vermelho, sendo assim diferente dos demais. Em contrapartida, a testemunha apresenta 25% de plantas com sintomas.

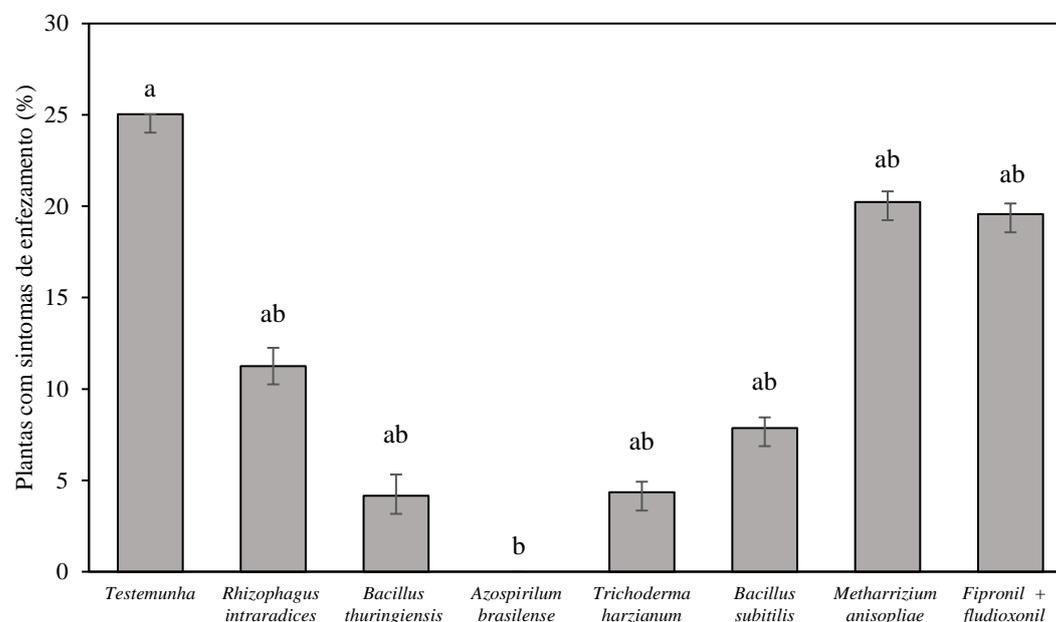


Figura 13. Porcentagem de plantas de milho pulverizadas aos 10 DAP (dias após plantio) com bioinsumos, apresentando sintomas de enfezamento aos 100 DAP (dias após plantio). * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A curva de progresso da doença (AACPD) (Figura 14) confirma os resultados acima. O tratamento com *A. brasilense* apresentou, nas duas avaliações, menor progressão do complexo de doenças transmitidas por *D. maidis*. Vale ressaltar que os tratamentos com bioinsumos e químico também diferem da testemunha.

