

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

Paulo Cesar Ramon

**CONTROLE E DANOS DE *Melanagromyza sojae* (ZEHNTNER,
1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM SOJA**

Santa Maria, RS
2023

Paulo Cesar Ramon

**CONTROLE E DANOS DE *Melanagromyza sojae* (ZEHNTNER, 1900) (DIPTERA:
AGROMYZIDAE) EM SOJA**

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: Prof. PhD. Jonas Andre Arnemann

Santa Maria, RS
2023

Ramon, Paulo Cesar
CONTROLE E DANOS DE *Melanagromyza sojae* (ZEHNTNER,
1900) (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM SOJA / Paulo Cesar
Ramon.- 2023.
66 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. Mosca-da-haste 2. *Melanagromyza sojae* 3. Controle
e danos 4. Pragas da soja 5. Manejo integrado de pragas
I. Arnemann, Jonas André II. Carús Guedes, Jerson
Vanderlei III. Título.

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, PAULO CESAR RAMON, 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 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.

PAULO CESAR RAMON

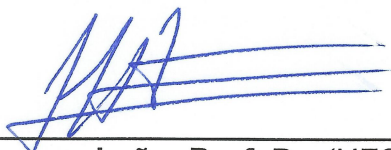
**CONTROLE E DANOS DE *Melanagromyza sojae* (ZEHNTNER, 1900)
(DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM SOJA**

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 19 de abril de 2023:



Jonas André Arnemann, Prof. PhD. (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientador)



Jose Domingos Jacques Leão, Prof. Dr. (UFSM) - Videoconferência



Rubens Alex Fiorin, Dr. (SUMITOMO CHEMICAL) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2023

Dedico

Aos meus pais, César e Marilene, meu irmão Rafael, minha tia Clari e minha eterna namorada Desiree.

Pessoas que desde o início da minha trajetória sempre me incentivaram e estiveram ao meu lado, prestando muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por sempre ter iluminado minha trajetória até aqui, me dando força nos momentos difíceis e me dando a oportunidade de vivências incríveis. Aos amigos e pessoas incríveis que estiveram ao meu lado preenchendo minha vida de bons momentos e muita felicidade.

Aos meus pais Cesar e Marilene, e meu irmão Rafael que sempre foram os pilares da minha vida e nunca mediram esforços para auxiliar no meu caminho até aqui, sempre confiaram na minha capacidade e não deixaram me falta amor e carinho.

Agradeço a toda minha família, minha vó Liduina, meu vô Pio (*in memorian*), meus tios Roberto e Neiva e em especial para minha tia Clari e meu tio Aidos (*in memorian*), pessoas que sempre me serviram de inspiração e compartilhamos momentos incríveis juntos.

Um agradecimento especial para minha namorada Desiree, pelo amor, paciência, companheirismo e paciência de acreditar sempre em mim, me dando força, juntamente com toda sua família.

Ao meu orientador e amigo Prof. Jonas, pela confiança no meu trabalho, oportunidades concedidas, aconselhamento e por ser um grande mestre em minha jornada. Aos membros da banca avaliadora, Prof Dr. Jacques Domingos Leão e Dr. Rubens Alex Fiorin, por aceitarem prontamente o convite e disponibilizarem de seu tempo e contribuições.

Aos colegas e professores dos grupos de pesquisa de Manejo e Genética de Pragas e LabMIP da UFSM, bem como todos colegas e amigos pelo incentivo e pelos momentos de aprendizado e companheirismo vivenciado durante esse período.

A todos que de alguma forma contribuíram e estiveram comigo durante esta jornada, meus sinceros e cordiais agradecimentos.

Muito Obrigado!

RESUMO

MANEJO DE MOSCA-DA-HASTE, *Melanagromyza sojae*, EM SOJA

AUTOR: Paulo Cesar Ramon

ORIENTADOR: Prof. PhD. Jonas André Arnemann

Santa Maria, 19 de abril de 2023.

A soja é a principal cultura de grãos cultivada no Brasil, com grande importância para segurança alimentar mundial. A mosca-da-haste (*Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae)) é uma praga invasiva recentemente identificada e categorizada no Brasil, e que possui um grande potencial de danos à cultura da soja, principalmente na segunda safra de soja (semeada a partir de 31 de dezembro). Os danos causados pela mosca-da-haste são decorrentes do seu processo de alimentação, pois formam galerias no interior das hastes das plantas de soja prejudicando o desenvolvimento da cultura. Por ser uma praga recente no Brasil, existe apenas um inseticida registrado para controle via tratamento de sementes, não havendo inseticidas registrados para aplicação em parte aérea para proteção da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a redução de danos ocasionados por *M. sojae* em soja, por 15 inseticidas registrados para cultura da soja, regularmente recomendados para o manejo de outras pragas da soja. Dois experimentos foram conduzidos durante as safras 2020/21 (primeira safra) e 2021/22 (segunda safra), em condições distintas de incidência de chuva e pressão da praga. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo com 16 tratamentos e 20 repetições em 8 níveis de tempo em 2021 e 5 níveis de tempo na safra 2022. Os resultados demonstraram que nas duas safras avaliadas os melhores tratamentos para reduzir os danos de mosca-da-haste da soja foram clorpirifós e ciantraniliprole aplicados semanalmente. Já os menores níveis de proteção contra os danos de *M. sojae* foram registrados para o tratamento metomil. As maiores produtividades, nos dois anos, foram obtidas nos tratamentos com clorpirifos e ciantraniliprole, demonstrando correlação com os dados de redução de dano por *M. sojae*. Os resultados deste estudo apontam para um elevado potencial de dano de *M. sojae*, que podem ser mitigados pela utilização de inseticidas químicos, desde que aplicados em estádios iniciais da cultura da soja.

Palavras-chave: Controle químico. Inseticidas. Manejo. Mosca-da-haste da soja. *Glycine max*.

ABSTRACT

MANAGEMENT OF SOYBEAN STEM FLY, *Melanagromyza soybean*, IN SOYBEAN

AUTHOR: Paulo Cesar Ramon

ADVISOR: Prof. PhD. Jonas André Arnemann

Santa Maria, April 19th, 2023.

Soybean is the main grain crop grown in Brazil, with great importance for world food security. The soybean stem fly (SSF) *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) is an invasive pest recently identified and categorized in Brazil, which has a great potential for damage to the soybean crop, especially in the second soybean crop (sown from December 31th). The damage caused by the SSF is due to its feeding process, as it forms galleries inside the stems of soybean plants, harming the development of the crop. As it is a recent pest in Brazil, there is only one insecticide registered for control via seed treatment. The objective of this work was to evaluate the reduction of damage caused by SSF in soybean, by 15 insecticides registered for soybean crop, regularly recommended for the management of other soybean pests. Two experiments were conducted during the 2021 (first season) and 2022 (second season) growing seasons, under different conditions of rainfall and SSF population pressure. The experimental design used was completely randomized with split plots in time with 16 treatments and 20 replications at 8 time levels in 2021 and 5 time levels in the 2022 season. The results showed that in the two seasons evaluated, the best treatments to reduce SSF damage were chlorpyrifos and cyantraniliprole applied weekly. The lowest levels of protection against SSF damage were registered for the methomyl treatment. The highest yields, in both years, were obtained in the treatments with chlorpyrifos and cyantraniliprole, demonstrating correlation with the damage reduction data by SSF. The results of this study point to a high potential for damage by the soybean stem fly, which can be mitigated by the use of chemical insecticides, as long as they are applied in the early stages of the soy crop.

