

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Sarah Edler Forgiarini

**CONTROLE DA MOSCA-DA-HASTE [*Melanagromyza sojae* (Zehntner,  
1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE)] NA SOJA COM INSETICIDAS VIA  
TRATAMENTO DE SEMENTE**

Santa Maria, RS  
2023

**Sarah Edler Forgiarini**

**CONTROLE DA MOSCA-DA-HASTE [*Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900)  
(DIPTERA: AGROMYZIDAE)] NA SOJA COM INSETICIDAS VIA TRATAMENTO DE  
SEMENTE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Jonas André Arnemann

Santa Maria, RS  
2023

Edler Forgiarini, Sarah  
CONTROLE DA MOSCA-DA-HASTE [Melanagromyza sojae  
(Zehntner, 1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE)] NA SOJA COM  
INSETICIDAS VIA TRATAMENTO DE SEMENTE/ Sarah Edler  
Forgiarini.- 2023.  
54 p.; 30 cm

Orientador: Jonas André Arnemann      Coorientador:  
Jerson Vanderlei Carús Guedes  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. CONTROLE DA MOSCA-DA-HASTE [Melanagromyza sojae  
(Zehntner, 1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE)] NA SOJA COM  
INSETICIDAS VIA TRATAMENTO DE SEMENTE

I. Arnemann, Jonas André II. Guedes, Jerson Vanderlei

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, SARAH EDLER FORGIARINI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias de objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Sarah Edler Forgiarini**

**CONTROLE DA MOSCA-DA-HASTE [*Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900)  
(DIPTERA: AGROMYZIDAE)] NA SOJA COM INSETICIDAS VIA TRATAMENTO  
DE SEMENTE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

**Aprovado em 17 de novembro de 2023:**

---

**Jerson Vanderlei Carús Guedes Dr. (UFSM) - Videoconferência**  
(Presidente/Coorientador)

---

**José Domingos Jacques Leão Prof. Dr. (UFSM) - Videoconferência**

---

**Dori Edson Nava Dr. (EMBRAPA) – Videoconferência**

Santa Maria, RS  
2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por sempre guiar meus passos e me proteger.

Agradeço aos meus pais, Izabel e Ronaldo, por terem me apoiado, incentivado e darem suporte para tornar meu sonho, realidade.

Aos meus irmãos, Martina e Pascoal, pelo apoio e irmandade.

Ao meu namorado, Matheus Lucion, por estar ao meu lado em todos os momentos, principalmente quando mais precisei durante o mestrado.

Aos meus orientadores, professores Jonas Arnemann, Jerson Guedes e ao grupo de pesquisa, Manejo e Genética de Pragas, pela orientação, auxílio durante o projeto e transmissão de conhecimentos. Agradeço, de forma genuína, a todos os professores que passaram pela minha trajetória, contribuindo para meu crescimento. Agradeço à UFSM, símbolo de orgulho e admiração.

*“Todas as coisas se tornam realidade a partir do desejo e cada prece sincera é atendida. Nós nos tornamos aquilo que nosso coração decide.”*

*(Elbert Hubbard)*

## RESUMO

### CONTROLE DA MOSCA-DA-HASTE [*Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE)] NA SOJA COM INSETICIDAS VIA TRATAMENTO DE SEMENTE

AUTORA: Sarah Edler Forgiarini  
ORIENTADOR: Jonas André Arnemann

A mosca-da-haste (*Melanagromyza sojae*) (Diptera: Agromyzidae) é uma praga que tem causado riscos econômicos para o cultivo de soja no Brasil e demais países colonizados pela espécie na América do Sul. Inicialmente restrita à região noroeste do Rio Grande do Sul e aos cultivos de segunda safra, a mosca-da-haste expandiu sua ocorrência para o restante do estado e do país, inclusive nos primeiros cultivos de soja. Ainda, há muitas questões a serem estudadas sobre o seu manejo, especialmente sobre o controle com produtos biológicos, químicos, táticas culturais e genéticas. Pelo ataque de *M. sojae* ser pouco visível e ocorrer no interior da haste das plantas de soja, o seu manejo se torna ainda mais desafiador. O controle biológico é uma técnica de manejo que tem sido utilizada de forma crescente, sendo ainda pouco explorada em *M. sojae*. Assim, o presente trabalho avaliou a eficácia de controle de inseticidas biológicos e químicos via tratamento de sementes, por meio da utilização de dois diferentes fungos entomopatogênicos: *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, além de inseticidas químicos compostos por Caixa Vigor Praga® (200 mL de Cruiser 350 + 100 mL de Fipronil + 100 mL de Maxim XL). Os tratamentos foram analisados em conjunto (químico + biológico) e também em separados. O tratamento biológico, ainda não explorado no controle de *M. sojae*, não demonstrou controle eficiente para a mosca-da-haste quando utilizado de forma isolada, manifestando resultados similares à testemunha. O controle químico, visto sua ação sistêmica e efeito residual, demonstrou resultados positivos nas primeiras avaliações. A adoção do tratamento de sementes utilizando produtos químicos como ferramenta de controle de *M. sojae* pode proteger a planta durante os estádios iniciais de desenvolvimento, que é o período mais suscetível ao ataque.

**Palavras-chave:** Bioinsumos. Sustentabilidade. Manejo Integrado de Pragas. Pragas invasivas.

## ABSTRACT

### CONTROL OF THE SOYBEAN STEM FLY [*Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE)] IN SOYBEAN WITH INSECTICIDES IN SEED TREATMENT

AUTHOR: Sarah Edler Forgiarini  
ADVISOR: Jonas André Arnemann

The soybean stem fly (*Melanagromyza sojae*) (Diptera: Agromyzidae) is an insect pest that poses economic risks to soybean cultivation in Brazil and other South American countries colonized by this species. Initially contained within the northwestern region of Rio Grande do Sul state and in late-season soybean crops, *M. sojae* has expanded its occurrence to other regions of the state and country, including early-season soybean crops. There are many questions left to be studied about its management, especially concerning control methods using biological and chemical products, as well as genetic tools. Because the damage caused by *M. sojae* is barely visible and occurs within the soybean plants, its management becomes even more challenging. Biological control is a management technique that has been increasingly used, although it is still little explored for *M. sojae*. Thus, this work evaluated the control efficiency of biologicals and chemical insecticides applied as seed treatment, through the use of two different entomopathogenic fungi: *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, in addition to chemical insecticides composed of Caixa Vigor Praga® (200 ml of Cruiser 350 + 100 ml of Fipronil + 100 ml of Maxim XL). The treatments were analyzed together (chemical + biological) and also separately. The biological treatment, not yet commercially explored in the management of *M. sojae*, did not present satisfactory control efficiency when used in isolation, showing results similar to the control plot. The chemical treatment, on the other hand, showed positive results in the first evaluations, possibly because of its systemic action and residual effect. Therefore, seed treatment using chemicals is a viable tool to control *M. sojae* and protect soybean plants during the early development stages, which are the most susceptible to stem fly damage.

**Key-words:** Bioinsecticides. Sustainability. Integrated Pest Management. Invasive pests.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 – Curva de crescimento populacional de *M. sojae* considerando como população fundadora um macho e uma fêmea, ciclo de vida de 21 dias, 50% de mortalidade natural e taxa de oviposição de 85 ovos por fêmea ..... 15
- FIGURA 2 – Plantas de soja com injúrias ocasionadas por *Melanagromyza sojae*: Murcha das folhas opostas (A), Brotos mumificados (B), pupário e orifício de saída na haste principal (C), haste danificada (D), folíolo seco (E), pupário e orifício de saída no pecíolo (F), nervura danificada na folha oposto (G), puncturas de alimentação dos adultos (H) ..... 19

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Tratamentos para controle de mosca-da-haste, M. soja com concentrações dos produtos e suas doses (por hectare ou para 100 kg de sementes)..... 36
- TABELA 2 – Datas das avaliações de acordo com a escala fenológica da soja. Santa Maria RS, Brasil ..... 38
- TABELA 3 - Porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada por *Melanagromyza sojae* em relação ao tamanho total da planta em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2021/2022, Santa Maria, RS, Brasil. .... 40
- TABELA 4 - Porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada por *Melanagromyza sojae* em relação ao tamanho total da planta em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2022/2023, Santa Maria, RS, Brasil. .... 41
- TABELA 5 - Porcentagem de plantas atacadas por *Melanagromyza sojae* em relação ao total de plantas recolhidas em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2021/2022, Santa Maria, RS, Brasil..... 42
- TABELA 6 - Porcentagem de plantas atacadas por *Melanagromyza sojae* em relação ao total de plantas recolhidas em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2022/2023, Santa Maria, RS, Brasil. .... 43
- TABELA 7 - Comprimento (em centímetros) dos danos realizados por *Melanagromyza sojae* em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2021/2022, Santa Maria, RS, Brasil. .... 44
- TABELA 8 - Comprimento (em centímetros) dos danos realizados por *Melanagromyza sojae* em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2022/2023, Santa Maria, RS, Brasil. .... 45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
AGROFIT	Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários
ANPII	Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes
AS	Ácido salicílico
CABI	Center for Agriculture and Bioscience International
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CVP	Caixa Vigor Praga
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MIP	Manejo Integrado de Pragas
TS	Tratamento de Sementes
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1 A MOSCA-DA-HASTE <i>Melanagromyza sojae</i> (ZEHNTNER, 1990).....	13
2.2 MORFOLOGIA E BIOECOLOGIA.....	14
2.3 DANOS E SINTOMAS DE SUA OCORRÊNCIA .....	15
2.4 MANEJO DE MOSCA-DA-HASTE .....	199
2.5 UTILIZAÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS .....	21
2.5.1 <i>Beauveria bassiana</i> no controle de <i>M. sojae</i> .....	22
2.5.2 <i>Metarhizium anisopliae</i> no controle de <i>M. sojae</i> .....	23
2.5.3 Utilização no tratamento de sementes .....	24
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>25</b>
REFERÊNCIAS.....	26
<b>4 ARTIGO</b> .....	<b>32</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	33
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.2.1 Manejo da área .....	34
4.2.2 Tratamentos.....	35
4.2.3 Avaliações.....	37
4.2.4 Análises estatísticas .....	39
4.3 RESULTADOS .....	39
4.3.1 Porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada .....	39
4.3.2 Porcentagem de plantas atacadas pela praga.....	41
4.3.3 Comprimento (em centímetros) dos danos .....	43
4.4 DISCUSSÃO .....	45
4.5 CONCLUSÕES .....	50
REFERÊNCIAS.....	51

## 1. INTRODUÇÃO

A expansão da soja no Brasil iniciou em 1970 por meio do fomento da produção de óleo. Neste ano a produção do país foi de 1,5 milhões de toneladas. Nove anos depois, a produção representou mais de 15 milhões de toneladas. Em 2023, conforme a CONAB, a produção estimada é de 154,8 milhões de toneladas com uma área de 43.834,4 mil hectares, um acréscimo de quase 20% quando comparado com a safra anterior. A produção mundial totalizou em torno de 370 milhões de toneladas segundo o Sistema de Informação do Mercado Agrícola (Amis) para a safra 2022/23. O Brasil apresenta valores superiores a 40% de toda soja produzida mundialmente, de modo que se destaca como maior produtor e exportador de soja do mundo (USDA, 2023).

A introdução de pragas não-nativas representa um problema de biossegurança, trazendo riscos econômicos para o país e perdas irreparáveis. Segundo a FAO (2019), devido a falhas no controle de pragas e doenças, o mundo perde até 40% de todo alimento que produz, e o ataque de pragas invasoras nos cultivos gera um custo para economia mundial de US\$ 70 bilhões anualmente. A falta de fiscalização aliada ao intenso comércio de bens agrícolas, facilitou a dispersão de pragas não-nativas para além dos seus centros de origem (TAY; GORDON, 2019).

O registro mais recente de praga do grupo dos dípteros no Brasil, é a *Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900) (Diptera: Agromyzidae), conhecida como mosca-da-haste. Nativa da Ásia, foi recentemente confirmada e registrada em diversos países da América do Sul: Brasil (ARNEMANN et al., 2016), Paraguai (GUEDES et al., 2017), Bolívia (VITORIO et al., 2019) e Argentina (TROSSERO et al., 2020). Estes países são responsáveis por mais de 50% da produção mundial, com quase 200 milhões de toneladas e cerca de 62 milhões de hectares cultivados na safra 2022/23 (USDA, 2023).

O controle de insetos-praga via controle químico é a forma mais utilizada no Brasil para manejo de pragas agrícolas (ALTOÉ et al., 2012). Contudo, como parte do desenvolvimento da mosca-da-haste ocorre no interior da planta de soja, o desempenho dos produtos químicos é comprometido (POZEBON, 2021). Aliado a isso, apesar de haver registro de 728 inseticidas químicos para controle de insetos-praga na soja, o leque de registros de moléculas para a *M. sojae* via aplicação aérea

é inexistente, havendo apenas um produto registrado para aplicação via tratamento de sementes (AGROFIT, 2023).