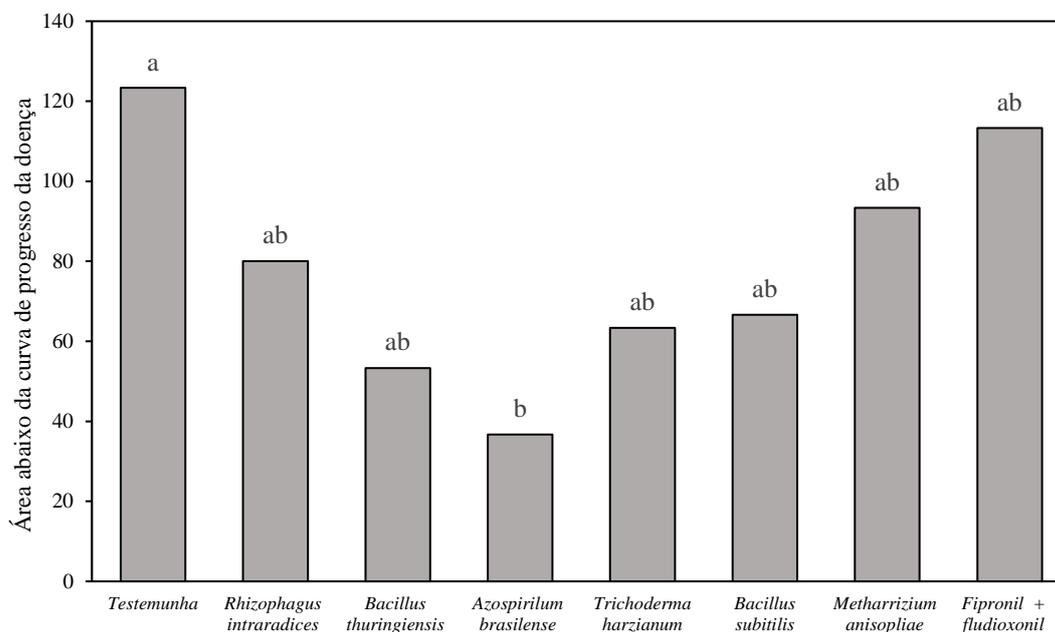


Figura 14. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) das doenças transmitidas por *D. maidis* aos 20, 40, 80 e 100 dias após plantio do milho pulverizado com bioinsumos aos 10 DAP. * Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Bactérias do gênero *Azospirillum* são normalmente utilizadas em inoculação de sementes de milho ou diretamente nas raízes, e os resultados são significativos em absorção de nutrientes e produtividade. Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito desse microrganismo em pulverização, nisso, alguns estudos vêm sendo desenvolvidos visando novas formas de aplicação (OLIVARES et al., 2015). Inclusive, após a inoculação de plantas de trigo com bactérias do gênero *Azospirillum* ocorreu a redução da severidade dos sintomas da infecção pelo *Barley Yellow DV Virus* (AL-ANI et al., 2011). *A. brasilense* tem potência de colonizar tecidos foliares de culturas de interesse econômico, como o milho (FUKAMI et al., 2016). Mehmood (2021) verificou o controle de *Alternaria solani* em folhas de batata, a partir do tratamento com *Azospirillum lipoferum*, foi observada a redução da morte celular pela atividade de enzimas relacionadas à resistência, como defesa ao ataque do patógeno, houve um aumento nos níveis de ácido salicílico. Resultados interessantes também foram encontrados por Viejobueno et al., (2021) onde cepas de *A. brasilense*, isoladas de morangueiro e petúnia, foram utilizadas para controle do patógeno *Macrophomina phaseolina* tanto in vitro como in vivo, os autores mostram que melhores resultados ocorreram nas plantas in vivo.

Quanto aos caracteres de produtividade, os tratamentos com bioinsumos e químico diferem da testemunha, apresentando melhores resultados em kg ha⁻¹. Vale enfatizar que nesse ensaio os valores foram maiores em relação ao ensaio de tratamento de sementes (Tabela 4). Isso pode ser explicado pela menor população de *D. maidis* encontrada. Waquil (1997) observou que, numa densidade de 10 adultos por planta, ocorreu a redução de 40% do peso seco da parte aérea e 62% do sistema radicular em plântulas de milho infestadas com *D. maidis*. As perdas na produção decorrentes do ataque de *D. maidis* podem chegar em até 70% (EMBRAPA, 2017).

Tabela 4. Diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da 1ª espiga (AE), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade avaliados no ensaio com uso de bioinsumos via pulverização.

Tratamentos	DC	AE	CE	DE	PMG	Produtividade	
	cm				g	kg ha ⁻¹	sc ha ⁻¹
Testemunha	17,11 a	103,87 a	18,11 a	4,91 a	256,67	5.890,80 b	98,18
<i>R. intraradices</i>	19,68 a	103,74 a	18,52 a	4,90 a	283,33	6.115,20 ab	101,92
<i>B. thuringiensis</i>	18,65 a	104,28 a	19,03 a	5,09 a	273,33	8.160,133 a	136,00
<i>A. brasilense</i>	18,89 a	104,52 a	19,60 a	4,92 a	283,33	7.674,23 ab	127,90
<i>T. harzianum</i>	18,57 a	103,09 a	18,35 a	4,92 a	270,00	7.394,94 ab	123,25
<i>B. subtilis</i>	18,66 a	104,59 a	18,16 a	4,93 a	280,00	7.168,09 ab	119,47
<i>M. anisopliae</i>	18,74 a	103,48 a	17,71 a	4,88 a	266,67	6.507,98 ab	108,47
Fipronil + fludioxonil	18,19 a	102,98 a	18,69 a	4,94 a	253,33	7.413,07 ab	123,55
CV%	7,33	1,78	4,5	2,15	-	9,22	-

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Dentre os resultados apresentados, um fator interessante ocorre no tratamento com *A. brasilense* que apresentou menor progressão dos sintomas transmitidos por *D. maidis* e uma produtividade de 7.675,24 kg ha⁻¹. Fukami (2016) testou vários métodos (foliar e em sulco de cultivo) em inoculação com diferentes cepas de *A. brasilense*, nos cultivos de milho e trigo, tanto em casa de vegetação como no campo. O autor verificou benefícios no crescimento da planta e na produtividade a partir desses métodos.

O tratamento com *B. thurgiensis* que anteriormente estava com 12 plantas apresentando sintomas de MRFV e 8% com complexo de enfezamento em 25% da planta, apresentou o melhor resultado produtivo, com 8.160 kg ha⁻¹. Monnerat et al., (2003) verificaram diversos benefícios em plantas de algodão com *B. thurgiensis* isolados ao solo e ressaltaram que a bactéria tem a capacidade de proliferar-se no interior da planta, com aspecto endofítico. Outro exemplo foi descrito por Cia (2005) que observou que após o uso de *B. thurgiensis* aplicado 24 horas antes da inoculação com *Colletotrichum gloeosporioides*, (agente causal da

antracnose), ocorreu menor severidade e incidência da doença, entretanto, o tratamento não atuou diretamente sobre o crescimento micelial e a germinação de conídios do patógeno, foi observado que o efeito positivo pode estar relacionado à indução de resistência na planta, ativada pela bactéria.