Key-words: Chemical control. Insecticides. Manegement. Soybean stem fly. *Glycine max*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Calendário demonstrativo do período da soja de segunda safra (safrinha) que ocorre na região sul do Brasil. (Adaptado de POZEBON et al., 2022).
.....20
- Figura 2. Características morfológicas de *Melanagromyza sojae*: fêmea adulta (A), fêmea adulta ovipositando (B), larva (C), espiráculos anteriores da larva (D), pupa (E), espiráculos posteriores da pupa (F, G), Detalhe da asa e inserção subcostal (H). Fonte: (VITORIO et al., 2019).....23
- Figura 3. Ciclo biológico da mosca-da-haste (*Melanagromyza sojae*). Fonte: (Czepak et al., 2018)24
- Figura 4. Plantas de soja com injúrias ocasionadas por *Melanagromyza sojae*: Murcha das folhas opostas (A), Brotos mumificados (B), pupa e orifício de saída na haste principal (C), haste danificada (D), folíolo seco (E), pupa e orifício de saída no pecíolo (F), nervura danificada na folha oposto (G), puncturas de alimentação dos adultos (H). Fonte: (VITORIO et al., 2019)26
- Figura 5. Relação entre porcentagem de caule injuriado por *Melanagromyza sojae* e rendimento de sementes/planta nas regiões inferior ($R^2 = 0,8032$; $N = 8$; $P < 0,0001$), média ($R^2 = 0,7448$; $N = 8$; $P < 0,0001$) e superior ($R^2 = 0,8473$; $N = 8$; $P < 0,0001$) dos segmentos de parte aérea de plantas de soja. Fonte: (MARQUES et al., 2023)27
- Figura 6. Representação hipotética da dinâmica populacional anual de *Melanagromyza sojae* na metade norte do Rio Grande do Sul, de acordo com observações no campo, condições de cultivo no estado e comparação com o comportamento da espécie na sua região de origem. Fonte: (POZEBON et al., 2021 (b))28
- Figure 1. Moments of application of insecticides in the first crop (2021) under normal rain conditions and sowing period, with *low pressure of M. sojae* and second crop (2022) in dry conditions, period of delay in sowing and low pressure of *M sojae*.50
- Figure 2. Relationship between percentage of stem length injured by *Melanagromyza sojae* and average productivity in the 2021 and 2022 crop season.58

ARTIGO: The Soybean Stem Fly chemical control on soybean

- Figure 1. Moments of application of insecticides in the first crop (2021) under normal rain conditions and sowing period, with *low pressure of M. sojae* and second crop (2022) in dry conditions, period of delay in sowing and low pressure of *M sojae*.....50
- Figure 2. Relationship between percentage of stem length injured by *Melanagromyza sojae* and average productivity in the 2021 and 2022 crop season.....58

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Table 1. Number of treatments, active ingredient, concentration and dose the insecticides that composes the treatment..... | 49 |
| Table 2. Percentage of stem length injured (% IS) by <i>Melanagromyza sojae</i> evaluated (7, 15, 24, 31, 38, 45, 53, 60 DA1S and general mean) in the 2021 crop. Santa Maria, RS, Brazil. | 51 |
| Table 3. Mean of plant height (cm) evaluated (7, 15, 24, 31, 38, 45, 53, 60 DA1S and general mean) in the 2021 crop. Santa Maria, RS, Brazil..... | 52 |
| Table 4. Mean of stem length injured (cm) evaluated (7, 15, 24, 31, 38, 45, 53, 60 DA1S and general mean) in the 2021 crop. Santa Maria, RS, Brazil. | 53 |
| Table 5. Percentage of stem length injured (% IS) by <i>Melanagromyza sojae</i> evaluated (8, 15, 22, 30, 37 DA1S and general mean) in the 2022 crop. Santa Maria, RS, Brazil. | 54 |
| Table 6. Mean of plant height (cm) evaluated (8, 15, 22, 30, 37 DA1S and general mean) in the 2022 crop. Santa Maria, RS, Brazil..... | 55 |
| Table 7. Mean of stem length injured (cm) evaluated (8, 15, 22, 30, 37 DA1S and general mean) in the 2022 crop. Santa Maria, RS, Brazil..... | 56 |
| Table 8. Average soybean productivity in treatments for the 2021 and 2022 crop season. Santa Maria, RS, Brazil..... | 57 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 19 |
| 2.1 | A CULTURA DA SOJA (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)..... | 19 |
| 2.2 | A MOSCA-DA-HASTE DA SOJA <i>Melanagromyza sojae</i> (ZEHNTNER)..... | 20 |
| 2.2.1 | Ocorrência na América do Sul | 20 |
| 2.2.2 | Morfologia, bioecologia e danos causados por <i>Melanagromyza sojae</i> | 21 |
| 2.2.3 | Manejo e controle de <i>Melanagromyza sojae</i> na soja | 29 |
| 3 | OBJETIVOS | 32 |
| 3.1 | OBJETIVO PRINCIPAL | 32 |
| 3.2 | OBJETIVOS SECUNDÁRIOS | 32 |
| 4 | ARTIGO: The Soybean Stem Fly chemical control on soybean | 33 |
| 4.1 | ABSTRACT..... | 33 |
| 4.2 | INTRODUCTION | 34 |
| 4.3 | MATERIALS AND METHODS | 37 |
| 4.4 | RESULTS AND DISCUSSION | 39 |
| 4.5 | CONCLUSION..... | 43 |
| 4.6 | REFERENCES | 45 |
| 4.7 | FIGURES AND TABLES | 49 |
| 5 | CONCLUSÕES | 59 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 60 |

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) originou-se no leste asiático, sendo uma leguminosa datada como uma das mais antigas espécies cultivadas (MORSE, 1950). Atualmente é uma das culturas de grãos com maior destaque mundialmente, de modo que o Brasil se destaca como maior produtor e exportador (USDA, 2023). A área cultivada no país é de aproximadamente 43,5 milhões de hectares, com uma produção de cerca de 151 milhões de toneladas na estimativa da safra 2022/23 (CONAB, 2023).

De acordo com os dados da FAO (2019) sobre proteção vegetal, devido a falhas no controle de pragas e doenças, o mundo perde de 20 a 40 % de todo alimento que produz, e o ataque de pragas invasoras nos cultivos gera um custo para economia mundial de US\$ 70 bilhões todo ano. Em conjunto a isso, o Brasil apresenta um ambiente tropical com um sistema intensivo de produção, favorecendo o desenvolvimento e manutenção de insetos-praga já existentes, e estabelecimento de pragas invasivas que venham a reduzir a produtividade de grãos (TAY et al., 2017).