Dessa forma, busca-se manejos alternativos, especialmente aqueles que visam os biodefensivos, ainda pouco explorado para controle de *M. sojae*. A relevância dessa classe de produtos aumentou no Brasil, que se tornou o maior mercado dos insumos biológicos do mundo, com um crescimento anual de 32% e movimentações em torno de R\$ 3,5 bilhões (ANPII, 2023).

Da mesma forma, produtos biológicos são uma opção dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e hoje, são usados de forma mais frequente pelos produtores, visando economia e sustentabilidade. As vantagens da utilização de produtos biológicos incluem a seletividade às pragas, a preservação dos inimigos naturais e, muitas vezes, a economia pela redução das aplicações químicas e pelo menor custo (LOUREIRO et al., 2002). Atrelado a esses fatores, há falta de informações acerca do uso de bioinsumos no seu manejo, especialmente via tratamento de sementes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ocorrência crescente de *M. sojae* nas lavouras de soja representa um grande risco para os cultivos de soja, visto que, em geral, visualiza-se os danos pela praga quando já completou seu ciclo e não se encontra mais na planta com a injúria (CZEPAK et al., 2018). Por isso, medidas rápidas de controle devem ser desenvolvidas, especialmente no início do ciclo de desenvolvimento da cultura, visando minimizar o efeito deletério da mosca-da-haste da soja cultivada no Sul do Brasil.

### 2.1 A MOSCA-DA-HASTE *Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900) (Diptera: Agromyzidae)

Pragas consideradas secundárias, como as moscas da família Agromyzidae, ocorrem em lavouras de soja. Entre as espécies de dípteros, existem *Melanagromyza sojae*, *Melanagromyza dolichostigma*, *Ophiomyia phaseoli* e *Ophiomyia centrosematis* (SPENCER, 1990; TALEKAR; CHEN, 1985). Contudo, a única espécie identificada desta família até o momento na América do Sul é *M. sojae*. Esta mosca destaca-se como um dos principais insetos-praga em países como a Indonésia (VAN DEN BERG; SHEPARD; NASIKIN, 1998), China (WANG; GAI, 2001), Índia (THAPA, 2012), Austrália (BRIER; CHARLESTON, 2013) e em algumas regiões da Rússia (STRAKHOVA et al., 2013).

A mosca-da-haste é uma praga invasiva no Brasil, sendo relatada pela primeira vez em 1983 na cidade de Passo Fundo (GASSEN; SCHNEIDER, 1985), situada no norte do estado do Rio Grande do Sul. Posteriormente, constatou-se sua presença na cidade de São Francisco de Assis no ano de 2009 (LINK; HATSCHBACH; LINK, 2009), também no estado do Rio Grande do Sul. Em 2015, foi reportada sua ocorrência na soja safrinha nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (GUEDES et al., 2015), identificada de forma taxonômica e molecular como *M. sojae* (ARNEMANN et al., 2016). Após sua correta identificação, o Laboratório de Manejo de Pragas da UFSM-LabMIP, notificou o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que *M. sojae* estava ocorrendo em nosso território (GUEDES et al., 2015). A presença do gênero *Melanagromyza* foi reportada também no sul do

Paraguai, durante a safra 2014/15 (BENÍTEZ-DÍAZ, 2015), Bolívia (VITORIO et al., 2019) e Argentina (TROSSERO et al., 2020), indicando uma disseminação crescente da espécie no continente sul-americano.

## 2.2 MORFOLOGIA E BIOECOLOGIA

O ciclo de vida completo da mosca-da-haste compreende as fases de ovo (2-7 dias), larva (7-11 dias), pupa (10 dias) e adulta (em torno de 15 dias) (WANG, 1979). O ciclo completo varia de 26 até 46 dias (HIROSE; MOSCARDI, 2012). Nota-se que a espécie apresenta ciclo curto, facilitando a reinfestação e colonização em plantas de sojas mais tardias (POZEBON, 2021).

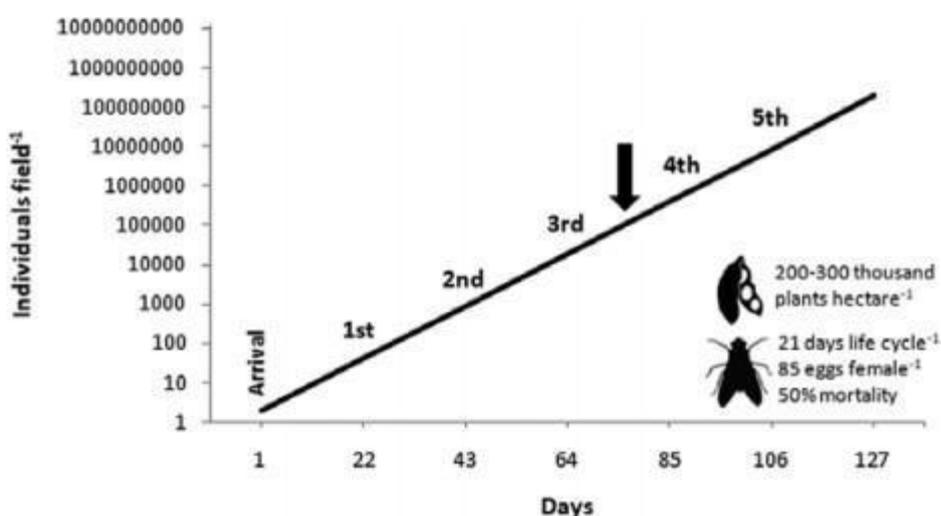
Antes da larva completar sua fase no interior da planta, a mesma abre um orifício de saída, o qual estará protegido por detritos para que durante a fase de pupa, a praga esteja segura na planta (VAN DER GOOT, 1930). Durante a fase de pupa, a praga estará localizada na galeria formada no interior da planta. Após terminar este estágio, passa à fase adulta: a mosca. Neste momento inicial, *M. sojae* consegue direcionar-se para o exterior da planta através do orifício realizado ainda na fase larval.

Este orifício de saída é um indicativo do momento em que houve a infestação da praga, pois quando localizado abaixo da inserção dos cotilédones, pode-se considerar que houve uma infestação precoce. Quando o sintoma do orifício está localizado nos entrenós acima da região do hipocótilo, considera-se uma infestação tardia, pois o desenvolvimento das fibras próximo da região do solo, dificulta o broqueamento pela larva (VAN DER BERG et al., 1998).

Pozebon et al. (2020), estimaram uma curva de crescimento populacional a partir de dois indivíduos (uma fêmea e um macho). Considerou-se 50% de mortalidade natural (por fatores ambientais como clima desfavorável, inimigos naturais, patógenos, canibalismo e morte por idade), ciclo de vida de 21 dias e taxa média de oviposição de 85 ovos por fêmea. A curva demonstra que na ausência de medidas de controle, dois indivíduos precisariam apenas de 3 a 4 gerações para colonizar todas as plantas de uma lavoura, em uma proporção de 1:1 insetos por planta (Figura 1). Esta é uma curva de crescimento populacional hipotética, que pode ser reduzida a zero devido as condições adversas, no entanto, segundo os autores, não é o que tem sido observado em cultivos de soja de segunda safra. Assim, devido ao ciclo de vida curto e a alta taxa de reprodução, ocorre rápida colonização na lavoura e reinfestações nos cultivos

tardios, de modo que podem ser encontradas diversas larvas e pupas simultaneamente numa mesma planta de soja (GUEDES et al., 2015).

Figura 1 - Curva de crescimento populacional de *M. sojae* considerando como população fundadora um macho e uma fêmea, ciclo de vida de 21 dias, 50% de mortalidade natural e taxa de oviposição de 85 ovos por fêmea.



Fonte: (POZEBON et al., 2020)

O sentido de direção de ataque depende se a planta tem condições de alimentar a larva naquele segmento. Por exemplo, quando se trata de plantas recém-emergidas, as larvas realizam a galeria em direção ao solo. Quando a oviposição ocorre nos trifólios, em que a planta de soja se encontra em estádios mais avançados, pode ser que já tenha sido atacada por outra larva, havendo danos de galeria na planta. Assim, a mosca pode broquear no sentido ascendente, podendo causar a morte do ponteiro (TALEKAR; CHEN, 1985).

### 2.3 DANOS E SINTOMAS DE SUA OCORRÊNCIA

As condições ambientais, como intensidade de chuva, temperatura e, umidade podem afetar a população de *M. sojae* (BRIER; CHARLESTON, 2013). A sua maior incidência ocorre quando as temperaturas estão mais altas e a umidade mais baixa, pois a intensidade das chuvas impede a alimentação e oviposição dos insetos adultos (TALEKAR; CHEN, 1985).

*M. sojae* é considerada “silenciosa” (POZEBON, 2021), pois sua presença é apenas diagnosticada quando há a abertura longitudinal da haste principal da soja, podendo ser visualizada a praga ou apenas o dano (CZEPAK et al., 2018). Além do mais, ocorre morte dos trifólios, o caule torna-se oco e ocorre a morte do meristema apical. Com esta última injúria, a planta responde realizando a emissão de ramificações laterais e entre-nós curtos (VAN DER BERG et al., 1998), na tentativa de compensar a perda de massa seca no dossel da planta. Ainda, pode-se observar como sintoma o caule com coloração marrom-avermelhado no seu interior (CZEPAK et al., 2018). Contudo, as plantas atacadas podem apresentar poucos ou nenhum sintoma externo (POZEBON, 2021) e, apenas o monitoramento da praga pode definir ou não sua presença.

A mosca-da-haste se alimenta diretamente do interior do tecido da soja, onde ocorre a translocação de água e nutrientes absorvidos das raízes e transportados para a parte aérea da planta. Os rendimentos são diretamente afetados, visto que os danos iniciam já na fase vegetativa e a planta não consegue minimizar os danos ocasionados em seu interior. Dessa forma, a translocação dos fotoassimilados, principalmente no enchimento de grãos, são interrompidos, visto que a haste é o maior órgão armazenador de assimilados (STREETER; JEFFERS, 1979), conseqüentemente ocorre redução da produção de matéria seca das plantas de soja (TALEKAR; CHEN, 1985). Os altos níveis de infestação podem resultar em murcha das folhas e maturação precoce (CZEPAK et al., 2018). Parâmetros como a estatura da planta, área foliar, número de legumes, número de grãos e a nodulação por *Rhizobium* são afetados negativamente pelos danos ocasionados por *M. sojae* (TALEKAR, 1989; VAN DEN BERG; SHEPARD; NASIKIN, 1998). Já o dano na fase adulta não é representativo (CURIOLLETTI et al., 2018), visto que o inseto se alimenta de fluidos celulares que extravasam a partir de inserções realizada pelo seu aparelho reprodutor.

A soja safrinha é o cultivo com maior suscetibilidade à infestação por mosca-da-haste, pois proporciona oferta ideal de alimentos para garantir os surtos populacionais da praga. *M. sojae* é considerada outonal, desenvolvendo-se em condições favoráveis a partir da semeadura em 31 de dezembro, quando a fotofase diminui a cada dia a partir deste momento (CÂMARA, 2015; FOLLMANN et al., 2017). No cultivo de segunda safra do ano agrícola 2018/2019 em 28 municípios no Rio Grande do Sul, foram constatados níveis de infestação entre 97 e 100%, independente da cultivar e estágio de desenvolvimento da cultura (POZEBON et al., 2020).

Além disso, as galerias produzidas na cultura de verão são em torno de 5,9 cm, enquanto que na soja de segunda safra ou safrinha podem atingir 13,4 cm de extensão (LEE, 1962; WANG, 1979). Além do mais, a soja safrinha representa somente no estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente 250 mil hectares ao ano, concentrados nas regiões norte e noroeste do estado (FOLLMAN et al., 2017; POZEBON, 2021).

A soja é a principal planta hospedeira da mosca-da-haste (SPENCER, 1990), já constatada também sua presença em outras plantas da família Fabaceae, como o trevo-persa cultivado no inverno (FERREIRA et al., 2020). Ainda, esta espécie é considerada altamente oligófaga, resultando em infestações nas plantas da família Fabaceae, como soja, feijão ou grão-de-bico (VERA et al., 2021). Os danos, possivelmente, são visualizados quando a praga já completou seu ciclo (CZEPAK et al., 2018). Além disso, na entressafra, as pupas podem sobreviver no interior das hastes de plantas de soja tiguera (POZEBON et al., 2020). A forma de perceber sua presença na lavoura é realizando um corte longitudinal na planta de soja. Pode-se encontrar a larva, a pupa ou somente as galerias deixadas pela praga (GUEDES et al., 2015; CZEPAK et al., 2018). Como resultado da alimentação da larva, formam-se os túneis na medula da planta, que podem ocupar 70% do comprimento da haste total (SINGH; SINGH, 1990).

Os sintomas de presença de *M. sojae*, geralmente, ocorrem de forma despercebida por técnicos e agricultores, visto que o monitoramento (abertura longitudinal da haste principal da soja) não é realizado com frequência. Além do mais, pode ser facilmente confundida com ocorrência de doenças e nematoides, através das similaridades dos sintomas (FOLLMANN; ARNEMANN; SCHORR, 2022).