A partir da observação visual dos sintomas do complexo de enfezamento encontrados nos dois ensaios, 80% da ocorrência tem como agente causal o fitoplasma *Maize bushy stuntphytoplasma* (enfezamento vermelho). Outro fator interessante é observado a partir da diferença populacional de adultos nos dois ensaios (Figuras 3 e 9). Aos 10 DAP quantificou-se o total de 699 adultos no ensaio sob tratamento de sementes e somente 193 no ensaio pulverizado, variação que se repetiu nas demais avaliações. Aos 20 DAP (919 adultos no ensaio tratamento de sementes a 255 no ensaio pulverizado) e aos 40 DAP (675 adultos no ensaio tratamento de sementes a 133 no ensaio pulverizado), por mais que no ensaio com plantas pulverizadas a população de adultos foi menor, a % de ocorrência simultânea do MRFV + molicutes nos dois ensaios são iguais. No ensaio com tratamento de sementes, de 639 plantas avaliadas, 124 apresentaram MRFV, dessas, 35 estavam com sintomas de enfezamento (28%), já no ensaio pulverizado, de 602 plantas avaliadas, 81 apresentaram MRFV e 23 tiveram os sintomas do complexo (28%). Podemos então a partir desses dados, entender que dos casos de MRFV, em 28% ocorreu a transmissão simultânea do complexo (MRFV + Molicutes).

CONCLUSÕES

1. Plantas sob tratamento de sementes com *Rizophagus intraradices* apresentaram menor progressão dos sintomas transmitidos por *Dalbulus maidis* e maior produtividade de grãos.
2. Plantas sob tratamento de sementes com *Trichoderma harzianum* apresentaram menor % de MRFV *Maize rayado fino vírus* nas duas avaliações realizadas e mesmo sob a presença do patógeno ocorreu satisfatório rendimento de grãos.
3. A pulverização das plantas na emergência com bioinsumos não diminuiu a incidência de MRFV, entretanto, no tratamento pulverizado com *Azospirillum brasilense*, houve menor progressão do complexo de doenças.
4. No tratamento pulverizado com *Bacillus Turginiensis* ocorreu maior produtividade de grãos sob sintomas do complexo de enfezamento.
5. Em relação à transmissão do complexo de enfezamento por *D. maidis*, a ocorrência simultânea MRFV + mollicutes pode ocorrer em 28% das plantas com sintomas iniciais de MRFV.

REFERÊNCIAS

- Agrios, G. N. 2005.** Plant pathology. San Diego: Academic Press. 5 ed. 2005. 922 p.
- AGROFIT, 2023.** Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Consulta de Praga/Doença.
- Ahmad, I., M. Jiménez-Gasco, M. del, D. S. Luthe, S. N. Shakeel, M. E. Barbercheck. 2020.** O *Metarhizium robertsii* endofítico promove o crescimento do milho, suprime o crescimento dos insetos e altera a expressão do gene de defesa das plantas. Biol. Controle, v. 114. doi: 10.1016/j.biocontrol.2019.104167.
- Ahmed, T., M. Shahid, M. Noman, S. Hussain, M. A. Khan, M. Zubair, M. Ismail, N. Manzoor, T. Shahzad, F. Mahmood. 2019.** Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biological Tools for Nutrient Management and Soil Sustainability. Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Agricultural Sustainability, p. 95-110.
- Aktar, W, D., A. Sengupta. 2009.** Impacto do uso de pesticidas na agricultura: seus benefícios e perigos. Toxicologia interdisciplinar.
- Al-Ani R.A., M.A. Adhab. M.A. El-Muadhidi, M.A Al-Fahad. 2011.** Induced systemic resistance and promotion of wheat and barley plants growth by biotic and non-biotic agents against *Barley yellow dwarf virus*. African Journal of Biotechnology. p.12079-12084
- Andrade, R.V de. 2009.** Importância e uso de Banco de Germoplasma de Milho para o Melhoramento Genético Vegetal–Milho. Uma História Brasileira do Milho, o Valor dos Recursos Genéticos. Brasília: Paralelo 15. p 79-84.
- Artursson, V., R. D. Finlay, J. K. Jansson, 2006.** Interações entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias e seu potencial para estimular o crescimento vegetal. Microbiologia ambiental, v. 8, p. 1-10.
- Atanasova, L., S. Le Crom, S. Gruber, F. Coupier, V. Seidl-Seiboth, C. P. Kubicek, I. S. Druzhinina. 2013.** Transcriptômica comparativa revela diferentes estratégias de micoparasitismo por *Trichoderma*. Genoma BMC. v. 14, 121p.

Avila, C.J. 2021. Cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. Embrapa Agropecuária Oeste. Edição 182, p. 8.

Bach, E.E, B.C, Barros, H. Kimati. 2003. Induced resistance against *Bipolaris bicolor*, *Bipolaris sorokiniana* e *Drechslera tritici-repentis* in wheat leaves by xantham gum and heat-inactivated conidial suspension. *Journal of Phytopathology*. v. 151, p. 411-418.

Balmer, E. Doenças do milho. In: **Galli, F. 1980.** Manual de fitopatologia doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 371-391.

Barbosa, J.Z., L. A. Roberto, M. Hungria, R. S. Corrêa, E. Magri, T. D. Correia. 2022. Meta-analysis of maize responses to *Azospirillum. brasilense* inoculation in Brazil: Benefits and lessons to improve inoculation efficiency. *Applied Soil Ecology*, v. 170.

Bombardi, L. M. 2017. Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia. São Paulo. 292p.