A mosca-da-haste, *Melanagromyza sojae* (ZEHNTNER) (Diptera: Agromyzidae), teve sua ocorrência e expansão pela América do Sul, detectada no Brasil em 2015 (ARNEMANN et al., 2016), no Paraguai em 2016 (GUEDES et al., 2017), na Bolívia em 2019 (VITORIO et al., 2019) e na Argentina em 2020 (TROSSERO et al., 2020). No Brasil, é uma praga invasiva que tem se destacado principalmente em cultivos de soja de segunda safra ou semeadura tardia, semeados a partir de 31 de dezembro (POZEBON et al., 2020).

Os danos dessa espécie são ocasionados pelas larvas que penetram na haste através das nervuras das folhas e formam galerias no seu interior, danificando os tecidos vasculares, comprometendo o transporte de água, nutrientes e fluxo de assimilados, causando reduções no desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade da planta (CHIANG & NORRIS, 1983; TALEKAR, 1989).

A praga possui um grande potencial de ocasionar redução da produtividade da soja, com registro de 30% de redução na Indonésia (DU; HONG, 1982) e de até 40% na Índia (JADHAV, 2011). Estudos mais recentes revelam que a cada ponto percentual da haste injuriada há a redução na produção de grãos de 0,9 g planta⁻¹, observou-se também danos de até 63% quando não realizado aplicação de inseticidas até o estágio fenológico R2 da cultura (MARQUES ET AL., 2023), perdas que estão atreladas à região de cultivo, estado nutricional das plantas, genótipo de soja utilizado, data de semeadura e práticas de manejo adotadas (SAVAJJI, 2006).

Atualmente o emprego do controle químico através de inseticidas é a principal tática de controle para o manejo de mosca-da-haste (CURIOLETTI, 2016). No entanto, apesar de haver 728 produtos inseticidas formulados registrados para a cultura da soja no Brasil, apenas um produto (Clotianidina) utilizado em tratamentos recentes possui registro para controle de *M. sojae*, não existindo produtos de aplicação aérea para controle da praga (AGROFIT, 2023). A mosca-da-haste tem maior incidência na segunda safra de soja no Sul do Brasil, com aproximadamente 250 mil hectares de soja safrinha nos estados do Rio grande do Sul e Santa Catarina (POZEBON et. al, 2021(a)).

Com os sistemas brasileiros cada vez mais intensivos e com o aumento do cultivo de soja em segunda safra, em conjunto à escassez de estudos de controle de *M. sojae* no Brasil, essa praga pode vir alcançar maior expressividade. Baseado nisso, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficácia de inseticidas registrados para a cultura da soja no Brasil com potencial de controle para *M. sojae*, e definir uma estratégia para reduzir os danos causados por essa praga.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta dicotiledônea, originária da China, que devido ao alto teor de óleo e proteína, tornou-se a oleaginosa mais cultivada no mundo. É a principal cultura de grãos cultivada na América do Sul, com 61 milhões de hectares cultivados (FAOSTAT, 2021). O Brasil corresponde por 43,5 milhões de hectares de área cultivada e cerca de 151 milhões de toneladas produzidas do grão na estimativa para a safra 2022/23, um acréscimo de quase 20% quando comparado com a safra anterior (CONAB, 2023).

O crescimento acelerado da população traz a tona a temática da segurança alimentar mundial, e a soja se torna uma cultura estratégica nesse cenário, fato evidenciado pela pandemia de COVID-19 (YAO et al., 2020). Com o intuito de atender a demanda global da produção do grão, estima-se que a produtividade global das culturas deve ser dobrada até 2050 (RAY et al., 2013). As exigências para uma sistema cada vez mais produtivo aumentam em concordância de que o acréscimo precisa ocorrer através de inovações e minimização de perdas que reduzem o potencial produtivo da cultura, tais como introdução de pragas no sistema de cultivo capazes de desenvolver mecanismos adaptativos (p. ex. resistência a inseticidas) (TAGLIAPIETRA et al., 2022; POZEBON et al., 2021 (b)).

Nos últimos 40 anos, com a intensificação e expansão de áreas agrícolas, o Brasil teve um aumento de produção de cerca de 12 vezes e um aumento em área de cerca de seis vezes em comparação à década de 70, resultante da evolução tecnológica, condições favoráveis ao cultivo e a demanda do produto (CONAB, 2023; BARROS; SPOLADOR; BACCHI, 2009). Em consonância ao aumento da produção observou-se um aumento proporcional nos relatos científicos de espécies-praga de interesse agrícola no Brasil (SUGAYAMA et al., 2015).

Realizar mais de uma safra de soja por ano é o resultado da intensificação da produção, como é o caso do estado do Rio Grande do Sul, onde a safrinha de soja (demonstrado na Figura 1), semeada a partir de 31 de dezembro, alcança aproximadamente 250 mil hectares ao ano, concentrados nas regiões norte e noroeste do estado (FOLLMAN et al. 2017; POZEBON, 2021 (a)). Ainda, vale ressaltar, que com o aumento dos preços da soja, estiagem e outros fatores levam a crer que essa área seja ainda maior, se estendendo para outras regiões do estado.

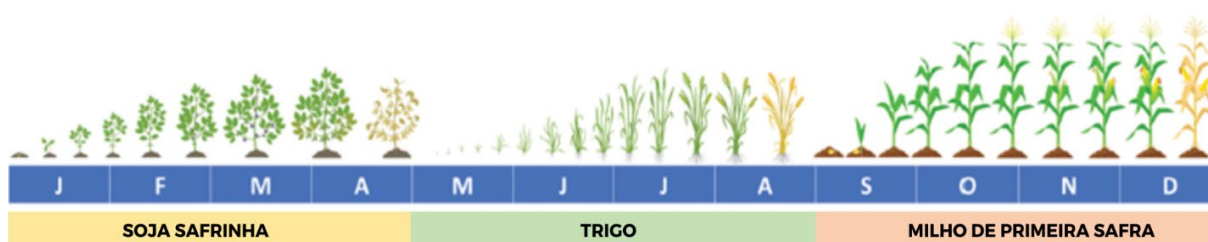


Figura 1. Calendário demonstrativo do período da soja de segunda safra (safrinha) que ocorre na região sul do Brasil. (Adaptado de POZEBON et al., 2022).

Nesses locais onde a duração do ciclo da cultura é encurtada, especialmente na fase vegetativa, acaba havendo relação direta com os danos ocasionados por *M. sojae*. Em um estudo realizado na Ásia, foi verificada a ausência de danos significativos nas plantas de soja quando cultivadas sob fotoperíodo longo, afetando mais o cultivo de segunda safra ou com semeadura tardia. A maturação tardia resulta em maior acúmulo de massa seca durante a fase vegetativa e, aparentemente, compensa os danos causados por *M. sojae* (TALEKAR, 1989).

2.2 A MOSCA-DA-HASTE DA SOJA *Melanagromyza sojae* (ZEHNTNER)

2.2.1 Ocorrência na América do Sul

A mosca-da-haste, *Melanagromyza sojae*, é um inseto-praga da família Agromyzidae, relata em diversas regiões do mundo (DEMPEWOLF, 2004). Nativa do leste asiático, é considerada uma das mais importantes pragas da Rússia (STRAKHOVA et al., 2013), na China (WANG E GAI, 2001), norte da Austrália (SHEPARD et al., 1983), Índia e Nepal (THAPA, 2012), em partes do Sudeste Asiático como por exemplo, Indonésia (VAN DEN BERG et al., 1995).