Segundo dados mais recentes de Marques et al. (artigo no prelo), as perdas causadas por essa praga podem chegar a 61% da produção de grãos, comprometendo o número de grãos, peso de mil grãos e o rendimento final da cultura, principalmente quando não ocorrem aplicações de inseticidas antes do estágio fenológico R2 (florescimento pleno). Estudos realizados no passado no continente asiático (região de onde *M. sojae* é endêmica), apontam para reduções de produtividade de 30% na China (DU; HONG, 1982), 21% no Taiwan (TALEKAR, 1989) e 40% na Índia (JADHAV, 2011).

Contudo, apesar de termos estes números confirmados em países endêmicos à praga, os danos dependem da região de cultivo, estado nutricional que as plantas

se encontram, genótipo de soja utilizado, data da semeadura (semeaduras tardias possibilitam os maiores danos), estágio de crescimento das plantas e das práticas de manejo, incluindo adubações e controle de insetos (TALEKAR; CHEN, 1985; VAN DEN BERG; SHEPPARD; NASIKIN, 1998). Além disso, outro cenário importante está relacionado com as características morfo-fisiológicas das cultivares de soja que influenciam nos danos ocasionados, como: densidade de tricomas, área foliar, diâmetro da haste e conteúdo de água (TALEKAR; CHEN, 1985).

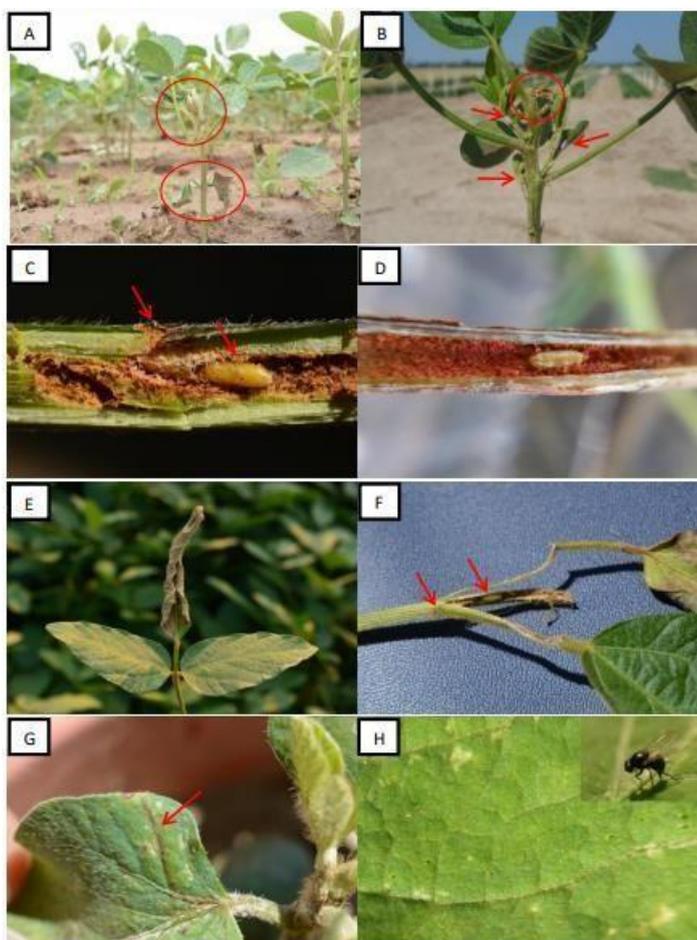
O estágio fenológico que a planta de soja se encontra no momento do ataque, é um indício da intensidade de perda de rendimentos. A praga infesta em qualquer fase de desenvolvimento da cultura. Contudo, quanto mais jovem a planta de soja se encontrar, maiores serão as injúrias causadas através da formação de galerias pela larva (LEE, 1962). De acordo com Talekar (1989), apenas ataque nos estádios iniciais da cultura podem resultar em perdas significativas de produtividade. Quanto mais tarde ocorrer o ataque, menores serão as perdas, pois em plantas já estabelecidas as galerias não atingem os tecidos condutores de xilema (TALEKAR; CHEN, 1985).

A fase vegetativa da planta de soja, principalmente os estádios iniciais são considerados os mais suscetíveis para o ataque da mosca-da-haste (CABI, 2020), visto que a planta ainda não apresenta grandes concentrações de fibras resistentes e a praga agride o sistema vascular com maior facilidade, realizando os danos no interior da planta (POZEBON, 2021; LEE, 1962, TALEKAR, 1989).

As fases da cultura se dividem em vegetativa (V) e reprodutiva (R), incluindo diversos estádios em cada fase. São eles na fase vegetativa: emergência e cotilédones acima da superfície do solo (VE), formação dos cotilédones e folha unifoliolada ainda se tocando (VC), folhas unifolioladas/opostas totalmente abertas (V1) e também primeiras folhas trifolioladas abertas até diversos trifólios totalmente abertos (V2 até Vn). Posteriormente, na fase reprodutiva ocorrem: florescimento (R1) e florescimento pleno (R2); formação das vagens (R3) e plena formação (R4); enchimento dos grãos (R5): R5.1:10% de granação; R5.2: 10-25% de granação; R5.3: 56-50% de granação; R5.4: 51-75% de granação; R5.5: 76-100% de granação; em R6 os grãos se encontram completamente cheios e desenvolvidos. A maturação inicia em R7 e finaliza em R8 (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Na figura 2 a seguir, nota-se diferentes danos na soja em seus diferentes estádios de desenvolvimento.

Figura 2 - Plantas de soja com injúrias ocasionadas por *Melanagromyza sojae*: Murcha das folhas opostas (A), Brotos mumificados (B), pupário e orifício de saída na haste principal (C), haste danificada (D), folíolo seco (E), pupário e orifício de saída no pecíolo (F), nervura danificada na folha oposto (G), puncturas de alimentação dos adultos (H).



Fonte: (VITORIO et al., 2019)

#### 2.4 MANEJO DA MOSCA-DA-HASTE, *M. sojae*

Pode-se utilizar produtos químicos no tratamento de sementes e em pulverizações aéreas de inseticidas (CURIOLETTI et al., 2018; RAMON et al. (artigo no prelo)). Em países com alta incidência da praga (leste da Ásia), são adotadas medidas como cultivares mais tolerantes e controle biológico por meio de parasitoides *Gronotoma* sp., *Eurytoma* sp. e *Bracon* sp. com eficiência de 70% de controle (VAN DER BERG et al., 1998), inclusive de ocorrência natural (TALEKAR, 1990). Beche et al. (2018), relataram a ocorrência de parasitismo de *M. sojae* no Brasil por *Syntomopus parisii*.

Além disso, pode-se adotar a semeadura em períodos fora dos picos populacionais da praga em função do fotoperíodo, evitando semeaduras tardias. O ciclo da cultivar interfere na ocorrência de injúrias, de forma que quanto mais longo for o ciclo, maior é a capacidade da planta de compensar os danos realizados pela *M. sojae* (TALEKAR, 1989). Ainda, pode-se realizar a rotação com gramíneas, pois estudos mostram como principais hospedeiros a soja no verão e o trevo no inverno (FERREIRA et al., 2020), pertencentes à família Fabaceae, considerada a única família hospedeira (HIROSE; MOSCARDI, 2012). Por fim, pode-se realizar a eliminação de plantas tigueras ou plantas voluntárias de soja na pós-colheita que possibilitam a ponte-verde na entressafra, inviabilizando a permanência da praga e sua disseminação para demais regiões (CZEPAK et al., 2018).

Alguns inseticidas apresentam controle, porém, não são registrados em nosso país, como os quinalfós, endrin, ometoato, monocotrofós (LEE, 1962; TALEKAR; CHEN, 1985). Além do mais, inseticidas como tiametoxam, fipronil, imidacloprido, clorantniliprole, espinosade, clorpirifós e cipermetrina, apresentam potencial de controle e são registrados no Brasil no Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. Há o registro destas moléculas citadas acima, no entanto, não estão direcionados especificamente para o controle de *M. sojae* (AGROFIT, 2023), havendo apenas potencial de controle.

De acordo com Curioletti et al. (2018), alguns produtos possuem significativa eficácia no controle desta praga, como por exemplo, clorantniliprole, fipronil, imidacloprido e tiodicarbe via tratamento de sementes, e imidacloprido, bifentrina e tiametoxam via aplicação aérea. Estes mesmos autores recomendam a utilização de clorantniliprole no tratamento de sementes e duas aplicações aéreas de clorpirifós: a primeira em até 10 dias após a emergência da cultura e, outra aplicação sequencial em no máximo 10 dias após a primeira. Como o período crítico ocorre no início de desenvolvimento da cultura, consegue-se proteger a planta no momento de maior suscetibilidade ao ataque (TALEKAR, 1989; LEE, 1962; CABI, 2020).

De acordo com Ramon et al. (artigo no prelo), relatam que os melhores controles para *M. sojae* foi com produtos à base de Clorpirifós (480 g/hectare) e Ciantraniliprole (100 g/hectare), os quais também resultaram em maiores rendimentos. Ainda, conforme Dhore et al. (2023), demonstraram eficácia de controle com aplicações em parte aérea no intervalo de 15 e 21 dias após a semeadura da

cultura, o qual o tratamento que demonstrou melhor resultado foi a base de clorfantriliprole 10% (diamida) + lambda-cialotrina 5% (piretroide).

A alta capacidade de translocação dos neonicotinoides (ingrediente ativo como o tiamexotam) e as diamidas (ingrediente ativo como clorfantriliprole e ciantraniliprole), resultam em maiores chances de controle das larvas, pois pertencem aos grupos químicos com alta capacidade de translocação (GAZZONI, 2008). Inseticidas de contato como o grupo químico dos piretroides e outros produtos de choque são mais eficientes para controle na fase adulta (POZEBON, 2021).

## 2.5 UTILIZAÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS

O controle com bioinseticidas é dividido em macroorganismos (parasitoides e predadores) e microorganismos (bactérias, vírus, fungos e nematoides entomopatogênicos).

Destaca-se a utilização de fungos entomopatogênicos como *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. De acordo com pesquisas, estes fungos apresentam alto potencial larvicida e pupicida para diversos insetos (RAGAVENDRAN et al., 2017), denotando alta especificidade aos insetos-praga e mantendo a população de inimigos naturais. É notório que eles estão presentes no solo, mas em uma concentração extremamente baixa (cerca de 0,5% de ocorrência natural) (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

A utilização de inseticidas químicos no campo pode afetar a população de inimigos naturais e pressionar a seleção de populações resistentes das pragas (SILVA et al., 2009). Os grupos químicos como neonicotinoides, piretroides, organofosforados, entre outros, são frequentemente utilizados no campo devido ao seu rápido efeito. Contudo, apesar de apresentarem um amplo espectro de ação, a população de inimigos naturais é afetada, como parasitoides e predadores (SAIN et al., 2022). Dessa forma, a dependência e os problemas resultantes do uso de inseticidas químicos estimulam a busca por alternativas mais sustentáveis para controle das pragas agrícolas, como o controle biológico (KALVNADI et al., 2018).

Os fungos entomopatogênicos apresentam amplo espectro de ação e podem infectar diversas fases de desenvolvimento dos hospedeiros, como ovos, larvas, pupas e adultos (ALVES, 1998). Em condições de laboratório, os fungos desempenham alto controle (ORTIZ-URQUIZA; LUO; KEYHANI, 2015). Contudo, a

campo eles estão sujeitos as condições abióticas (temperatura, umidade e luz ultravioleta) que influenciam na estabilidade dos conídeos (VEGA et al., 2012).

Os fungos entomopatogênicos, como *B. bassiana* agem de maneira natural e podem reiniciar o ciclo diversas vezes nas plantas (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999). Quando se realiza aplicações aéreas, ocorre a esporulação e dispersão dos conídeos (esporos assexuados) através de agentes dispersantes, como vento e chuva. Quando estes encontram o inseto-praga, eles aderem à cutícula do inseto e realizam a germinação e crescimento do tubo germinativo e posteriormente do apressório (uma espécie de “grampo” para fixar o fungo no hospedeiro). Após este momento, ocorre a introdução do fungo através das hifas para o interior do inseto, até atingir a hemolinfa (rica em nutrientes). Neste local, o fungo ingere todos os nutrientes e os esgotam. Aliado a isso, o fungo injeta toxinas para causar a morte do inseto. Dessa forma, os fungos entomopatogênicos conseguem causar mortalidade e reiniciar o ciclo diversas vezes em outras espécies (MASCARIN; JARONSKI, 2016).

O modo de contaminação do tratamento de sementes é semelhante, podendo a praga ser contaminada através do contato com a cutícula ou ingestão do fungo, o que remete a vantagens devido aos demais grupos de patógenos só conseguirem realizar a contaminação via oral (ALVES, 1998). Entretanto, o mais importante é que o fungo entomopatogênico consiga se instalar na planta e se desenvolver em toda sua estrutura, principalmente na haste da soja, onde a mosca-da-haste realiza seus danos. Através do seu modo de contaminação, o controle não fica limitado a pragas que comem partes da planta, mas também a homópteros e artrópodes com aparelhos bucais sugadores e cortadores (McCOY; TIGANO-MILANI, 1992).