Bonaldo, S. M., S.F. Pascholati, R.D.S. Romeiro. 2005. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos.

Borges, L. A. C., J. L.P. Rezende, A.A. Pereira. 2009. Evolução da legislação ambiental no Brasil. *Revista Agronegócio e Meio Ambiente*, v.2, p. 447 - 466.

Bové, J. M., J. Renaudin, C. Saillard, X. Foissac, M. Garnier. 2003. Spiroplasma Citri, a plant pathogenic mollicute: Relationships with Its Two Hosts, the Plant and the Leafhopper Vector. *Annual Review of Phytopathology*, v. 41, n. 1, p. 483-500.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020. Bioinsumos.

Bravo, A., S. S. Gill, M. Soberón. 2007. Modo de ação das toxinas Cry e Cyt de *Bacillus thuringiensis* e seu potencial para controle de insetos. *Toxico* v. 49, p. 423-435.

Calonego, J. C., L. C Poletto, F.N. Domingues, C.S. Tiritan. 2011. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. *Agrarian*. p. 84-90.

Camargo, L. E. A & A. Bergamin Filho. 1995. Manual de fitopatologia: princípios e conceitos, 3 ed. São Paulo, Agronômica Ceres, p. 729- 758.

Cardoso, E. J. B. N.; Andreote, F. D. 2016. Microbiologia do solo. 2ª Edição. Piracicaba/SP: ESALQ.

Cardoso, I & T. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems & Environment. 116. p. 72-84.

Carneiro, A.A., C.H.S. Carvalho, N.P. Carneiro. 2000. Produção de plantas transgênicas de milho tropical via biobalística. Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.

Casanova-Sáez, R., E. Mateo-Bonmatí, K. Ljung. 2021. Metabolismo das auxinas nas plantas. Perspectivas de Cold Spring Harbor em Biologia. doi: 10.1101/cshperspect.a039867

Cassán, F & M. Diaz-Zorita. 2016. *Azospirillum ssp.* in current agriculture: From the laboratory to the field. Soil Biology and Biochemistry, v. 103, p. 117-130.

Castro, C.R., R. Garcia. 1996. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. Ciência Rural, v.26, p.167-174.

Cavalcante, U. M. T., T. B. Goto, L. C. Maia. 2009. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, v. 5 e 6, p.180-208.

Clemente, J.M., C. R. Cardoso, B. S. Vieira, I. M. Flor, R. L. Costa. 2016. Use of *Bacillus spp.* as growth promoter in carrot crop. African Journal of Agricultural Research. Johannesburg, v.11, p. 3355-3359.

Cota, L. V. Silva, D. D. da. Mendes, S. M. 2021. Manejo da cigarrinha e enfezamentos na cultura do milho. Cartilha Embrapa Milho e Sorgo.

CONAB Companhia Nacional de abastecimento. 2023. Informações agropecuárias análises do mercado agropecuário e extrativista análise regional do mercado agropecuário análise regional - análise março 2023, Brasília.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. 2021. Acompanhamento da safra brasileira, Safra 2021/22. 7º Levantamento, abril, Brasília.

Contreras-Cornejo, HÁ., L. Macías-Rodríguez, E. K. Del-Val, J. Larsen. 2016. Funções ecológicas de *Trichoderma* spp. e seus metabólitos secundários na rizosfera: Interações com plantas. FEMS Microbiol. Eco, v. 92.

Costa, A.S., E.W. Kitajima, S.C. Arruda. 1971. Molestias de vírus e micoplasmas de milho em São Paulo. Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia, v.4, p.39-41.

Costa, R. V., D. D. Silva, L. V. Cota. 2017. Manejo de doenças na cultura do milho. In: Kappes, C. (Ed.). Boletim de pesquisa: soja, algodão, milho. Fundação MT. p. 274-309.

Crickmore N. 2022. *Bacillus thuringiensis* Toxin Nomenclature.
http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/ Acesso em junho de 2023.

CTNBIO. 2023. Tabela de Plantas Aprovadas para Comercialização.

De Andrade Barbosa, M., R. L. de Sousa Ferraz, E. L. M. Coutinho, A. M. C. Neto, M. S. da Silva, C. Fernandes, E. C. 2019. Rigobelo. Análise multivariada e modelagem de indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo de longo prazo. Ciência. Meio Ambiente Total. 2019, v. 657, p.457–465.

De Meyer, G., Y Elad J. Bigirimana, M. Hofte. 1998. Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 biocontrol of *Botrytis cinera*. European Journal of Plant Pathology, v104: p. 279-286.

Döbereiner, J., J.M. Day. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: **Newton W.E., C. T. Nyman. 1976.** (Ed.)

International Symposium on Nitrogen Fixation, vol. 2. Proceedings... Pullman, USA: Washington State University Press. p. 518-538.

Du, Y.J., G. L. Gao, L. H. Chen, G. D. Ding, Y. Zhang, H. Y. Cao, Z. T. Alasa Liu. 2020. Efeitos de filmes microbianos do solo na fixação de areia e características de retenção de água de solos eólicos. Trad. Queixo. Soc. Agrícola. Eng. v. 36, p.98–105.