Na América do Sul, o primeiro registro de indivíduos da família Agromyzidae ocorreu em lavouras de soja nas regiões de Passo Fundo e Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1983 (GASSEN; SCHNEIDER, 1985), sem que a espécie fosse identificada. Recentemente, de forma categórica foi realizada a identificação taxonômica de *M. sojae* através de caracterização do DNA mitocondrial no Rio Grande do Sul em 2015 (ARNEMANN et al., 2016), no Paraguai em 2016 (GUEDES et al., 2017), e Centro-oeste do Brasil em 2018 (CZEPAK et al., 2018), na Bolívia em 2019 (VITORIO et al., 2019) e na Argentina em 2020, nas culturas da soja e do grão-de-bico (TROSSERO et al., 2020; VERA et al., 2021).

A caracterização do DNA mitocondrial de indivíduos oriundos destes países demonstrou que existe grande variabilidade genética, detectando 22 haplótipos em 79 indivíduos avaliados, evidenciando as múltiplas introduções desta praga nestes países (POZEBON et al., 2021 (a)). Portanto, a espécie *M. sojae* encontra-se estabelecida em praticamente todas as regiões de importância para o cultivo na soja na América do Sul (Brasil, Argentina, Paraguai e Bolívia), sendo esses países responsáveis por mais de 50% da produção mundial, com quase 200 milhões de toneladas e cerca de 62 milhões de hectares cultivados na estimativa para safra 2022/23, evidenciando a necessidade imediata de estudos acerca desta praga altamente invasiva (POZEBON et al., 2021 (b); USDA, 2023).

2.2.2 Morfologia, bioecologia e danos causados por *Melanagromyza sojae*

Os adultos de *M. sojae* são moscas com mesonoto de coloração preta e abdômen verde metálico. A envergadura das asas dos machos mede de 1,68 a 2,28 mm (THAPA, 2012). As pupas são cilíndricas, com 2 mm de comprimento e coloração amarelada, passando a marrom ao longo do desenvolvimento. As larvas são amarelo-claro, translúcidas e quando completamente desenvolvidas medem cerca de 4 mm. Apresentam espiráculos anteriores pequenos em forma de botão, com oito poros minúsculos. Os espiráculos posteriores são separados e apresentam seis poros elevados em torno de uma estrutura em forma de chifre. Os ovos medem cerca de 0,35 mm (SPENCER, 1973; TALEKAR, 1990; THAPA, 2012). A figura 2 ilustra as características morfológicas de *M. sojae*.

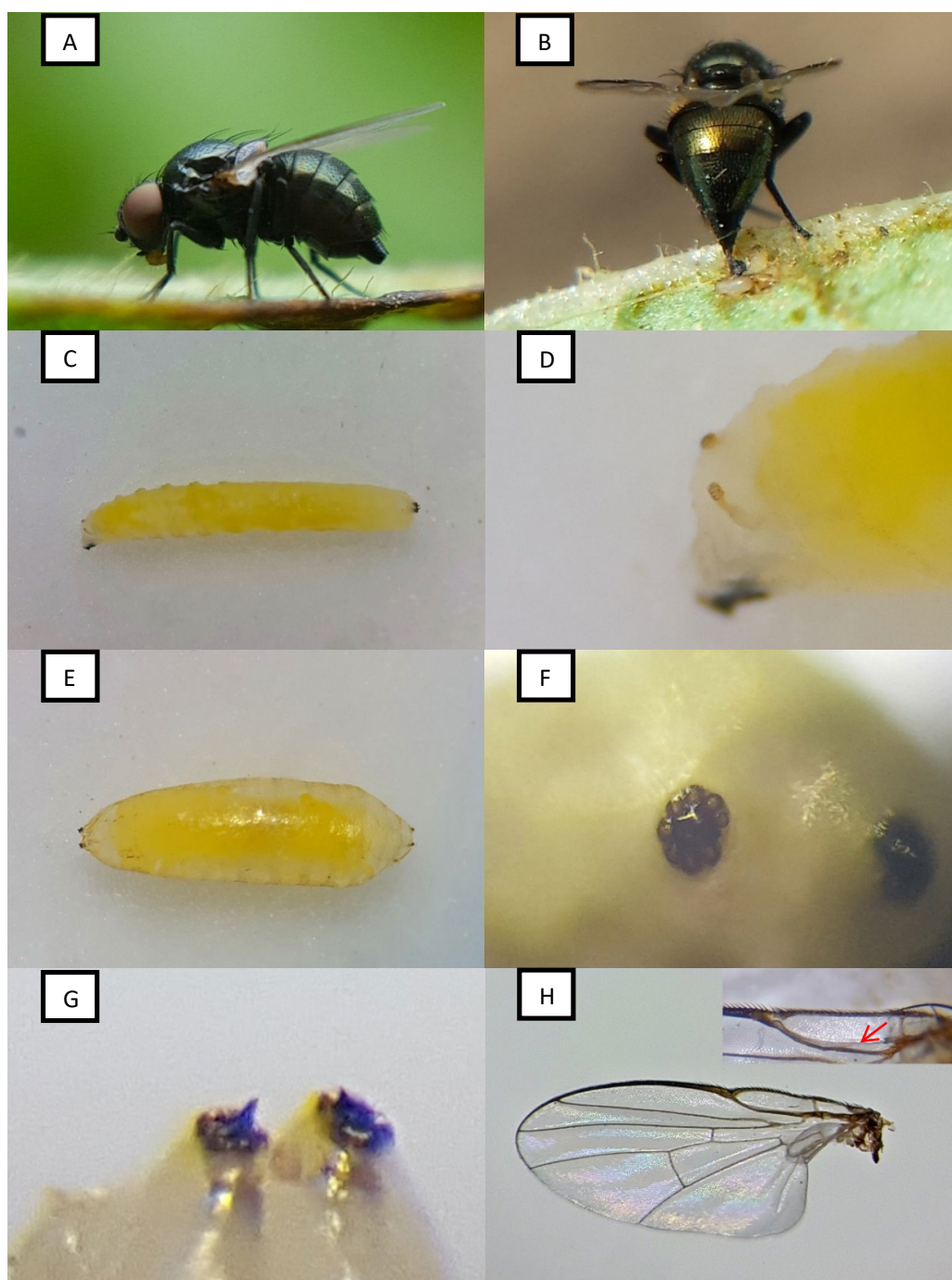


Figura 2. Características morfológicas de *Melanagromyza sojae*: fêmea adulta (A), fêmea adulta ovipositando (B), larva (C), espiráculos anteriores da larva (D), pupa (E), espiráculos posteriores da pupa (F, G), Detalhe da asa e inserção subcostal (H). Fonte: (VITORIO et al., 2019)

A mosca-da-haste passa pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto em um período que varia de 16 a 26 dias (JADHAV, 2011). As fêmeas de *M. sojae* ovipositam próximo às nervuras na face adaxial das folhas, onde as larvas eclodem em até 3 dias e penetram na nervura mais próxima, formando galerias através do pecíolo e haste principal da planta de soja (TALEKAR; CHEN, 1985).