### **2.5.1 *Beauveria bassiana* no controle de *M. sojae***

Uma das tentativas iniciais de utilizar *B. bassiana* de forma extensiva ocorreu nos EUA para o controle de percevejos, em meados de 1800 (LORD, 2005). Ainda é um dos entomopatogênicos mais estudados do mundo para controle de insetos-praga (REHNER et al., 2011), por ser facilmente cultivada em massa e ser compatível com diversos tipos de formulações (JACKSON, et. al., 2010). Em condições de campo pode ocorrer infecção em coleópteros, lepidópteros, hemípteros, bem como dípteros, himenópteros e ortópteros (ALVES, 1998).

Dannon et al. (2020), relataram que *B. bassiana* é um dos agentes biológicos mais eficazes, considerado um agente promissor no setor biológico de diversos insetos-praga. Contudo, em condições de campo as cepas devem ser capazes de sobreviver às adversidades climáticas, como luz ultravioleta e baixa umidades, além de apresentarem persistência na planta (SABBAHI et al., 2008).

A infecção pelo fungo ocorre através do tegumento, o qual pode germinar entre 12 até 18 horas após o primeiro contato. A penetração ocorre a partir de uma ação mecânica e enzimática. Após 3 dias da inoculação, o inseto-praga apresenta totalmente contaminado pelo fungo, com tecido gorduroso, tecido intestinal e outras estruturas atacadas. A morte ocorre através do consumo dos nutrientes e injeção de toxinas. Após este processo, o fungo se desloca a partir das aberturas naturais e se visualiza no corpo do inseto-praga a esporulação de cor branca (ALVES, 1998).

Segundo AGROFIT (2023), dos 312 produtos à base de inseticidas microbiológicos registrados no MAPA, 101 são formulados com *B. bassiana*, representando 1/3 dos microinseticidas. A maioria deles contêm a mesma cepa: isolado IBCB-66 (80 materiais). Além disso, é o fungo mais utilizado no mundo para o controle de artrópodes em geral (ARTHURS; DARA, 2019).

Além disso, outra característica importante de *B. bassiana*, é que há relatos na literatura sobre seu sinergismo com as plantas, de modo que o fungo consegue retirar o nitrogênio dos insetos que habitam o solo e transmitir estes nutrientes para que as plantas possam extrair (MASCARIN; JARONSKI, 2016). O solo, nesse sentido, é um aliado dos fungos, pois é um local seguro da radiação solar ultravioleta e os organismos sofrem menor influência de fatores externos, tanto bióticos como abióticos (KELLER; ZIMMERMAN, 1989).

### **2.5.2 *Metarhizium anisopliae* no controle de *M. sojae***

O fungo chamado hoje de *Metarhizium* spp., anteriormente, denominava-se *Nomuraea rileyi*. Segundo AGROFIT (2023), *B. bassiana* e *M. anisopliae* são as duas formas mais empregadas no Brasil de fungos entomopatogênicos para controle de insetos-praga, representando estes dois gêneros cerca de 63% dos microinseticidas registrados no MAPA. Além disso, *M. anisopliae* é uma das formas de bioinseticidas mais utilizadas no mundo, contribuindo para o controle de diversas ordens, como Lepidoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera e Orthoptera (ALTAMIRANO,

2021). Apesar disso, os estudos são incipientes quanto ao controle biológico de moscas por fungos entomopatogênicos (BERNARDI et al., 2022).

Segundo AGROFIT (2023), dos 312 produtos à base de inseticidas microbiológicos registrados no MAPA, 94 são formulados à base de *M. anisopliae*. Destes, 91 contêm a mesma cepa: isolado IBCB-425.

Além das vantagens do controle biológico, quando os fungos endofíticos são bem estabelecidos, as plantas podem estar protegidas a longo prazo. Ainda, descobertas recentes corroboram com a perspectiva destes fungos endofíticos apresentarem outras funções como promotores de rendimento das plantas, distribuidores de nutrientes do solo e intensificadores de tolerância à seca nas plantas (BAMISILE et al., 2018).

### **2.5.3 Utilização no tratamento de sementes**

A estratégia de ambos os fungos serem utilizados no tratamento de sementes é para que a planta de soja tenha proteção nos estádios mais suscetíveis ao ataque de *M. sojae* (CABI, 2020). Além do mais, a janela de controle para pulverizações torna-se limitante e se restringe ao momento anterior à entrada da larva na haste principal e ao período posterior à emergência do adulto (POZEBON, 2021).

AGROFIT (2023) não apresenta microinseticidas registrados para aplicações via tratamento de sementes. Ainda, os biológicos são direcionados e registrados para controle da praga em específico e não da cultura de interesse.

Contudo, estudos demonstram que o controle com fungos entomopatogênicos no tratamento de sementes podem ser uma opção, pois sementes inoculadas com conídeos de *Metarhizium* mantiveram até quatro semanas a patogenicidade contra larvas de *Tenebrio molitor* (KEYSER; THORUP-KRISTENSEN; MEYLING, 2014), demonstrando proteção às plantas no período que coincide com a maior infecção da mosca-da-haste na cultura da soja (CABI, 2020).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Determinar a eficácia de controle para a mosca-da-haste da soja utilizando fungos entomopatogênicos e inseticidas químicos aplicados isolados e associados via tratamento de sementes.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Data de acesso: 16 fev. 2023.
- ALTAMIRANO, E. J. Microencapsulación de conidios de *Metarhizium anisopliae* mediante secado por aspersión y gelificación iónica. **Zamorano**: Escuela Agrícola Panamericana. 2021.
- ALTOÉ, T. S. *et al.* *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 1, p. 82-89, 2012.
- ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Ed. Piracicaba, FEALQ. p. 289-382, 1998.
- Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes (ANPII). Crescimento do mercado de bioinsumos faz ANPII reestruturar sua atuação e investir em novas pesquisas e expansão. **Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes**. 2023.
- ARNEMANN, J. A. *et al.* Soybean Stem Fly, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), in the New World: detection of high genetic diversity from soybean fields in Brazil. **Genet. Mol. Res.** 15: gmr.15028610, 2016.
- ARTHURS, S.; DARA, S. K. Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States. **Journal of invertebrate pathology**, v. 165, p. 13-21, 2019.
- BAMISILE, B. S. *et al.* Fungal endophytes: beyond herbivore management. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 544, 2018.
- BECHE, M. *et al.* Occurrence of *Syntomopus parisii* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in Brazil and Paraguay. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 17, gmr18074, 2018.
- BENÍTEZ-DÍAZ, E. A. *Melanagromyza* sp. (Diptera: Agromyzidae) mosca barrenadora del tallo en soja. **Circular Técnica** n. 7, SENAVE, 2015. Disponível em: <http://www.senave.gov.py/docs/circular/Circular-Tecnica-N7-Melanagromyza-2015.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- BERNARDI, E. *et al.* Efeito dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre o desenvolvimento de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 127-129, 2022.
- BRIER, H.; CHARLESTON, K. Soybean stem fly outbreak in soybean crops. **The Beatsheet**, 2013. Disponível em: <<http://thebeatsheet.com.au/crops/pulses/soybeans/soybean-stem-fly-outbreak-insoybean-crops/>>. Acesso em: 05 março 2021.

CABI. Species page: soybean stem miner *Melanagromyza sojae*. 2020. Disponível em: <<https://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet/33003>>. Acesso em: 16 fev. 2022.

CÂMARA, G.M.S. Preparo do solo e plantio. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Org.). **Soja do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 66-109, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira. Grãos safra 2022/23 8º levantamento. **Boletim Técnico**, volume 10, número 8. 2023.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. Percevejos da soja e seu manejo. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa da Soja. EMBRAPA-CNPSo. **Circular Técnica**, 24. ISSN: 0100-6703. 1999.

CURIOLETTI, L.E. *et al.* First insights of soybean stem fly (SSF) *Melanagromyza sojae* control in South America. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 12, p. 841- 848, 2018.

CZEPAK, C. *et al.* First record of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in the Brazilian Savannah. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. 200-203, 2018.

DANNON, H. F. *et al.* Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. **Journal of Cotton Research**, v. 3, p. 1-21, 2020.

DHORE, Y. P. *et al.* Evaluation of newer insecticides against stem fly in soybean. **The Pharma Innovation Journal**, 12(2): 720-722, 2023.

DU, J. R.; HONG, L. M. An initial report of an experiment on controlling the agromyzid fly (*Melanagromyza sojae*) of soybean with carbofuran and the loss of yield caused by the pest. **Journal of Nanjing Agricultural University**, v. 5, p. 56-61, 1982.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019. New standards to curb the global spread of plant pests and diseases. Disponível em: <<https://www.fao.org/news/story/pt/item/1187738/icode/>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2023.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja-Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2007.

FERREIRA, D. *et al.* The soybean stem fly found on Persian clover as an alternative wintering host in the soybean belt of South America. **Genetics and Molecular Research**. 2020.

FOLLMANN, D. N. *et al.* Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 213-221, 2017.

FOLMANN, D.N; ARNEMANN, J.A; SCHORR, M.R. Cultivo de soja safrinha no Rio Grande do Sul. Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja. **Editora GR**, p. 254, 2022.

GASSEN, D.K.; SCHNEIDER, S. Ocorrência de *Melanagromyza* sp. (Dip. Agromyzidae) danificando soja no sul do Brasil. In: **Reunião De Pesquisa da Soja da Região Sul**, 13, 1985, Porto Alegre. Soja: resultados de pesquisa 1984-85. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 108-109.

GAZZONI, D. L. Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira. São Paulo: **Vozes**, 2008.

GUEDES, J. C. *et al.* Mosca-da-haste. **Cultivar Grandes Culturas** 197: 28-31, 2015.

GUEDES, J.C. *et al.* First record of soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in Paraguay confirmed by molecular evidence. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, p. 1-8, 2017.

HIROSE, E; MOSCARDI, F. Insetos de outras regiões do mundo: ameaças. Soja–manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga, 1st ed. **Embrapa**, Brasília, Brazil, p. 445-492, 2012.

JACKSON, M. A.; DUNLAP, C. A.; JARONSKI, S. T. Ecological considerations in producing and formulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol. Em: **The Ecology of Fungal Entomopathogens**. Netherlands, p. 129-145. 2009.

JADHAV, S. Bio-ecology and management of stem fly, *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Agromyzidae: Diptera) in soybean ecosystem. Tese - **University of Agricultural Sciences**, Dharwad, 2011.

KALVNADI, E. *et al.* Sub-lethal concentrations of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* increase fitness costs of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) offspring. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 158, p. 32-42, 2018.

KELLER, S; ZIMERMANN, G. Mycopathogens of soil insects. **Insect-fungus interactions**, p. 239-270, 1989.

KEYSER, C. A.; THORUP-KRISTENSEN, K.; MEYLING, N. V. *Metarhizium* seed treatment mediates fungal dispersal via roots and induces infections in insects. **Fungal ecology**, v. 11, p. 122-131, 2014.

LEE, S. Y. The mode of action of Endrin on the Bean Stem Miner, *Melanagromyza sojae* with special reference to its translocation in soybean plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 55, p. 956-954, 1962.

LINK, D; HATSCHBACH, M; LINK F.M. Mosca da haste da soja: ocorrência e danos. In: **XXXVII Reunião de pesquisa de soja da região Sul**, Porto Alegre. 2009.

LORD, J.C. From Metchnikoff to Monsanto and beyond: the path of microbial control. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 89, p. 19–29, 2005.

LOUREIRO, E.S. *et al.* Efeitos de produtos fitossanitários químicos utilizados em alface e crisântemo sobre fungos entomopatogênicos. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 263-269, 2002.

MARQUES, R. P. *et al.* *Melanagromyza sojae* Zehntner (Diptera: Agromyzidae) damage on soybean: high yield losses in the New World. **Journal of Economic Entomology**. *Artigo em trâmite para publicação.*

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 1-26, 2016.

McCOY, C.W.; TIGANO-MILANI, M. Use of entomopathogenic fungi in biological control: a world view. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, s/n, p. 87-93, 1992.

ORTIZ-URQUIZA, A.; LUO, Z.; KEYHANI, N. O. Improving mycoinsecticides for insect biological control. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 99, p. 1057-1068, 2015.

POZEBON, H. *et al.* Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 4, p. 1591–1608, 2020.

POZEBON, H. **Pragas invasivas da soja no Brasil e o caso da mosca-da-haste, *Melanagromyza sojae*: Diversidade genética na América do Sul.** Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

RAGAVENDRAN, C. *et al.* *Beauveria bassiana* (Clavicipitaceae): a potente fungal agent for controlling mosquito vectors of *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Royal Society of Chemistry Advances**, v. 7, n. 7, p. 3838 – 3851, 2017.

RAMON, *et al.* THE SOYBEAN STEM FLY CHEMICAL CONTROL ON SOYBEAN. *Artigo em trâmite para publicação.*

REHNER, S. A., *et al.* Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. **Mycologia**, v. 103, p. 1055–1073, 2011.

SAIN, S.K. *et al.* Evaluation of the Bioefficacy and Insecticide Compatibility of Entomopathogens for Management of Whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) on Upland Cotton Under Laboratory and Polyhouse Conditions. **Neotropical Entomology**, v. 51, p. 600–612, 2022.