Eicholz, E. D. M. 2020. Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: Safras 2019/20 E 2020/21. Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

EMBRAPA. 2017. Produção vegetal manejo integrado de pragas. Enfezamento do milho aparece com problema nesta safra.

Emygdio, B. M., S.D.A. Silva, M.P. Porto, M.C.C. Teixeira, A.C.B. de Oliveira. 2008. Fenologia e características agrônômicas de variedades de milho recomendadas para o RS. Embrapa Clima Temperado, 74.

Fendrihan, S., et al. 2017. *Azospirillum* strains as biofertilizers and biocontrol agents -a practical review. Journal of Advances In Agriculture, v. 7, n. 3, p.1096-1108.

Fierro-Coronado FA. et al. 2021. Induced protection by *Rhizophagus intraradices* against Fusarium wilt of tomato. Interciência. p. 48-53.

FRAC. 2012. Fungicide resistance action committee. Global Crop Protection Organization. Brussels.

Fuck, M.P., M.B. Bonacelli. 2007. A Pesquisa Pública e a Indústria Sementeira nos Segmentos de Sementes de Soja Milho Híbrido no Brasil. Revista Brasileira de Inovação, p. 87-121.

Fukami J., M.A Nogueira, R.S. Araujo, M. Hungria. 2016. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. AMB Express. p.3-16.

Garcia, J. C., M. J. Mattoso, J. de Oliveira Duarte. 2006. Importância do milho em Minas Gerais. Informe Agropecuário. Cultivo do milho no sistema plantio direto, Belo v. 27, n. 233, p. 7-12.

González-Cabrera, J., M. Oscar, M. H. Montón, A. Urbaneja. 2010. “Efficacy of *Bacillus Thuringiensis* (Berliner) in Controlling the Tomato Borer, *Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae).” *BioControl* 56, P. 71–80.

Gordon, D. T., J. K. Knoke, G. E. Scott. 1981. Virus and viruslike diseases of maize in the United States Wooster: Ohio Agricultural Research and Development Custer, 210 p.

Grampeador, E., C. Dattenbock, D. Tisch, M. A. Schmoll. 2017. A análise de transcriptomas específicos de luz e carbono implica uma classe de receptores acoplados à proteína G na detecção de celulose. *Msphere*, v. 2.

Hawkins, N. 2019. The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biological Reviews*, v.94, n.1, p.135 -155.

Heady, S.E., L.V. Madden & L.R. Nault. 1985. Oviposition behavior of *Dalbulus* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 78: p.723-727.

Hesham, A.E. 2020. Current Trends in Microbial Biotechnology for Agricultural Sustainability: Conclusion and Future Challenges. In: Yadav, A. N. *Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture*. p. 555-572.

Hungria, M., M.A. Nogueira, R.S. Araujo. 2013. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: Strategies to improve sustainability. *Biology and Fertility of Soils*, v. 49, n. 7, p. 791–801.

Hungria, M., R. J. Campo, E. M. Souza, F. O. Pedrosa. 2010. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, v.331, n. 1-2, p.413-425.

Hussain, H. A. et al. 2021. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on maize growth, root colonization, and root exudates varied with inoculum and application method. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 21, n. 2, p. 1577-1590.

Imran, M., K. A. M. Abo-Elyousr, M. E. El-Sharnouby, E. F. Ali, N. M. A. Sallam, H. M. M. K. Bagy, I. R. Abdel-Rahim. 2022. Biocontrol Potencial de *Trichoderma harzianum* e nanopartículas de zinco para mitigar a doença do mofo cinzento do tomate. *Gesunde Pflanz*.

INVAM. 2020. International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal fungi. ISSN: 2319-7706 *Int.J.Curr.Microbiol.App*.

Jaber, L. R., B. H. Ownley. 2018. Podemos usar fungos entomopatogênicos como endófitos para controle biológico duplo de pragas de insetos e patógenos de plantas? *Biol. Controle*, v.116, p.36–45.

Jacott, C. N., J. D. Murray, C. J. Ridout. 2017. Trade-offs na simbiose micorrízica arbuscular: resistência a doenças, respostas de crescimento e perspectivas para melhoramento de culturas. *Agronomy*.

Jumrani, K., V. S. Bhatia, S. Kataria, S. A. Alamri, M. H. Siddiqui, A. Rastogi. 2022. A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares alivia os efeitos adversos da alta temperatura na soja. *Plantas*, 2210p.

Kamala, T. & S. Indira. 2014. Molecular characterization of *Trichoderma harzianum* strains from Manipur and their biocontrol potential against *Pythium ultimum* Th. *Int.J. Curr. Microbiol. App. Sci*, v. 3, p.258-270.

Khan, A., H. Jiang, J. Bu, M. Adnan, S. W. Gillani, M. Zhang. 2022. An insight to rhizosphere bacterial community composition and structure of consecutive winter-initiated sugarcane ratoon crop in Southern China. *BMC Plant Biol* V. 22, P. 74.

Khatoon, Z., S. Huang, M. Rafique, A. Fakhar, M. A. Kamran, G. Santoyo. 2020. Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. *Journal of Environmental Management*, 273.

Kuhn, O. J. 2007. Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba SP.

Leelasuphakul, W., H. Punpen, S. Chuenchitt. 2008. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*. v. 48, p. 113-121.