A duração da fase larval varia de 8 a 11 dias, podendo passar por até quatro instares (WANG, 1979). Antes de pupar, as larvas abrem um orifício de saída na haste, local por onde os adultos emergidos saem do interior da planta (GANGRADE E KOGAN, 1980). A duração da fase de pupa varia entre 9-10 dias e a adulta entre 5-14 dias para machos e 7-16 dias para fêmeas (WANG, 1979). A figura 3 ilustra o ciclo biológico da mosca-da-haste da soja e os danos decorrentes de sua alimentação.

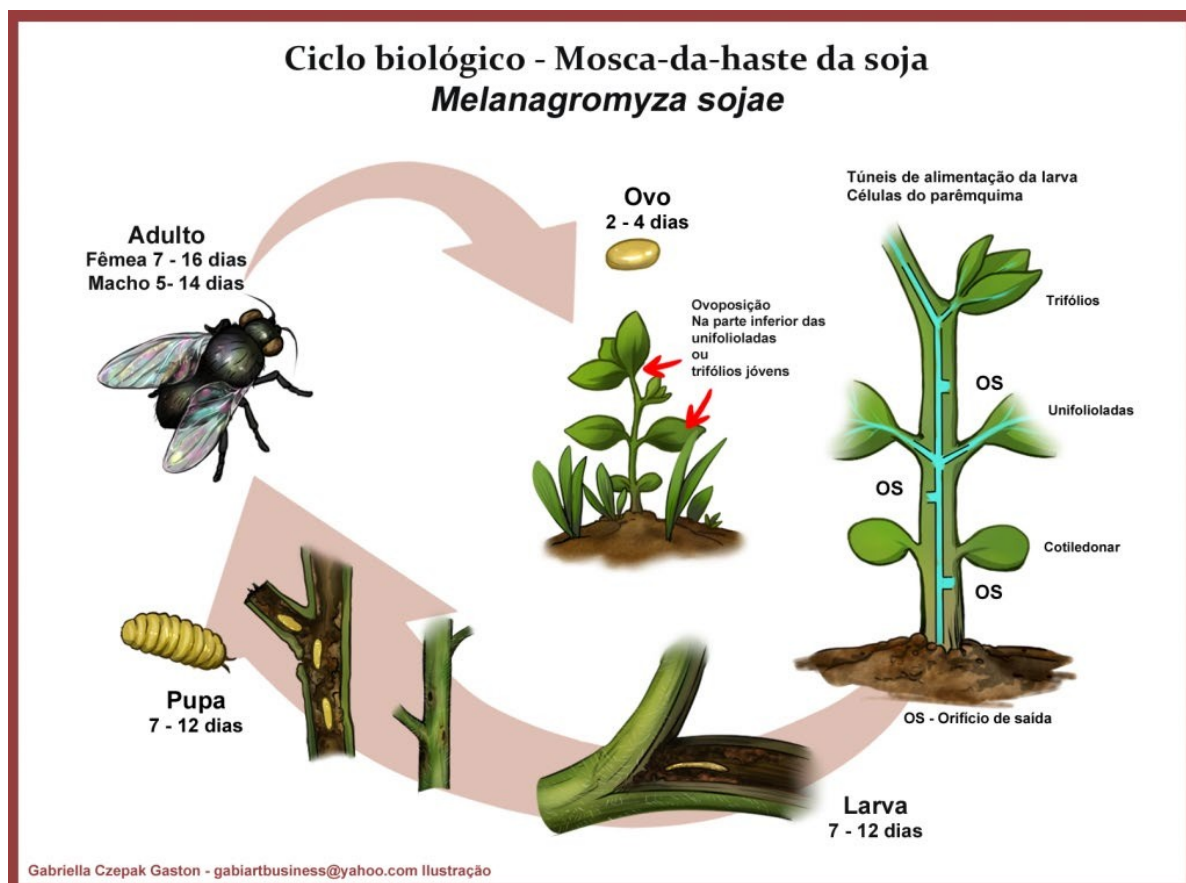


Figura 3. Ciclo biológico da mosca-da-haste (*Melanagromyza sojae*). Fonte: (Czepak et al., 2018)

As fêmeas de *M. sojae*, por sua vez, fazem a oviposição na parte adaxial das folhas próximo as nervuras. O adulto ocasiona lesões translúcidas na epiderme foliar decorrentes de sua alimentação, sem causar danos significativos às plantas (TALEKAR; CHEN, 1985). Cada fêmea oviposita em média 170 ovos ao longo da sua vida, podendo variar de 41 a 270 ovos (JADHAV, 2011; WANG, 1979). Após a eclosão, a larva de *M. sojae* alimenta-se dos tecidos do parênquima foliar em um ritmo médio de 1,4 mm por hora (LEE, 1962) e avança

em direção à nervura mais próxima, a qual penetra e forma uma galeria através do pecíolo e chega até a haste principal da planta de soja em até dois dias após a eclosão; após esse período, as chances de controle reduzem drasticamente, devido à dificuldade de os inseticidas atingirem o alvo (POZEBON et al., 2021 (b); TALEKAR; CHEN, 1985). Com frequência, são encontradas mais de uma galeria simultaneamente na mesma planta, sendo que galerias do terço inferior tem coloração mais escura. Em plantas recém-emergidas, as larvas fazem galerias descendentes em direção ao solo; no entanto, quando depara-se com um segmento já broqueado por outra larva, ela inverte o sentido de alimentação movendo-se de forma ascendente, podendo atingir o ponteiro e causar a murcha do mesmo (TALEKAR; CHEN, 1985).

As larvas de *M. sojae* broqueiam a haste das plantas danificando os tecidos vasculares e comprometendo o transporte de água, nutrientes e fluxo de assimilados (CHIANG; NORRIS, 1983). As galerias formadas pelas larvas de *M. sojae* podem reduzir a produtividade em até 36% e foram observadas reduções de até 70% no comprimento da haste, em decorrência da alimentação das larvas na medula central, que se torna avermelhada (SINGH; SINGH, 1990). Após completar quatro ínstares, as larvas de *M. sojae* se alimentam das paredes da haste e produzem o orifício de saída do adulto, que fica protegido por detritos. A fase de pupa ocorre próxima a esse orifício, ao final do qual os adultos abandonam a planta (VAN DER GOOT, 1930).

Considerada uma praga silenciosa devido seu hábito de alimentação, a mosca-da-haste tem sua identificação dificultada no campo, pois para identificar a presença dos indivíduos de *M. sojae* ou das galerias de alimentação é necessário realizar a abertura da haste, já que os sintomas externos são quase imperceptíveis (GANGRADE; KOGAN, 1980). O ataque da praga à haste da soja pode ocasionar redução da matéria seca das plantas de soja (TALEKAR; CHEN, 1985), altos níveis de infestação podem causar murcha das folhas e maturação precoce (CZEPAK, 2018). Apesar de nem sempre expressarem esses sintomas, o engrossamento do caule, ramificação excessiva e encurtamento dos entrenós são respostas fisiológicas ao ataque da praga (Figura 4).