SILVA, L.D. *et al.* Monitoring the susceptibility to insecticides in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) populations from Brazil. **Neotropical Entomology**, v 38, p. 116- 125, 2009.

SINGH, O. P.; SINGH K. J. Seasonal incidence and damage on *Melanagromyza sojae* (Zehntner) on soybean. **Indian Journal of Plant Protection**, v. 18, n. 2, p. 271-275, 1990.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DO MERCADO AGRÍCOLA (AMIS). Produção mundial de soja deve ficar em 370,7 milhões de toneladas. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/producao-mundial-de-soja-deve-ficar-em-3707-milhoes-de-toneladas/>>. Data de acesso: 16 de ago. 2023.

SPENCER, K. A. Division Bryophyta. In: Host specialization in the world Agromyzidae (Diptera). Dordrecht: **Springer Netherlands**, 1990. p. 1-3.

STRAKHOVA, I. S. *et al.* The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminer flies (Diptera, Agromyzidae) in the middle Volga Basin. **Entomology Review**, Basel, v. 93, p. 865-873, 2013.

STREETER, J. G.; JEFFERS, D. L. Distribution of total non-structural carbohydrates in soybean plants having increased reproductive load. **Crop Science**, v. 19, p. 729-734, 1979.

TALEKAR, N.S.; CHEN, B.S. The beanfly pest complex of tropical soybean, p.257-271. In: Soybean in tropical and sub-tropical cropping systems. **Asian Vegetable Research and Development Center**, Shanhua, Taiwan, Republic of China. 1985.

TALEKAR, N.S. Characteristics of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) damage in soybean. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, p. 584-588, 1989.

TALEKAR, N. S. Agromyzid flies of food legumes in the tropics. **Wiley Eastern**, New Delhi, v. 297, 1990.

TAY, W. T.; GORDON, K. H. J. Going global – Genomic insights into insect invasions. **Current Opinion in Insect Science**, v. 31, p. 123-130, 2019.

THAPA, R.B. Redescription of *Melanagromyza sojae* (Zehntner) from India and Nepal. **Nepalese Journal of Biosciences**, Biratnagar, v. 2, p. 64-70, 2012.

TROSSERO, *et al.* Mosca del tallo de la soja, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), en el centro de Santa Fe. 2020.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Word Agricultural Production. Distribuiton Online. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: 28 fev 2023.

VAN DEN BERG, H.; SHEPARD, B.; NASIKIN, B. M. Response of soybean to attack by stemfly *Melanagromyza sojae* in farmer's fields in Indonesia. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 4, p. 514-522, 1998.

VAN DER GOOT, P. The Agromyzid Flies of native leguminous Plants in Java. **The Agromyzid Flies of native leguminous Plants in Java.**, n. 78, 1930.

VEGA, F. E. *et al.* Fungal entomopathogens. **Insect Pathology**, p. 171-220, 2012.

VERA, M. A. *et al.* First record of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in chickpea crops. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, n. 2, p. 1869-1874, 2021.

VITORIO, L. *et al.* First record of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in Bolivia. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 18, p. gmr18222, 2019.

WANG, C.L. Occurrence and life-history of *Melanagromyza sojae* on soybean. **Journal of Agricultural Research of China**, v. 28, p. 217-223, 1979.

WANG, J.; GAI, J. Mixed inheritance model for resistance to agromyzid bean fly (*Melanagromyza sojae*, Zehntner) in soybean. **Euphytica**, Wageningen, v. 122, p. 9-18, 2001.

#### 4 ARTIGO

### **CONTROLE DA MOSCA-DA-HASTE [*Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE)] NA SOJA COM INSETICIDAS VIA TRATAMENTO DE SEMENTE**

### **CONTROL OF THE SOYBEAN STEM FLY [*Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE)] IN SOYBEAN WITH INSECTICIDES IN SEED TREATMENT**

#### **RESUMO**

A mosca-da-haste (*Melanagromyza sojae*) (Diptera: Agromyzidae) é uma praga que tem causado riscos econômicos para o cultivo de soja no Brasil e demais países colonizados pela espécie na América do Sul. Inicialmente restrita à região noroeste do Rio Grande do Sul e aos cultivos de segunda safra, a mosca-da-haste expandiu sua ocorrência para o restante do estado e do país, inclusive nos primeiros cultivos de soja. Ainda, há muitas questões a serem estudadas sobre o seu manejo, especialmente sobre o controle com produtos biológicos, químicos, táticas culturais e genéticas. Pelo ataque de *M. sojae* ser pouco visível e ocorrer no interior da haste das plantas de soja, o seu manejo se torna ainda mais desafiador. O controle biológico é uma técnica de manejo que tem sido utilizada de forma crescente, sendo ainda pouco explorada em *M. sojae*. Assim, o presente trabalho avaliou a eficácia de controle de inseticidas biológicos e químicos via tratamento de sementes, por meio da utilização de dois diferentes fungos entomopatogênicos: *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, além de inseticidas químicos compostos por Caixa Vigor Praga® (200 mL de Cruiser 350 + 100 mL de Fipronil + 100 mL de Maxim XL). Os tratamentos foram analisados em conjunto (químico + biológico) e também em separados. O tratamento biológico, ainda não explorado no controle de *M. sojae*, não demonstrou controle eficiente para a mosca-da-haste quando utilizado de forma isolada, manifestando resultados similares à testemunha. O controle químico, visto sua ação sistêmica e efeito residual, demonstrou resultados positivos nas primeiras avaliações. A adoção do tratamento de sementes utilizando produtos químicos como ferramenta de controle de *M. sojae* pode proteger a planta durante os estádios iniciais de desenvolvimento, que é o período mais suscetível ao ataque.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas de grãos de maior destaque no cenário internacional. O Brasil, tornou-se o principal produtor e exportador mundial da commodity, onde o setor agrícola representa  $\frac{1}{4}$  do PIB na economia (CASTRO, 2019). A produção de soja no Brasil da safra 2022/23 foi de 151,4 milhões de toneladas, volume 20,6% superior ao registrado no ciclo anterior (CONAB, 2023).

Contudo, apesar da expansão agrícola e diversos sistemas agroclimáticos, o Brasil apresenta condições de manter e desenvolver as pragas que causam prejuízos na produção. As falhas de controle de doenças e insetos-praga reduzem entre 20 até 40% de toda produtividade agrícola (FAO, 2019). Dessa forma, unindo o resultado do impacto observado por pragas nativas e não-nativas, a agricultura do país perde anualmente quase 20 bilhões devido ao ataque de artrópodes (OLIVEIRA et al., 2014).

A mosca-da-haste da soja, *Melanagromyza sojae* (Zehntner, 1990) (Diptera: Agromyzidae), é nativa da Ásia. Atualmente, está presente em diversos países da América do Sul: (ARNEMANN et al., 2016), Paraguai (GUEDES et al., 2017), Bolívia (VITORIO et al., 2019) e Argentina (TROSSERO et al., 2020). Estes países são responsáveis por mais de 50% da produção mundial, com quase 200 milhões de toneladas e cerca de 62 milhões de hectares cultivados na safra 2022/23 (USDA, 2023).

A larva é considerada a fase de maior severidade, pois os danos ocorrem através da alimentação, quando penetram na haste através das nervuras das folhas e formam galerias em seu interior. Este dano compromete os tecidos vasculares e afeta negativamente o transporte de água, nutrientes e fluxo de assimilados (TALEKAR, 1989). Marques et al. (artigo no prelo) relataram que as perdas podem atingir 61% da produção de grãos, reduzindo o número de grãos, peso de mil grãos e o rendimento final da cultura, principalmente na segunda safra de soja (FOLLMANN et al., 2017). Como o dano ocorre no interior da planta, os sintomas exteriores são quase imperceptíveis (POZEBON, 2021), dificultando a correta identificação de *M. sojae*.

O controle de insetos-praga via aplicação química é a forma mais utilizada no Brasil para manejo de pragas agrícolas (ALTOÉ et al., 2012). Somado a isso, fungos

entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* são exemplos de bioinseticidas adotados para o controle de pragas na lavoura. Dannon et al. (2020), relataram que *B. bassiana* é um dos agentes biológicos mais eficazes, considerado um agente promissor no setor biológico de diversas pragas. Além do mais, é o fungo mais utilizado no mundo para o controle de artrópodes em geral (ARTHURS; DARA, 2019).

*M. sojae* é considerada uma praga invasiva e recentemente categorizada no Brasil. Diante disso, ainda não houveram relatos na literatura sobre o seu controle biológico e químico via tratamento de sementes. Desta forma, o objetivo deste trabalho é verificar a eficácia de bioinseticidas no controle de *M. sojae*.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.2.1 Manejo da área

O experimento foi realizado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, conduzido na Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29° 42' 53" S, longitude: 53° 44' 02" W e altitude de 85 m) situado no município de Santa Maria. O experimento foi realizado nas safras 2021/2022 e houve a repetição do experimento na safra de 2022/2023. Na safra 2021/2022 a cultivar de soja utilizada foi a HO PIRAPÓ IPRO, com grupo de maturação 6.4, densidade de semeadura de 240.000 plantas por hectare e espaçamento entre linha de 0,5m. Já na safra 2022/2023 a cultivar de soja foi a BRASMAX ZEUS, com grupo de maturação 5.5, densidade de semeadura de 300.000 plantas por hectare e espaçamento entre linha de 0,5m. As parcelas na safra 2021/2022 continham uma área de 90 m<sup>2</sup> (6m x 15m). Na safra 2022/2023 houve uma redução do tamanho de cada parcela: 36m<sup>2</sup> (6m x 6m) cada.

Os produtos biológicos utilizados foram os fungos entomopatogênicos: *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* (empresa Simbiose®) (Tabela 1). Enquanto que o tratamento de sementes industrial com químicos é composto por Cruiser 350® (ingrediente ativo Tiametoxam, grupo químico dos neonicotinoides) + Maxim XL (Fludioxonil pertencente ao grupo químico Fenilpirrol + Metalaxil pertencente ao grupo químico Acilalaninato) + Fipronil (grupo químico Pirazol). Este

conjunto de inseticidas e fungicidas é comercialmente chamado de Caixa Vigor Praga (CVP), pertencente à multinacional Syngenta®.

Anteriormente à semeadura da soja, foi realizado o tratamento de sementes com os inseticidas biológicos. O tratamento químico foi realizado diretamente na indústria. Utilizou-se sacos plásticos, adotando-se a proporção de 60kg de sementes/hectare para cada parcela. Sendo assim, na safra 2021/2022, em cada parcela foi semeado 540 gramas de sementes e na safra 2022/2023 cada parcela foi composta por 216 gramas de sementes. Os produtos foram dosados com seringas e liberados dentro dos sacos plásticos onde estavam as sementes, até que houvesse uniformidade de distribuição dos produtos na superfície das sementes de soja. A data de semeadura na safra 2021/2022 foi dia 1º de fevereiro e, na safra 2022/2023 ocorreu dia 04 de fevereiro, enfatizando a semeadura tardia, momento em que demonstra maior suscetibilidade de ataque da praga devido ao seu comportamento noturno. O tratamento de sementes com produtos biológicos foi realizado em momento anterior à semeadura.

As aplicações de herbicidas e fungicidas foram realizadas sempre que necessário, realizando-se o monitoramento semanal da área para que o manejo fosse efetuado no momento adequado. Para dessecação pós-semeadura, em ambas as safras houveram aplicações de glifosato (equivalente ácido 500 g/L) e cletodim (240 g/L) aos 30 dias após a emergência. Também foram realizadas capinas manuais para buvas (*Conyza* spp.) que estavam em estádios avançados de desenvolvimento. Além do fungicida no tratamento de sementes em alguns tratamentos, houve aplicação foliar de picoxistrobina (90 g/L) + ciproconazole (40 g/L) no início da fase reprodutiva da soja em ambas as safras. Ocorreu apenas 1 aplicação de fungicida via aplicação aérea, decorrente das safras não apresentarem condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças. Por fim, aplicou-se inseticida à base de dinotefuram (84 g/L) + lambda-cialotrina (48 g/L) para controle de percevejos.

#### **4.2.2 Tratamentos**

Da mesma forma, os produtos biológicos e químicos foram aplicados de forma isolada e também em conjunto a fim de verificarmos as chances de melhor performance dos produtos no controle de *M. sojae*. Segue na Tabela 1 a seguir, os tratamentos utilizados, bem como suas especificações.

Tabela 1. Tratamentos para controle de mosca-da-haste, *M. soja* com concentrações dos produtos e suas doses (por hectare ou para 100 kg de sementes).