Leonetti, P., J. Stuttmann, V. Pantaleo. 2021. Regulation of plant antiviral defense genes via host RNA-silencing mechanisms. *Virology Journal* 18. p. 194-203.

Li Y., Y. Zou. Q. S. Wu. 2013. Effects of *Diversispora spurca* inoculation on growth, root system architecture and chlorophyll contents of four citrus genotypes. *International Journal of Agriculture & Biology*, v. 15, n. 2, p. 342-346.

Li, J., C. Zhang, X. Qu, Z. Luo, S. Lu, Y. Kuzyakov, H. A. Alharbi, J. Yuan, G. Niu. 2021. Comunidades microbianas e funções na rizosfera de *camélia* spp. resistentes e suscetíveis a doenças. *Frontiers in Microbiology*, v. 12.

Lira, A.C.S.; V. Wanderley-Teixeira, A.A.C. Teixeira, F.M. Cunha, G.S. Cruz, C.J.C.L. Neto. 2020. Physiological and behavioral interactions of a predator with its prey under indirect exposure to the insect growth regulator lufenuron. *Crop Protection*, v.137, p.105-289.

Liu, J. et al. 2007. Arbuscular mycorrhizal symbiosis is accompanied by local and systemic alterations in gene expression and an increase in disease resistance in the shoots. *Plant J.* p. 529-44.

Llorens, E., P. García-Augustin, L. Lapeña. 2017. Advances in induced resistance by natural compounds: towards new options for woody crop protection. *Scientia Agrícola*. Vol. 74, p. 90-100.

Lovett, B., R. J. St Leger. 2018. Engenharia genética de melhores biopesticidas fúngicos. *Controle de Pragas Sci*, v. 74 p. 781–789. doi:10.1002/ps.4734.

Madden, L.V., L. R Nault, S. E. Heady, W. Styer. 1984. Efeito dos mollicutes de nanismo do milho na sobrevivência e fecundidade dos vetores das cigarrinhas *Dalbulus*. *Anais de Biologia Aplicada*, 105, p431-441.

Maden, L. V., L. R. Nault. 1983. Differential Pathogenicity of Corn Stunting Mollicutes to Leafhopper Vectors in *Dalbulus maidis* and *Balbulus* species. *Phytopatology*, St. Paul, v. 73, n. 12, p.1608-1614.

Madi, L., & J. Katan. 1998. *Penicillium janczewskii* and its metabolites, applied to leaves, elicit systemic acquired resistance to stem rot caused by *Rhizoctonia solani*. *Physiology and Molecular Plant Pathology*. v.53, p. 163-175.

Marín, R. 1987. Biología y comportamiento de *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae). *Rev. Per. Entomol.* 30 p. 113-117.

Marschner, H. & Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 159: p.89-102.

Matiello, R.R, R. L. Barbieri, F.I.F. Carvalho. 1997. Resistência das plantas a moléstias fúngicas. *Ciência Rural*, v. 27, n. 1, p. 161-168.

Mehmood T., G. Li, T. Anjum, W. Akram. 2021. *Azospirillum lipoferum* strain AL-3 reduces early blight disease of potato and enhance yield. *Crop Prot.*, v. 139,

Meyer, M. C., S.M. Mazaró, C.V. 2022. Bioinsumos na Cultura da Soja, Embrapa, Brasília – DF.

Miozzi, L. et al. 2020. Arbuscular mycorrhizal symbiosis primes tolerance to cucumber mosaic virus in tomato. *Viruses*. 675p.

Miranda, R. A. de., A. M. A. Lício, A. A. C. Purcino, A. Paulinelli, 2014. Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 102 p.

Miranda, R. A., J. D. O Duarte, J. Garcia, F. Durães. 2021. Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas.

Mnyone, L.L., K. R. Nghabi, H. D. Mazigo, A. A. Katakweba, I. N. Lyimo. 2012. Fungos entomopatogênicos, *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* reduzem a sobrevivência de larvas de *Xenopsylla brasiliensis* (Siphonaptera: Pulicidae). Vetores de parasitas, v.5, p.204.

Monnerat, R. G., C. M. S. Soares, A. C. M. Gomes, G. Jones, E. Martins, L. Praça, C. Berry. 2009. Translocation and insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* bacteria living inside of plants. Microbial Bioechnology. v. 2. p. 1560-1562.

Monnerat, R., R. C. Santos, P. C. Barros, A. C. Batista, C. Berry. 2003. Isolamento e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* endofíticas de algodão. Comunicado Técnico 98.

Monot, C., E. Pajot, D. L.E. Corre, D. Silué. 2002. Induction of systemic resistance in broccoli (*Brassica oleracea* var *botrytis*) against downy mildew (*Peronospora parasitica*) by avirulent isolates. Biological Control. v. 24, p. 75-81.

Msimbira, L. A., D. L. Smith. 2020. The Roles of Plant Growth Promoting Microbes in Enhancing Plant Tolerance to Acidity and Alkalinity Stresses. Frontiers in Sustainable Food Systems, v. 4, n. 106, p. 1-14.

Mumtaz, M. Z., A. Malik, F. Nazli, M. Latif, A. Zaheer, Q. Ali, M. Jamil, M. Ahmad. 2020. Potencial de cepas de bacilus solubilizantes de zinco para melhorar o crescimento, rendimento e qualidade do milho (*Zea mays*). Internacional J. Agric. Biol., v. 24, p.691–698.