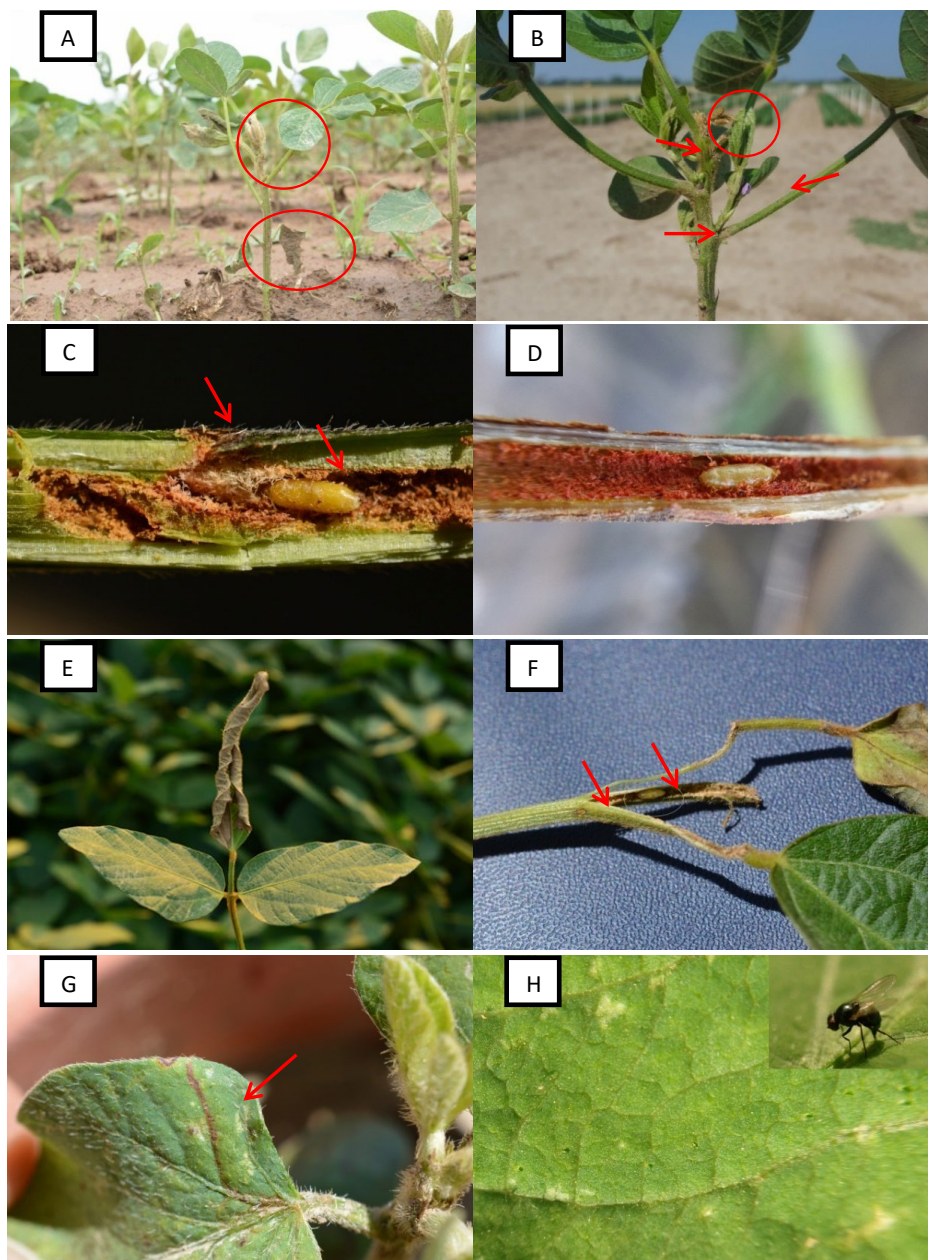


Figura 4. Plantas de soja com injúrias ocasionadas por *Melanagromyza sojae*: Murcha das folhas opostas (A), Brotos mumificados (B), pupa e orifício de saída na haste principal (C), haste danificada (D), folíolo seco (E), pupa e orifício de saída no pecíolo (F), nervura danificada na folha oposto (G), puncturas de alimentação dos adultos (H). Fonte: (VITORIO et al., 2019)

Embora *M. sojae* possa ocorrer durante todo ciclo da cultura da soja, as perdas mais significativas são observadas quando as plantas são atacadas nos estádios iniciais da cultura, sendo que o período crítico para infestação se dá quatro a cinco semanas após a emergência das plantas; infestações mais tardias tendem a ter o rendimento menos afetado, pois as galerias das larvas não

atingem os tecidos do xilema (CABI, 2020; SPENCER, 1973; TALEKAR; CHEN, 1983; TALEKAR; CHEN, 1985).

Bhattacharjee (1980) aponta que a cada ponto percentual da haste injuriada, há a redução de 0,18 cm na estatura e de 0,11 g planta⁻¹ na produtividade de grãos. Já em outro estudo, realizado no Brasil, observou-se um decréscimo de componentes de produtividade, afetando principalmente número de grãos e massa de mil grãos, que resultaram numa redução de 0,9 g planta⁻¹ (Figura 5), e danos de até 63% quando não realizado aplicações inseticidas até o estágio fenológico R2 da cultura (MARQUES, 2023). Foram observadas reduções na produtividade de 30% na Indonésia (DU; HONG, 1982) e de até 40% na Índia (JADHAV, 2011).