Tratamentos	Produtos comerciais	Composição	Concentrações	Dose/hectare ou dose/100 kg de sementes
T1	FlyControl	<i>Beauveria bassiana</i> , Simbi BB 15	47,5 g/L	0,5L/hectare
T2	FlyControl + Caixa Vigor Praga	<i>Beauveria bassiana</i> + Tiametoxam, Metalaxil, Fludioxonil,e Fipronil	47,5 g/L + 350 g/L, 10 g/L, 25 g/L e 800 g/kg.	0,5L/hectare + 200mL, 100 mL e 100 mL (para 100 kg de sementes)
T3	MethaControl Evolution	<i>Metarhizium anisopliae</i> , isolado IBCB 425	30 g/kg	2L/hectare
T4	MethaControl Evolution + Caixa Vigor Praga	<i>Metarhizium anisopliae</i> + Tiametoxam, Metalaxil, Fludioxonil e Fipronil	30 g/L + 350 g/L, 10 g/L, 25 g/L e 800 g/kg.	2L/hectare + 200mL, 100 mL e 100 mL (para 100 kg de sementes)
T5	Caixa Vigor Praga	Tiametoxam, Metalaxil, Fludioxonil e Fipronil	350 g/L, 10 g/L, 25 g/L e 800 g/kg.	200mL, 100 mL e 100 mL (para 100 kg de sementes)
T6	Testemunha	-	-	-

Fonte: o autor

As aplicações foram realizadas via tratamento de sementes, nas doses recomendadas pela bula de cada produto. Os produtos químicos seguiram a dose para cada kg de sementes, enquanto os biológicos, realizou-se a dosagem por hectare, conforme recomendação de bula.

O produto a base de *Beauveria bassiana* (cepa Simbi 15, concentração  $2 \times 10^9$  UFC/mL) é um inseticida microbiológico registrado para controle de *Dalbulus maidis* (cigarrinha-do-milho), *Bemisia tabaci* (mosca-branca), *Euschistus heros* (percevejo-marrom), *Dichelops melacanthus* (percevejo barriga-verde) em qualquer cultura na qual ocorra. A dose máxima recomendada na bula é 0,5L/hectare. Considerando a área das duas safras (90m<sup>2</sup> e 36m<sup>2</sup>/parcela), na safra 2021/2022, utilizou-se 4,5 mL/parcela e na safra seguinte, 1,8 mL/parcela.

O outro inseticida microbiológico é a base de *Metarhizium anisopliae* (isolado IBCB 425, concentração  $2 \times 10^9$  UFC/mL). Este produto é registrado para o controle de percevejo castanho (*Scaptocoris castanea*) em qualquer cultura na qual ocorra. A dose máxima recomendada na bula é 2L/hectare. Considerando a área das duas safras (90m<sup>2</sup> e 36m<sup>2</sup>/parcela), na safra 2021/2022, utilizou-se 18 mL/parcela e na safra seguinte, 7,2 mL/parcela.

Não houve a mistura dos agentes biológicos, pois, devido a pesquisas, pode haver ação antagônica entre microorganismos competidores (NEVES; SANTORO, 2011). Dos Santos et al. (2006), relataram que *M. anisopliae* apenas demonstrou sintomas de infecção quando utilizado isoladamente (sem *B. bassiana*) para controle de coleópteros.

### 4.2.3 Avaliações

As plantas de soja foram monitoradas desde a emergência da cultura. Porém, infectadas pela praga em estádios vegetativos a partir de 3 trifólios desenvolvidos. A infestação natural ocorreu na safra 2021/2022 e 2022/2023, a partir de V4, período considerado crítico para a ocorrência da praga (CABI, 2020).

O planejamento após a aplicação do produto, era realizar as avaliações em V1 e a cada estágio de desenvolvimento da cultura, até V6 (após este período, o tratamento de sementes, principalmente o químico, pode não apresentar mais efeito sobre as pragas). Contudo, as avaliações continuaram até R5, a fim de verificarmos a incidência de *M. sojae*.

Na Tabela 2 a seguir, observa-se as datas das avaliações e estádios fenológicos que a planta de soja se encontrava em cada avaliação.

Tabela 2. Datas das avaliações de acordo com a escala fenológica da soja. Santa Maria, RS, Brasil

Safra 2021/22	Safra 2022/23	Símbolo	Denominação	Descrição
28/02	02/03	V4	Quarto nó	3ª folha trifoliolada aberta
04/03	10/03	V6	Sexto nó	5ª folha trifoliolada aberta
12/03	15/03	V8	Oitavo nó	7ª folha trifoliolada aberta
18/03	22/03	R1	Início da floração	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal
01/04	01/04	R3	Início da frutificação	Vagens com até 1,5 cm de comprimento
13/04	13/04	R5.3	Média granação	Granação de 25 a 50%

Fonte: Fehr; Caviness (1977); Ritchie; Hanway; Thompson (1982)

As avaliações das larvas e pupas foram realizadas com o arranquio da planta de soja, cortando-se a sua base (sistema radicular), abrindo longitudinalmente a haste principal (com o auxílio de um canivete) e, logo em seguida, foram observadas as galerias ou presença da praga. Posteriormente, conta-se o número total de plantas com injúrias ou com a presença de *M. sojae*.

Realizou-se 3 tipos de avaliações em cada parcela: comprimento da haste broqueada, porcentagem de plantas atacadas e a porcentagem do comprimento da haste broqueada.

Para a porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada por *M. sojae*, fez-se uma relação do comprimento da haste broqueada pela altura total da haste de cada planta. Para a porcentagem de plantas atacadas por *M. sojae*, fez-se uma relação do total de plantas broqueadas pelo total de plantas recolhidas. Para o comprimento (em centímetros) dos danos realizados pela praga, realizou-se esta medida diretamente na haste broqueada com o auxílio de uma régua.

#### 4.2.4 Análises estatísticas

Verificou-se a distribuição de normalidade das variáveis por meio do teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância no software Sisvar. Para os dados que se mostraram significativos ( $P > 0,05$ ), realizou-se testes paramétricos para comparação das médias.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, ao teste de comparação de médias Scott-Knott a 5% de significância ( $P \leq 0,05$ ). Para as análises de média, utilizou-se o software Microsoft Excel e para as análises estatísticas, utilizou-se o software Sisvar (FERREIRA, 2014).

### 4.3 RESULTADOS

#### 4.3.1 Porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada

Conforme a Tabela 3, referente à porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada por *M. sojae* na safra 2021/22, os tratamentos iniciaram com poucos indícios de infecção, quando apenas foram observados os primeiros sintomas em V4 (realizou-se monitoramento a cada 5 dias). A testemunha (tratamento 6), foi a parcela mais afetada pela ocorrência da praga, com quase metade da haste broqueada (42%) já no início da fase vegetativa da cultura.

Em V6 e V8, havia infestação em todas as parcelas, com comprometimento entre 20-50% da haste principal da soja, quando os tratamentos não demonstraram diferenças significativas entre si (exceto *Beauveria bassiana* com quase metade da haste comprometida: 48,50%).

Em R3, nota-se como piores resultados as parcelas com apenas os biológicos: *Beauveria bassiana* com 56% e *Metarhizium anisopliae* com 52,25% da haste comprometida. Neste mesmo estágio, o químico estava com 28% da haste com danos.

No estágio fenológico R5, observou-se que o uso de biológicos juntamente com o químico ou apenas o químico, demonstraram os menores impactos de danos nas plantas de soja, apresentando menores extensões de galerias comprometidas pela praga que os demais: *Beauveria bassiana* + tiametoxam (35,25%), *Metarhizium anisopliae* + tiametoxam (33,50%) e tiametoxam (29,50%). Neste mesmo estágio, a testemunha se encontrava com quase metade da galeria danificada (48%), bem como o tratamento que apresentava apenas *B. bassiana* (46,75%). Ou seja, o grau de

interrupção do fluxo de seiva foi menos afetado nos tratamentos 2, 4 e 5, os quais tiveram em comum aplicações de tiametoxam.

A testemunha (tratamento 6), apresentou uma infestação inicial da praga extremamente agressiva. Nas primeiras avaliações, quase a metade do comprimento da planta estava comprometido com a formação das galerias (42%). Após o crescimento das plantas, o tamanho dos danos não acompanhou o comprimento da planta. Por isso, temos valores iniciais elevados que depois se estabilizaram. Os demais tratamentos tiveram uma infestação inicial mais lenta e foram progredindo com o desenvolvimento da soja, visto que foi se perdendo o efeito residual de alguns tratamentos. Na Tabela 3, segue a porcentagem do comprimento da haste injuriada por *M. sojae*.

Tabela 3. Porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada por *Melanagromyza sojae* em relação ao tamanho total da planta em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2021/2022, Santa Maria, RS, Brasil.

Tratamentos	V4	V6	V8	R1	R3	R5
1	0,00 a <sup>3</sup>	44,00 <sup>4</sup>	48,50 b	67,50 b	56,00 c	46,75 b
2	0,00 a	20,75	30,50 a	65,50 b	39,50 b	35,25 a
3	0,00 a	43,50	33,00 a	62,25 b	52,25 c	41,75 b
4	2,00 a	48,00	32,50 a	45,25 a	31,75 a	33,50 a
5	0,00 a	17,50	36,25 a	37,25 a	28,00 a	29,50 a
6	42,00 b	29,25	30,75 a	32,25 a	37,50 b	48,00 b
CV (%) <sup>1</sup>	159,29	89,52	24,24	26,05	12,82	14,98
EP <sup>2</sup>	5,84	15,14	4,27	6,72	2,61	2,93
F	8,474	0,747	2,541	5,211	18,10	6,59
P-valor	0,0003	0,5988	0,0658	0,0039	0.0000	0.0012

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; <sup>2</sup>Erro padrão; <sup>3</sup>Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ); <sup>4</sup>Não significativo. Descrição dos tratamentos: 1 – *Beauveria bassiana*; 2 – *Beauveria bassiana* + químico; 3 – *Metarhizium anisopliae*; 4 – *Metarhizium anisopliae* + químico; 5 – Químico; 6 – Testemunha.

Na Tabela 4, visualiza-se a porcentagem do comprimento da haste injuriada pela praga na safra 2022/23. Nota-se que não houveram diferenças estatísticas devido a uma pressão da praga extremamente alta desde o início das avaliações. Dessa forma, o tratamento de sementes utilizado de forma única como controle, pode comprometer a segurança da cultura.

Nota-se, na Tabela 4, que desde as primeiras avaliações (estádio V4), tratamentos como *Beauveria bassiana* (1) e *Metarhizium anisopliae* (3), já estavam com mais da metade da extensão da planta broqueada pela larva (respectivamente 67,0% e 51,33%). Contudo, todos os tratamentos foram afetados drasticamente com a pressão de *M. sojae* desde o início das avaliações, não havendo diferenças estatísticas entre si. Ao final das avaliações, visualiza-se o comprometimento em torno de 60% da haste da soja em tratamentos com apenas *B. bassiana* e testemunha.

Tabela 4. Porcentagem do comprimento da haste da soja injuriada por *Melanagromyza sojae* em relação ao tamanho total da planta em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2022/2023, Santa Maria, RS, Brasil.

Tratamentos	V4	V6	V8	R1	R3	R5
1	67,00 a <sup>3</sup>	39,66 <sup>4</sup>	48,33 <sup>4</sup>	47,00 <sup>4</sup>	50,33 <sup>4</sup>	59,00 <sup>4</sup>
2	43,00 a	28,00	40,66	56,33	64,33	53,33
3	51,33 a	44,66	50,00	52,66	53,33	54,66
4	31,33 a	41,33	64,66	49,33	58,33	54,66
5	41,33 a	36,33	41,00	45,00	43,00	52,00
6	27,66 a	43,66	52,33	56,66	57,66	60,66
CV (%) <sup>1</sup>	33,73	22,30	25,82	28,68	21,51	16,01
EP <sup>2</sup>	8,49	5,01	7,37	8,47	6,76	5,14
F	2,820	1,494	1,432	0,329	1,189	0,430
P-valor	0,0655	0,2628	0,2818	0,8861	0,3706	0,8194

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; <sup>2</sup>Erro padrão; <sup>3</sup>Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ); <sup>4</sup>Não significativo. Descrição dos tratamentos: 1 – *Beauveria bassiana*; 2 – *Beauveria bassiana* + químico; 3 – *Metarhizium anisopliae*; 4 – *Metarhizium anisopliae* + químico; 5 – Químico; 6 – Testemunha.

#### 4.3.2 Porcentagem de plantas atacadas pela praga

Na Tabela 5, é apresentada a porcentagem de plantas atacadas pela praga na safra 2021/22. Refere-se ao total de plantas injuriadas e/ou com a presença de galerias formadas em relação ao total de plantas coletadas. Em V4, notou-se os primeiros sintomas de aparecimento da praga, com valores atingindo até 6% de

plantas com presença de *M. sojae* na parcela testemunha. Contudo, em V6 iniciaram os danos mais agressivos e generalizados, atacando 1/3 da planta em parcelas com adoção apenas do biológico, especialmente com *B. bassiana* (33% das plantas estavam com sintomas).

Até o início da fase reprodutiva da soja (R1), percebe-se que as plantas tratadas com o químico (tratamento 5), ou juntamente com o biológico (tratamentos 2 e 4) apresentaram o menor número de plantas atacadas em relação ao total de plantas recolhidas: 43,50% (apenas tiametoxam), 41,25% (*B. bassiana* + tiametoxam) e 51,50% (*M. anisopliae* + tiametoxam), reforçando a presença de táticas de controle integrativas. Quando se observa a testemunha, 87% das plantas tinham sido atacadas até R1, enquanto que o tratamento com *B. bassiana* (tratamento 1), já apresentava quase 90% de plantas atacadas e, o tratamento com *M. anisopliae* (tratamento 3), apresentava 76,75% de plantas atacadas. Após R3, as infestações estavam generalizadas (próximas de 100% de plantas atacadas) e presente em praticamente todas as plantas de soja, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 3. Porcentagem de plantas atacadas por *Melanagromyza sojae* em relação ao total de plantas recolhidas em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2021/2022, Santa Maria, RS, Brasil.