Nault L.R. 1980. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. Phytopathology, SI. Paul, 70(7): p.659-662.

O'Callaghan, M. 2016. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Doi 10.1007/s00253-016-7590-9.

Olivares, F. I., N.O. Aguiar, R.C.C Rosa, L.P. Canellas. 2015. A biofortificação do substrato em combinação com pulverizações foliares de bactérias promotoras de crescimento de plantas e substâncias húmicas aumenta a produção de tomates orgânicos. *Ciência. Hortícola*. v.183, p. 100–108.

Oliveira, C. M. de, J. R. S. Lopes, R. L. Nault. 2013. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brasil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 147, n. 2, p. 141-153.

Ötvös, K., M. Marconi, A. Veja, J. O'brien, A. Johnson, R. Abualia. 2021. Modulação do crescimento das raízes das plantas pela regulação definida pela fonte de nitrogênio do transporte de auxina polar. Doi: 10.15252/embj.2020106862

Pascholati, S.F., R.J.D, Dalio. 2018. Fisiologia do parasitismo: como as plantas se defendem dos patógenos. In: Amorim, L., J.A.M. Rezende, A. Bergamin Filho. (Eds.). *Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos*. 5. ed. Ouro Fino, MG: Ceres, v. 1, cap. 35, p. 423-450.

Pascholati, S.F., G. A. S. Villa. 2010. Induction of resistance in plants against *Phytophthora spp.* *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v.35, p. 75.

Pereg, L., L. E. Y. De-Bashan, L. E. Y. and Bashan. 2016. Assessment of affinity and specificity of *Azospirillum* for plants. *Plant and soil*, v. 399, p. 389-414.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-015-2778-9>.

Pereira Filho, I. A. 2015. Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas- MG Livro técnico (CNPMS).

Perfecto, I. 1991. Ants (Hymenoptera: Formicidae) as natural control agents of pests in irrigated maize in Nicaragua. *J. Econ. Entomol* 84, p65-70.

- Pieterse, C.M., A. Leon-Reyes, S. Van, S.C. Van Wees. 2009.** Rede por hormônios de moléculas pequenas na imunidade vegetal. *Nat. Chem. Biol.* 5, p. 308–316.
- Pons, A., M. Bresolin. 1981.** A cultura do milho trigo e soja. Porto Alegre, n. 57, p. 6-31.
- Prasad, R., et al.** Introduction to Mycorrhiza: Historical Development. In: **Varma, A; Prasad, R., N Tuteja. 2017.** (eds) Mycorrhiza - Function, diversity, state of the art. Springer, Cham, p. 1-8.
- Rabinovitch, L., C. M. B. Silva, R. S. Alves.** Controle biológico de vetores de doenças tropicais utilizando *Bacillus* entomopatogênicos. In: **Melo, I.S., J. L. Azevedo. 2000.** Controle biológico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, v. 2, p. 17- 90.
- Radhakrishnan, R., A. Hashem, E. F. Abd Allah. 2017.** *Bacillus*: Uma ferramenta biológica para melhoria de colheitas através de mudanças biomoleculares em ambientes adversos. *Frente. Fisiol.* v. 8, 667p.
- Ramos, A. 2021.** Respostas comportamentais da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), a plantas infectadas pelo fitoplasma do milho. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.
- Raven, P. H., R. F. Evert, S. E. Eichhorn. 1996.** *Biologia vegetal*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 728p.
- Raymond. B., P. R. Johnston, C. Nielsen-LeRoux, D. Lereclus, N. Crickmore. 2010.** *Bacillus thuringiensis*: an impotent pathogen? *Trends Microbiol*, p. 189–194.
- Rehman, F. U., M. Adnan, M. Kalsoom, H. G. Husnain. 2021.** Seed-borne fungal diseases of Maize (*Zea mays* L.): A review. *AgriNula: Jurnal Agroteknologi Dan Perkebunan*, v.4.
- Ruangwong, O. U., C. Pornsuriya, K. Pitija, A. Sunpapao. 2021.** Mecanismos de biocontrole de *Trichoderma koningiopsis* PSU3-2 contra antracnose pós-colheita de pimenta malagueta. *J. Fungi*, v. 7, p.276.

Sabato, E.O., E.C. Landau, A.M. Coelho. 2013. Effect of the corn stunt spiroplasma disease on maize production. v. 43, p. 203-204.

Sanjeev, K., T. Manibhushan, R. Archana. 2014. Trichoderma: Produção em massa, formulação, controle de qualidade, entrega e seu escopo de comercialização na Índia para o manejo de doenças de plantas. Afr. J. Agric. Res., v. 9, p.3838–3852.

Santana P. A., L. Kumar, R. S. Da Silva, J. L. Pereira, M. C. Picanço. 2019. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. Pest Management Science.

Santos, J.F., J.I.T. Grangeiro, M. Oliveira. 2012. Avaliação de cultivares e híbridos de milho para a microrregião de Campina Grande, PB. Tecnologia & Ciência Agropecuária. João Pessoa, 6(2), p. 29-33.