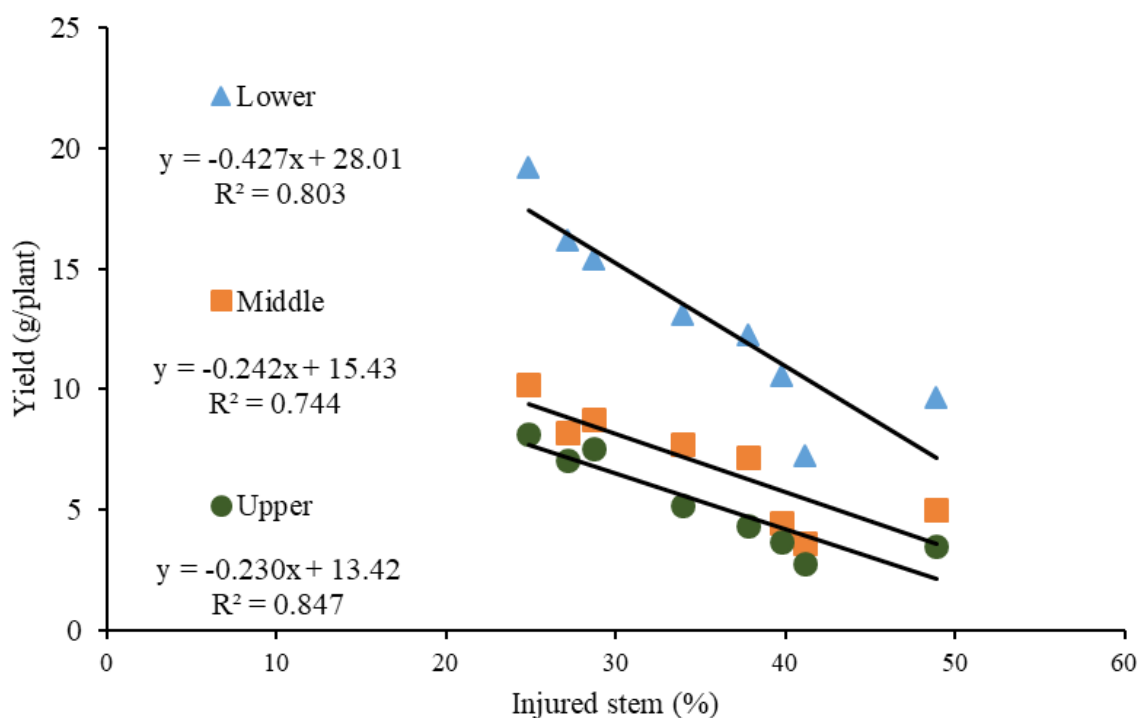


Figura 5. Relação entre porcentagem de caule injuriado por *Melanagromyza sojae* e rendimento de sementes/planta nas regiões inferior ($R^2 = 0,8032$; $N = 8$; $P < 0,0001$), média ($R^2 = 0,7448$; $N = 8$; $P < 0,0001$) e superior ($R^2 = 0,8473$; $N = 8$; $P < 0,0001$) dos segmentos de parte aérea de plantas de soja. Fonte: (MARQUES et al., 2023)

As reduções na produtividade variam conforme a região de cultivo, estado nutricional das plantas, genótipo de soja utilizado, data de semeadura e as práticas de manejo adotadas (SAVAJJI, 2006).

As moscas da família Agromyzidae podem infestar a soja durante o ano inteiro, no entanto, a sua densidade populacional varia de acordo com a intensidade das chuvas e temperatura. Nas épocas do ano em que as temperaturas são mais amenas, as densidades populacionais de *M. sojae* reduzem consideravelmente. A maior incidência de *M. sojae* em soja ocorre nos períodos mais secos, pois as chuvas mais intensas impedem a alimentação e oviposição dos insetos adultos (TALEKAR; CHEN, 1985; YADAV et al., 2015). Para as condições do Rio Grande do Sul (Figura 6), a flutuação da praga durante as épocas do ano parece seguir uma curva bem definida, com o pico populacional entre os meses de fevereiro a abril, e apresenta um decréscimo com a aproximação do inverno, devido as baixas temperaturas, incidindo mais em safrinha devido a colonização de *M. sojae* na safra principal ser mais lenta e esparsa (POZEBON, et al. 2021 (a); CURIOLLETTI et al., 2018).

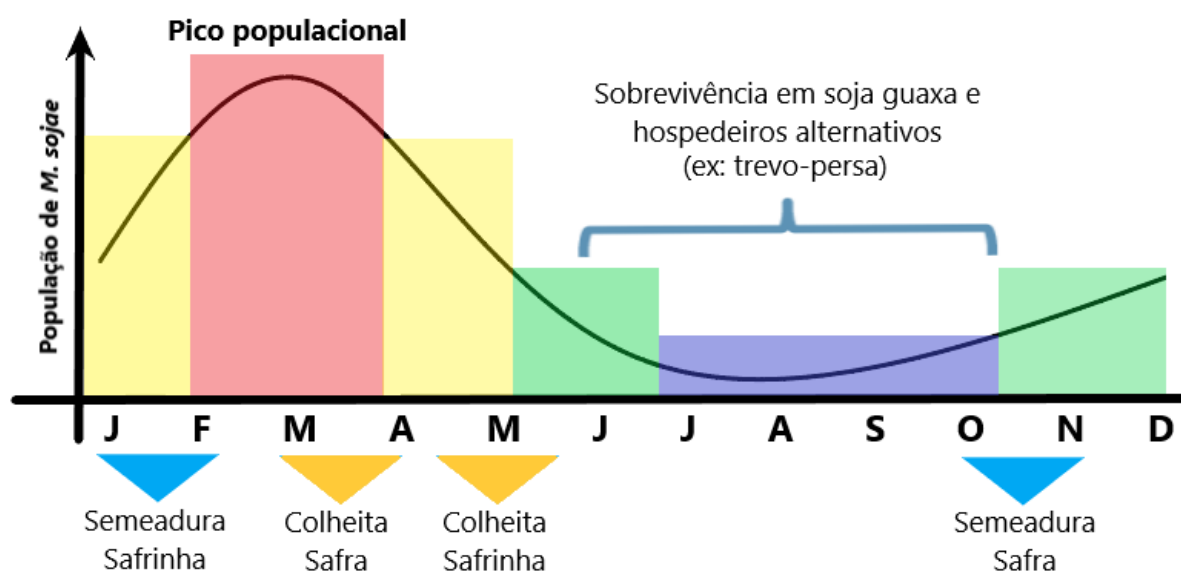


Figura 6. Representação hipotética da dinâmica populacional anual de *Melanagromyza sojae* na metade norte do Rio Grande do Sul, de acordo com observações no campo, condições de cultivo no estado e comparação com o comportamento da espécie na sua região de origem. Fonte: (POZEBON et al., 2021 (b))

Além das condições climáticas, características morfo-fisiológicas das cultivares de soja, como a densidade de tricomas na face abaxial dos folíolos, área foliar, diâmetro da haste e o conteúdo de água nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura influem nos danos ocasionados pela mosca-da-

haste (TALEKAR; CHEN, 1985). Na Índia, as cultivares são classificadas conforme a sua suscetibilidade ao ataque *M. sojae* de acordo com a porcentagem de plantas atacadas (SAVAJII, 2006).

2.2.3 Manejo e controle de *Melanagromyza sojae* na soja

A utilização de táticas isoladas de controle é o caminho mais difícil quando o objetivo é alcançar o controle efetivo de uma praga-alvo. Nesse contexto é importante fazer uma análise de todos os manejos que tem eficácia e estabelecer um conjunto de estratégias, denominado manejo integrado, que tem por objetivo manter a população da praga abaixo do nível de dano econômico, a fim de reduzir as perdas na produção agrícola (KOGAN, 1998).

Os adultos de *M. sojae* não causam danos econômicos para a cultura e são facilmente controlados por pulverizações de parte aérea, no entanto, larvas e pupas quando fazem a penetração no mesófilo foliar e se estabelecem no interior das hastes tornam o controle difícil, do ponto de vista de controle químico, restringindo o controle ao período anterior à entrada da larva na haste principal, e posterior a emergência do adulto (POZEBON, 2021 (b)).

No leste asiático, onde *M. sojae* é uma praga endêmica, um dos métodos de controle mais empregados é a utilização de cultivares de soja resistentes, onde emprega-se um sistema de classificação de cultivares, classificadas como resistentes, moderadamente resistentes, suscetíveis e altamente suscetíveis, medida atribuída através de avaliações de percentual de plantas atacadas (SAVAJII, 2006; TALEKAR, 1980). No Brasil não se tem registro de cultivares altamente resistentes, estudos demonstram que existem algumas cultivares que apresentam maior tolerância a praga; no entanto, não tiveram desempenho satisfatório a ponto de ser empregado isoladamente. Uma das cultivares que teve destaque e se apresentou mais tolerante foi a BMX Fibra (POZEBON, 2021 (b)).