Tratamentos	V4	V6	V8	R1	R3	R5
1	0,00 a <sup>3</sup>	33,00 b	45,75 b	89,25 b	93,50 <sup>4</sup>	95,50 <sup>4</sup>
2	2,00 a	14,50 a	47,75 b	41,25 a	91,25	83,00
3	0,00 a	24,75 b	51,75 b	76,75 b	87,00	85,00
4	0,00 a	8,00 a	22,50 a	51,50 a	97,75	93,50
5	0,00 a	2,00 a	28,75 a	43,50 a	87,00	87,25
6	6,00 b	6,00 a	51,75 b	87,00 b	95,75	95,75
CV (%) <sup>1</sup>	173,21	84,00	33,89	17,25	7,59	8,87
EP <sup>2</sup>	1,15	6,17	7,01	5,59	3,49	3,99
F	4,400	3,762	3,217	15,45	1,637	1,972
P-valor	0,0086	0,0166	0,0300	0,0000	0,2011	0,1320

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; <sup>2</sup>Erro padrão; <sup>3</sup>Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ); <sup>4</sup>Não significativo. Descrição dos tratamentos: 1 – *Beauveria bassiana*; 2 – *Beauveria bassiana* + químico; 3 – *Metarhizium anisopliae*; 4 – *Metarhizium anisopliae* + químico; 5 – Químico; 6 – Testemunha.

Na Tabela 6, visualiza-se o número total de plantas com danos em relação ao número total de plantas recolhidas na safra 2022/23. Nota-se que o tratamento apenas com *Metarhizium anisopliae* (tratamento 3), desde sua primeira avaliação (V4), já estava com a grande parte de suas plantas infectadas pela mosca (46,66%). O tratamento testemunha (6), assim como *Metarhizium anisopliae*, a partir de 5 trifólios completamente desenvolvidos (estádio V6) já estavam comprometidos pela praga (respectivamente 96,66% e 76,66%) destacando-se dos demais através do teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ), sendo os dois tratamentos mais prejudicados desde o início da infestação. A partir do estágio V8, quase a totalidade das plantas de todos os tratamentos estavam sob ataque de *M. sojae*, atingindo 100% das parcelas em R5.

Tabela 6. Porcentagem de plantas atacadas por *Melanagromyza sojae* em relação ao total de plantas recolhidas em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2022/2023, Santa Maria, RS, Brasil.

Tratamentos	V4	V6	V8	R1	R3	R5
1	24,66 <sup>4</sup>	56,66 a <sup>3</sup>	83,33 a	80,00 a	96,66 <sup>4</sup>	100 a
2	23,33	53,33 a	80,00 a	80,00 a	96,66	100 a
3	46,66	76,66 b	90,00 a	96,66 b	100	100 a
4	33,33	66,66 a	93,33 a	96,66 b	96,66	100 a
5	33,33	50,00 a	100 a	93,33 b	100	100 a
6	13,33	96,66 b	100 a	100 b	100	100 a
CV (%) <sup>1</sup>	45,98	18,03	8,58	10,98	4,15	0,00
EP <sup>2</sup>	7,72	6,93	4,51	5,77	2,35	4,13
F	2,163	6,462	3,418	2,356	0,600	1,00
P-valor	0,1270	0,0039	0,0376	0,1040	0,7013	0,0000

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; <sup>2</sup>Erro padrão; <sup>3</sup>Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ); <sup>4</sup>Não significativo. Descrição dos tratamentos: 1 – *Beauveria bassiana*; 2 – *Beauveria bassiana* + químico; 3 – *Metarhizium anisopliae*; 4 – *Metarhizium anisopliae* + químico; 5 – Químico; 6 – Testemunha.

#### 4.3.3 Comprimento (em centímetros) dos danos

Na tabela abaixo (Tabela 7), visualiza-se o comprimento em centímetros dos danos ocasionados pela praga na safra 2021/22. Nota-se que apenas na primeira

avaliação em V4, podemos perceber diferenças estatísticas, especificamente no tratamento testemunha (6), em que houve uma maior pressão desde o início da infestação (9,75 cm de dano). Os demais tratamentos ainda não tinham dano ou próximos de 1cm. Posteriormente a este período, não há diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com o comprimento de dano realizado na haste principal da soja. Além disso, pode-se destacar que o comprimento da galeria com o sintoma foi progredindo gradativamente, podendo atingir valores próximos a 14 centímetros.

Tabela 7. Comprimento (em centímetros) dos danos realizados por *Melanagromyza sojae* em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2021/2022, Santa Maria, RS, Brasil.

Tratamentos	V4	V6	V8	R1	R3	R5
1	0,00 a <sup>3</sup>	6,25 <sup>4</sup>	10,25 <sup>4</sup>	8,00 <sup>4</sup>	11,75 <sup>4</sup>	14,00 <sup>4</sup>
2	1,25 a	3,00	6,75	10,50	11,50	13,00
3	0,00 a	6,00	7,75	8,75	12,00	14,50
4	0,75 a	5,75	7,00	7,75	11,00	13,50
5	0,00 a	1,75	7,50	7,00	10,25	14,00
6	9,75 b	5,00	6,50	7,50	10,50	14,75
CV (%) <sup>1</sup>	152,36	87,12	25,54	23,12	16,28	14,40
EP <sup>2</sup>	1,49	2,01	0,97	0,95	0,90	1,00
F	6,666	0,830	1,971	1,704	0,595	0,406
P-valor	0,0011	0,5450	0,1320	0,1847	0,7042	0,8382

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; <sup>2</sup>Erro padrão; <sup>3</sup>Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ); <sup>4</sup>Não significativo. Descrição dos tratamentos: 1 – *Beauveria bassiana*; 2 – *Beauveria bassiana* + químico; 3 – *Metarhizium anisopliae*; 4 – *Metarhizium anisopliae* + químico; 5 – Químico; 6 – Testemunha.

Na Tabela 8, visualiza-se o comprimento (em centímetros) dos danos ocasionados pela praga na haste principal da soja na safra 2022/23. Percebe-se que apenas o tratamento 6 (testemunha) se diferenciou estatisticamente dos demais no estágio fenológico R3 (13 cm), indicando a maior galeria em extensão formada pela praga em sua fase larval. Nas demais avaliações, não há diferenças estatísticas entre os tratamentos. Percebe-se que o dano formado através das galerias iniciou com aproximadamente 5 centímetros, evoluindo para prejuízos próximos a 14 cm em cada

planta avaliada, o que corrobora com os dados das avaliações da safra do ano anterior.

Tabela 8. Comprimento (em centímetros) dos danos realizados por *Melanagromyza sojae* em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Experimento A, temporada 2022/2023, Santa Maria, RS, Brasil.

Tratamentos	V4	V6	V8	R1	R3	R5
1	6,66 <sup>4</sup>	5,00 <sup>4</sup>	8,33 <sup>4</sup>	9,66 a <sup>3</sup>	9,33 a	13,66 <sup>4</sup>
2	5,33	4,00	7,33	8,00 a	10,66 a	13,66
3	5,66	5,66	8,66	9,66 a	10,33 a	14,00
4	3,00	5,33	10,66	8,33 a	11,00 a	12,33
5	4,66	5,33	7,00	9,33 a	9,33 a	13,66
6	3,33	6,33	8,00	11,00 a	13,00 b	13,66
CV (%) <sup>1</sup>	45,75	22,33	29,12	11,01	9,63	5,79
EP <sup>2</sup>	1,26	0,68	1,40	0,59	0,59	0,45
F	1,247	1,288	0,860	3,284	4,800	1,691
P-valor	0,3473	0,3314	0,5345	0,0424	0,0122	0,2112

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; <sup>2</sup>Erro padrão; <sup>3</sup>Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ); <sup>4</sup>Não significativo. Descrição dos tratamentos: 1 – *Beauveria bassiana*; 2 – *Beauveria bassiana* + químico; 3 – *Metarhizium anisopliae*; 4 – *Metarhizium anisopliae* + químico; 5 – Químico; 6 – Testemunha.

#### 4.4 DISCUSSÃO

Para que a utilização dos produtos biológicos seja eficiente, as condições ambientais precisam estar adequadas ao desenvolvimento do organismo, pois os fungos entomopatogênicos são altamente dependentes de temperatura e umidade. As temperaturas ideais variam de 21°C até 27°C (LANZA; MONTEIRO; MALHEIROS, 2009), acima desse limite, a temperatura afeta a paralisação do fungo. De acordo com Fargues et al. (1997), a faixa ótima de desenvolvimento de *B. bassiana* é entre 25-28°C.

Na safra 2021/22 em Santa Maria/RS, desde o plantio (início de fevereiro) até a última avaliação (metade de abril), ocorreram médias de temperatura máxima de 22,2°C (atingindo valores máximos próximos de 35°C em ambas as safras) e mínima de 21,0°C, além de médias de umidade relativa do ar máxima de 77,0% e mínima de

71,2%. Por fim, precipitações de 372,8 milímetros durante o experimento. Na safra 2022/23, neste mesmo período e local, ocorreram médias de temperatura máxima de 23,7°C e mínima de 22,3°C, além de médias da umidade relativa do ar máxima de 74,8% e mínima de 68,8%, com precipitações totalizando 207 milímetros (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2023).

Os bioinseticidas à base de *B. bassiana* e *M. anisopliae*, estão entre os mais utilizados para controle de insetos-praga (OLIVEIRA, 2017). Apesar de haver o registro para diversos artrópodes, estes fungos entomopatogênicos não estão registrados para o controle de *M. sojae*. Segundo Oliveira (2017), os principais alvos de controle registrados pelos bioinseticidas são as cigarrinhas, ácaros e mosca-branca. Dessa forma, nota-se que sua utilização é restrita a poucos insetos-praga, considerando-os bioinsumos seletivos. Nesse contexto, é de suma importância a realização de estudos voltados para o teste de potenciais ações de controle, principalmente de origem biológica e aplicações via tratamento de sementes.

O efeito de patogenicidade e virulência dos fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* para qualquer artrópode é potencializado através do amplo espectro de ação para determinada espécie, podendo atingir todas as fases de desenvolvimento (ALVES, 1998), como neste caso, ovos, larvas, pupas e adultos. Além da contaminação durante todo ciclo da praga, o modo de infecção é outra vantagem interessante: não há a necessidade de ingestão direta dos patógenos, apenas o contato físico já é um precursor de contaminação (ERTHAL JUNIOR, 2011; MASCARIN; JARONSKI, 2016). Contudo, o modo de contaminação pode ter sido prejudicado nas duas safras estudadas, devido a paralisação dos fungos decorrente da temperatura excessiva, visto que os tratamentos com biológicos não se sobressaíram em comparação com os químicos.

Em relação a porcentagem do comprimento da haste broqueada na safra 2021/2022, nota-se que apenas o controle isolado do fungo, *B. bassiana* ou *M. anisopliae*, estatisticamente, não diferiram da testemunha. Já o manejo biológico associado ao químico, ou apenas o manejo químico, resultaram em respostas positivas no quesito comprimento de galeria em relação ao comprimento total da planta (refere-se à porcentagem de dano), pois apresentaram cerca de 1/3 da haste broqueada. O comprimento da haste broqueada aproximou-se de 50% do comprimento da haste total na parcela testemunha, a qual iniciou com os maiores danos de broqueamento (atingindo 40% desde a primeira avaliação).

Em relação a porcentagem do comprimento da haste broqueada na safra 2022/23, não houveram diferenças estatísticas entre os tratamentos, devido a população ser extremamente alta. Nestes casos, recomenda-se realizar as aplicações sequenciais e adotar medidas alternativas, além do biológico (PASINI et al., 2020). Encontrou-se valores próximos a 60% do comprimento da haste total no estágio R5 em todas as parcelas. Em resultados na literatura, a haste danificada pode ocupar 70% do comprimento da haste total (SINGH; SINGH, 1990).

Referente à porcentagem de plantas atacadas na safra 2021/22, o grau de infestação é incontável, principalmente na parcela testemunha, a qual iniciou com 6% de infestação e já na próxima avaliação estava com mais da metade da parcela infestada pela praga (51,75%). Quando se compara com os demais tratamentos, percebe-se que esses apresentam um crescimento gradativo, enquanto que a testemunha apresenta um crescimento exponencial, fato que ocorreu em ambas as safras. Diante disso, nota-se a importância de realizar o tratamento para controle de *M. sojae*, sendo químico ou biológico, ou ainda sua fusão, pois após um mês da germinação da soja, a parcela testemunha estava com 87% de plantas coletadas com a praga, *B. bassiana* com 89,2%, *M. anisopliae* com 76,7%, enquanto que a mistura de *B. bassiana* + químico estava com 41,2%, *M. anisopliae* + químico com 51,5% e apenas o químico, com 43,50% de plantas coletadas com a injúria de *M. sojae*.