Sasan, R., M. Bidochka. 2013. Antagonism of the endophytic insect pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* against the bean plant pathogen *Fusarium solani* f. sp. phaseoli. Canadian Journal of Plant Pathology. v. 35. Doi: 10.1080/07060661.2013.823114.

Shelton, A.M., J. Z. Zhao, R. T. Roush. 2002. Economic, ecological, food safety and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 47, p. 845-881.

Silva, J. C., et al. 2012. 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

Silva, R. G., J.C.C. Galvão, G.V. Miranda, E.D. Oliveira. 2002. Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 18-29.

- Singh, S., L. P. Awasthi, H. N. Verma.** Systemic resistance inducers from plants, an ecofriendly approach for the management of viral diseases of crops. In: **Awasthi L. P. 2020.** Applied plant virology advances, detection, and antiviral Strategies Elsevier Inc. p. 603-617.
- Smith, S.E & Read, D.J.1997.** Mycorrhizal Symbiosis. California: Academic Press, 506p.
- Smith, SE e Read, DJ. 2008.** Mycorrhizal Symbiosis. 3ª Edição, Academic Press, Londres.
- Souza, G.M. & A.M. Barbosa. 2015.** Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. Visão agrícola, v. 13, n. 1, p. 30-34.
- Souza, V.C., R. A. Silva, G. D. Cardoso, A. F. Barreto. 2006.** Estudos sobre fungos micorrízicos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.3, p.612-618.
- Spagnoletti, F & Lavado, R. S. Lavado. 2015.** The Arbuscular Mycorrhiza *Rhizophagus intraradices* Reduces the Negative Effects of Arsenic on Soybean Plants. Agronomy. 5. P. 188-199.
- Spagnoletti, F. N. et al. 2020.** Arbuscular mycorrhiza protects soybean plants against *Macrophomina phaseolina* even under nitrogen fertilization. European Journal of Plant Pathology, v 156(3), p. 839–849.
- Stadnik, M. 2000.** Indução de resistência a oídios. In: Congresso Paulista de Fitopatologia, Campinas. Anais do Congresso Paulista de Fitopatologia, v. 23, p. 176-181.
- Stein. 2005.** *Bacillus subtilis*: Estruturas, sínteses e funções específicas. Mol. Microbiol, v. 56, p.845–857. Mol. Microbiol, v. 56, p.845–857.
- Steinkellner S. et al. 2012.** A comparison of wild-type, old and modern tomato cultivars in the interaction with arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and the tomato pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. Mycorrhiza. p.189-94.

- Stoffel, S. C. G. 2019.** Inoculante Micorrízico a Base de *Rhizophagus intraradices* no Crescimento e Nutrição de Culturas de Importância Agrícola. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 114.
- Tarrand, J. J., N. R. Krieg, J. Döbereiner. 1978.** A taxonomic study of *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen-nov and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. *Can. J. Microbiol.*, 24 p. 967- 980.
- Thompson, J. N. 1994.** The Coevolutionary Process 1st ed. The University of Chicago Press, Chicago.
- Ton J., J.A. Van Pelt, L.C. Van Loon, C.M.J. Pieterse CMJ. 2002.** Eficácia diferencial da resistência induzida dependente de salicilato e dependente de jasmonato/etileno em *Arabidopsis*. *Mol Planta-Micróbio Interação* 15: p. 27–34.
- Triplehorn, B.W., L.R. Nault. 1985.** Phylogenetic Classification of the Genus *Dalbulus* (Homoptera: Cicadellidae), and notes on the Phylogeny of the Macrostelini. *Annals of the Entomological Society of América*, v. 78, n. 3, p. 291–315.
- Tsai, J. H. 1988.** Bionomics of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott): a vector of mollicutes and virus (Homoptera: Cicadellidae). In: Maramorosch, K., Raychaudhuri, S. P. (Eds) *Mycoplasma diseases of crops: basic and applied aspects*. Springer-Verlag, New York. p209-221.
- Van Nieuwenhove., G.A., E.A. Frías, E.G. Virla. 2016.** Effects of temperature on the development, performance and fitness of the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae): Implications on its distribution under climate change. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 18, n. 1, p. 1–10.
- Vanderplank, J. E. 1968.** Disease resistance in plants. Academic Press, Nova Iorque, 206 p.

Varma, A. 2008. Mycorrhiza. State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3 ed.

Viejobueno, J. et al. 2021. Protection of Strawberry Plants against Charcoal Rot Disease (*Macrophomina phaseolina*) Induced by *Azospirillum brasilense*. *Agronomy*, v. 11, n. 2, p. 195.

Wang, K., Y. Tian, N. Zhou, D. Liu, D. and Zhang. 2018. Studies on fermentation optimization, stability and application of prolyl aminopeptidase from *Bacillus subtilis*. *Process Biochem.* v. 74, p. 10–20. doi: 10.1016/j.procbio.2018.08.035

Waquil, J. M. 1997. Amostragem e abundância de cigarrinhas e danos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina*, v. 26, n. 1, p. 27-33.

Water, U. N. 2018. World Water Development Report, Nature-based Solutions for Water.

Wordell Filho, J.A., L. Ribeiro do P, L. A. Chiaradia. 2016. Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo. *Epagri. Boletim Técnico*. 82p.