Em ambos os experimentos referentes ao ataque da praga, todas ou praticamente todas as plantas coletadas estavam comprometidas com o broqueamento da larva ao final das avaliações. Contudo, pode-se perceber que na safra 2021/2022, o tratamento com *B. bassiana* + Caixa Vigor Praga, *M. anisopliae* + Caixa Vigor Praga e Caixa Vigor Praga isolado (tratamentos 2, 4 e 5, respectivamente), tiveram uma taxa de incidência da praga menor que os demais até a quarta avaliação (R1). Neste sentido, nota-se estes tratamentos continham tiametoxam, o qual demonstrou seu efeito de controle até quase um mês após a germinação da cultura.

Na safra 2022/2023, referente à porcentagem de plantas atacadas, desde a primeira avaliação houveram parcelas em que o inseto estava presente em quase metade das plantas coletadas. Dessa forma, com uma taxa de infecção ainda mais expressiva, além do tratamento de sementes, é preciso realizar aplicações sequenciais de inseticidas (CURIOLETTI et al., 2018; DHORE et al., 2023; RAMON et al. (artigo no prelo)). Apenas o residual do produto na semente, considerando o

período da emergência até o momento da colheita, não garante o controle desejado. Assim, é necessário intervir desde o início de desenvolvimento da cultura, que coincide com o período de maior suscetibilidade e ocorrência da praga (TALEKAR; CHEN, 1985; CABI, 2020).

No quesito comprimento da galeria broqueada, não houveram diferenças estatísticas entre os tratamentos referente as duas safras. O dano ocorreu de forma crescente, até atingir aproximadamente 14 centímetros de extensão. Na literatura, há o conhecimento que na soja de segunda safra ou safrinha poderia atingir 13,4 cm de extensão (LEE, 1962; WANG, 1979), corroborando com os dados deste projeto.

Possivelmente, o manejo que obteve resultados mais expressivos ocorreu diante da utilização de tiametoxam (GAZZONI, 2008), pois os tecidos da planta permanecem contaminados durante várias semanas com a adoção do químico (GODÓI, 2021). Exceto na safra 2022/2023, em que houve uma infecção extremamente alta da praga, dificultando o controle apenas com TS.

Dentre os inseticidas mais utilizados no TS, encontram-se os neonicotinoides, que atuam nos receptores nicotínicos da acetilcolina, causando hiperatividade e posterior colapso do sistema nervoso, podendo acarretar efeitos letais e subletais sobre as pragas (TOMIZAWA; CASIDA, 2005). Somente nos Estados Unidos, 30% da área utilizada de soja são tratadas com neonicotinoides (EPA, 2014), evidenciando a aplicabilidade deste grupo químico.

De acordo com a literatura, o grupo químico dos neonicotinoides apresentam um efeito bioativador (DHUNGANA et al., 2020). O uso do tiametoxam como ingrediente ativo e de seu metabólito, clotianidina, tem se mostrado redutor no acúmulo de EROs e consequente ação antioxidante (YILDZTEKIN et al., 2015). No que tange à redução dos EROS, observa-se aumento da germinação, crescimento e desenvolvimento de parte aérea e raízes (DHUNGANA et al., 2020). Ainda, estas moléculas induzem a biossíntese endógena de ácido salicílico (AS), componente que desempenha a função regulador em processos fisiológicos e de mediar as defesas e respostas da planta ao estresse (FORD et al., 2010). Ainda, quando uma planta é tratada com tiametoxam e se encontra em condições de estresse hídrico ou à competição com plantas daninhas, ocorre alterações benéficas no metabolismo da planta tratada com esta molécula (ENDRES et al., 2016).

O sucesso deste grupo químico pode ser explicado através do amplo espectro de ação sobre insetos-praga e da sua excelente translocação na planta (CARVALHO;

PERLIN; COSTA, 2011). Ainda assim, a sua ação sistêmica apresenta resultados significativos para insetos sugadores e mastigadores.

Adicionalmente a esta molécula química e em relação ao coeficiente de partição octanol/água ( $K_{ow}$ ), pode-se salientar que se o  $K_{ow}$  for menor que 1 ( $\log K_{ow} < 0$ ), o composto é considerado polar e tende a ser translocado via xilema a longas distâncias na planta (ANTUNES-KENYON; KENNEDY, 2001). O tiametoxam apresenta  $\log K_{ow} -0,13$ , que o caracteriza como polar, sendo propenso a translocar pelo xilema e atingir diversas regiões da planta. Dessa forma, provavelmente o produto químico tenha tido vantagens em relação ao biológico através do sucesso de translocação na planta de forma total ou mais rápida.

A alta capacidade de translocação dos neonicotinoides (ingrediente ativo como o tiametoxam) e as diamidas (ingredientes ativos como clorantraniliprole e ciantraniliprole), resultam em maiores chances de controle das larvas, pois pertencem aos grupos químicos com alta capacidade de translocação (GAZZONI, 2008). Inseticidas de contato como o grupo químico dos piretroides e outros produtos de choque são mais eficientes quando atingem diretamente a praga, neste caso, a fase adulta da mosca-da-haste (POZEBON, 2021).

De acordo com Curioletti et al. (2018), próximo de 40 dias após a emergência da soja, o tratamento de sementes com o químico não responde de forma eficiente para controle da mosca-da-haste. Nota-se que neste projeto, posteriormente a este período, a maior parte das plantas já estavam broqueadas, possivelmente devido ao término do efeito residual do tiametoxam. Dessa forma, percebe-se que o biológico teve um bom desempenho aliado ao químico. Contudo, apenas o controle químico, aplicado de forma isolada, trouxe resultados significativos na safra 2021/2022 para controle de mosca-da-haste.

#### 4.5 CONCLUSÕES

O experimento realizado nas duas safras agrícolas trouxe resultados em uma área ainda incipiente no manejo de *M. sojae*. O controle biológico é um método com potencial de crescimento no Brasil e demais países agrícolas. Especificamente, para o manejo de mosca-da-haste, as avaliações realizadas a campo sugerem baixa taxa de infecção. Contudo, mais estudos são necessários para compreender como utilizar os fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, via tratamento de sementes para o manejo de mosca-da-haste em soja.

Pode-se concluir, que o controle químico com o tiametoxam utilizado de forma isolada, reduz a taxa de incidência da praga na fase de maior suscetibilidade da cultura devido ao ataque de *M. sojae*. Além do tratamento de sementes, é necessário aplicações sequenciais de inseticidas após a emergência da cultura, visto que em altas infestações da mosca-da-haste, apenas o TS não é suficiente para garantir proteção em estádios avançados da soja.

## REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, T. S. *et al.* *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 1, p. 82-89, 2012.
- ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Ed. Piracicaba, FEALQ. p. 289-382, 1998.
- ANTUNES-KENYON, S.E.; KENNEDY, G. Thiamethoxam: a new active ingredient review. Massachusetts: **Massachusetts Pesticide Bureau**, 37 p. 2001.
- ARNEMANN, J. A. *et al.* Soybean Stem Fly, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), in the New World: detection of high genetic diversity from soybean fields in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, 2016.
- ARTHURS, S.; DARA, S. K. Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 165, p. 13-21. 2019.
- CABI. Species page: soybean stem miner *Melanagromyza sojae*. 2020. Disponível em: <<https://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet/33003>>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E. C.. Thiametoxam em tratamento de sementes. **Revista Monografias Ambientais**, p. 158-175, 2011.
- CASTRO, N. R. Labor productivity increases more in agrobusiness than in Brazil and boots sector GDP. **CEPEA**. 2019.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). RIO GRANDE DO SUL – Conab realiza Croptour da soja no estado. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4949-rio-grande-do-sul-conab-realiza-croptour-da-soja-no-estado>>. 2023.
- CURIOLETTI, L.E. *et al.* First insights of soybean stem fly (SSF) *Melanagromyza sojae* control in South America. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 12, p. 841- 848, 2018.
- DANNON, H. F. *et al.* Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. **Journal of Cotton Research**, v. 3, n. 1, p. 1-21, 2020.
- DHORE, Y.P. *et al.* of newer insecticides against stem fly in soybean. **The Pharma Innovation Journal**, 12(2): 720-722, 2023.
- DHUNGANA, S. K. *et al.* Comparative effect of different insecticides on the growth and yield of soybeans. **Plant Protection Science**, v. 56, n. 3, p. 206-213, 2020.

DOS SANTOS, J. C. *et al.* Efeito da combinação de espécies de fungos entomopatogênicos e de temperatura de incubação na mortalidade de *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). *Semina: Ciências Agrárias*, v. 27, n. 4, p. 525-531, 2006.

ENDRES, L. *et al.* Morphological and physiological response of sugarcane under abiotic stress to neonicotinoid insecticides. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 28, p. 347-355, 2016.

EPA. U. S. Environmental Protection Agency. Benefits of neonicotinoid seed treatments to soybean production. 2014.

ERTHAL JUNIOR, M. Controle biológico de insetos pragas. In: SEMINÁRIO MOSAICO AMBIENTAL: OLHARES SOBRE O AMBIENTE, 1., 2011, **Campos de Goytacazes**. Seminário. Campos de Goytacazes: IFF Guarus: S.i., 2011. p. 1 - 16.

FARGUES, J. *et al.* Effect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. *Mycologia*, v. 89, n. 3, p. 383-392, 1997.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, **Cooperative Extension Service**, 1977. 11 p. (Special Report, n. 80).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, p. 109-112. 2014.

FOLLMANN, D.N. *et al.* Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 213-221, 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019. New standards to curb the global spread of plant pests and diseases. Disponível em: <<https://www.fao.org/news/story/pt/item/1187738/icode/>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2023.

FORD, K. A. *et al.* Neonicotinoid insecticides induce salicylate-associated plant defense responses. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 41, p. 17527-17532, 2010.

GAZZONI, D. L. Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira. São Paulo: **Vozes**, 2008.

GODÓI, C. T. D.. **Bioativação e hormese de tiametoxam em soja**. Dissertação - Universidade Federal de Viçosa. 2021.

GUEDES, J.C. *et al.* First record of soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in Paraguay confirmed by molecular evidence. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, p. 1-8, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Mapa de estações. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: dez. 2023.

LANZA, L.M.; MONTEIRO, A.C.; MALHEIROS, E.B. Sensibilidade de *Metarhizium anisopliae* à temperatura e umidade em três tipos de solos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.6-12, 2009.

LEE, S. Y. The mode of action of Endrin on the Bean Stem Miner, *Melanagromyza sojae* with special reference to its translocation in soybean plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 55, p. 956-954, 1962.

MARQUES, R. P. *et al.* *Melanagromyza sojae* Zehntner (Diptera: Agromyzidae) damage on soybean: high yield losses in the New World. **Journal of Economic Entomology**. *Artigo em trâmite para publicação*.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 1-26, 2016.

NEVES, P. M. O. J.; SANTORO, P. H. Fungos entomopatogênicos. In: Controle Biológico de Pragas. Universidade Federal de Santa Maria. n.43 p.121-132. 2011.

OLIVEIRA, C. M. *et al.* Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014.

OLIVEIRA, D. H. **Patogenicidade e virulência de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

PASINI, M. P. B. *et al.* Programa de manejo biológico e seu impacto sobre a produtividade da soja. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

POZEBON, H. **Pragas invasivas da soja no Brasil e o caso da mosca-da-haste, *Melanagromyza sojae***: Diversidade genética na América do Sul. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. How a soybean plant develops. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, **Cooperative Extension**, 1982. 20 p. (Special Report, n. 53).

RAMON, *et al.* THE SOYBEAN STEM FLY CHEMICAL CONTROL ON SOYBEAN. *Artigo em trâmite para publicação*.

SABBAHI, R.; MERZOUKI, A.; GUERTIN, C. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* L., in strawberries. **Journal of Applied Entomology**, v. 132, n. 2, p. 124-134, 2008.

SINGH, O. P.; SINGH K. J. Seasonal incidence and damage on *Melanagromyza sojae* (Zehntner) on soybean. **Indian Journal of Plant Protection**, v. 18, n. 2, p. 271-275, 1990.

TALEKAR, N.S.; CHEN, B.S. The beanfly pest complex of tropical soybean, p.257-271. In: Soybean in tropical and sub-tropical cropping systems. **Asian Vegetable Research and Development Center**, Shanhua, Taiwan, Republic of China. 1985.

TALEKAR, N.S. Characteristics of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) damage in soybean. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, p. 584-588, 1989.

TOMIZAWA; M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annual Review of Pharmacology**, v. 45, p. 247- 268, 2005.

TROSSERO, *et al.* Mosca del tallo de la soja, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), en el centro de Santa Fe. 2020.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Word Agricultural Production. Distribuiton Online. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: 28 fev 2023.

VITORIO, L. *et al.* First record of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in Bolivia. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 18, p. gmr18222, 2019.

WANG, C.L. Occurrence and life-history of *Melanagromyza sojae* on soybean. **Journal of Agricultural Research of China**, v. 28, p. 217-223, 1979.