A antecipação da semeadura é uma técnica efetiva a ser aplicada (TALEKAR; CHEN, 1983), mas que apresenta limitações no Brasil devido ao

modelo de cultivo seguido de soja safrinha pós milho. Estratégias importantes a serem utilizadas são a eliminação de plantas voluntárias de soja na entressafra (CZEPAK et al., 2018), bem como a realização de rotação de culturas, priorizando a utilização de gramíneas, visto que os únicos hospedeiros conhecidos de *M. sojae* pertencem à família Fabaceae (FERREIRA et al., 2020).

O controle biológico por parasitismo é um dos métodos de controle mais estudados para controle da espécie devido às suas características. Em países do leste asiático, parasitoides de ocorrência natural atuam reduzindo significativamente as populações de *M. sojae* (TALEKAR, 1990). Espécies como *Gronotoma sp.*, *Eurytoma sp.*, *Bracon sp.*, tem correlação positiva com a flutuação populacional da praga chegando a atingir 70% de parasitismo, ocorrendo na fase larval e de pupa; apesar de não prevenir a injúria causada, apresenta relevância na redução da população nas gerações seguintes (VAN DENBERG et al., 1995; TALEKAR, 1990). Plantas Bt geneticamente modificadas com resistência a dípteros também são estudados no controle de *M. sojae*, no entanto não se obteve efetividade nas avaliações (YU et al., 2014). Existem proteínas Bt que afetam dípteros como Cry4Aa, Cry4Ba, Cry11Aa, Cyt1Aa, Cry10Aa e Cyt2Ba (BEN-DOV, 2014), todavia não há cultivares no mercado que expressem essas proteínas.

De acordo com o que foi relatado em relação aos métodos de controle em diferentes partes do mundo, no âmbito de Brasil o manejo fica restringido ao controle químico com inseticidas, onde apesar de haver 728 produtos inseticidas formulados registrados para a cultura da soja, apenas um produto (Clotianidina) utilizado em tratamentos recentes possui registro para controle de *M. sojae*, não existindo produtos de aplicação foliar para controle da praga (AGROFIT, 2023). Inseticidas relatados na literatura que apresentaram controle sobre *M. sojae* como quinalfós, endrin, ometoato e monocotrofós, não são comercializados no Brasil (LEE, 1962; TALEKAR; CHEN, 1985).

Ingredientes ativos comercializados no Brasil como tiametoxam, imidacloprido, carbosulfano, clorantraniliprole, espinosade, clorpirifós e cipermetrina apresentaram controle sobre a praga (ABDULLAH, 2001; ALFY et al., 2017; DEBJANI et al., 2008; JADHAV et al., 2013; KHANDHWE; NADAF;

SHARMA, 2011; KUMAR; NGUYEN; GKVK,2009a; KUMAR; NGUYEN; GKVK, 2009b). Um trabalho recente de Dhore et al. (2023) demonstrou eficiência no controle de *M. sojae* com inseticidas aplicados em parte aérea no intervalo de 15 e 21 dias após a semeadura da cultura, onde o tratamento que se demonstrou mais eficaz foi o tratamento com clorantraniliprole 10% + lambda-cialotrina 5%.

De acordo com Curioletti et al. (2018) em estudo realizado no Paraguai, a maior eficácia de controle foi obtida com o ingrediente ativo clorantraniliprole aplicado como tratamento de sementes (TS), seguido dos tratamentos com os ingredientes ativos fipronil, imidacloprido e tiodicarbe. Já via aplicação foliar, o tratamento mais eficaz foi imidacloprido, seguido de bifentrina e tiametoxam. Os autores recomendam a utilização de clorantraniliprole em TS, juntamente com clorpirifós na fase inicial da cultura, até 10 dias após a emergência (DAE) e repetida no intervalo inferior a 10 DAE, esse tratamento obteve os melhores efeitos de controle de *M. sojae* na avaliação até os 22 DAE, protegendo as plantas na fase mais sensível ao ataque da praga.

Cabe destacar aqui que os inseticidas supracitados que tiveram boa eficiência em diversos experimentos como imidacloprido e tiametoxam, pertencentes ao grupo químico dos neonicotinóides, em conjunto do clorantraniliprole e ciantraniliprole que são diamidas, dois grupos químicos que apresentam alta capacidade de translocação (GAZZONI, 2008; PES et al., 2020), justificando a eficácia desses produtos em relação a biologia de *M. sojae* com maiores chances de controle na fase larval do inseto-praga. Já inseticidas de choque, como os piretroides, são mais eficientes no controle de adultos de *M. sojae*.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo principal

Avaliar o potencial de redução de danos de *Melanagromyza sojae* em soja por meio do uso de inseticidas registrados e já utilizados pelos produtores no controle de outras pragas da cultura.

3.2 Objetivos secundários

1. Avaliar a redução de danos de *M. sojae* em soja utilizando inseticidas pulverizados em parte aérea da cultura.

2. Avaliar o efeito de pulverizações em parte aérea sequenciais com inseticidas químicos na proteção da soja contra o ataque de *M. sojae* e efeito no rendimento da cultura.

4 ARTIGO: THE SOYBEAN STEM FLY CHEMICAL CONTROL ON SOYBEAN

Paulo Cesar Ramon¹, Henrique Pozebon¹, Alberto Cargnelutti Filho², Julia Bevilacqua¹, Rafael Paz Marques¹, Lucas Boeni¹, André Luís Soares de Souza Brum¹, José Domingos Jacques Leão¹, Jonas André Arnemann^{1*}

¹Department of Crop Protection, Federal University of Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mails: pcramon2@gmail.com, henriquepozebon@gmail.com, juliasancas@gmail.com, rafael_pazmarques@hotmail.com, lucas_boeni@hotmail.com, andre.luis.brum@hotmail.com, jaaacccqqq@gmail.com, jonasarnemann@gmail.com

² Department of Crop Science, Federal University of Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: alberto.cargnelutti.filho@gmail.com

*Corresponding author: Jonas Arnemann, Crop Protection Department, UFSM, Santa Maria, RS, Brazil. E-mail: jonasarnemann@gmail.com

4.1 ABSTRACT

Soybean is the main grain crop grown in Brazil, with great importance for world food security. The soybean stem fly (SSF) *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) is an invasive pest recently identified and categorized in Brazil, which has a great potential for damage to the soybean crop, especially in the second soybean crop (sown from December 31st). The damage caused by the SSF is due to its feeding process, as it forms galleries inside the stems of soybean plants, harming the development of the crop. As it is a recent pest in Brazil, there is only one insecticide registered for control via seed treatment. The objective of this work was to evaluate the reduction of damage caused by SSF in soybean, by 15 insecticides registered for soybean crop, regularly recommended for the management of other soybean pests. Two experiments were conducted during the 2021 (first season) and 2022 (second season) growing seasons, under different conditions of rainfall and SSF population pressure. The experimental design used was completely randomized with split plots in time with 16 treatments and 20 replications at 8 time levels in 2021 and 5 time levels in the 2022 season. The results showed that in the two seasons evaluated, the best treatments to reduce SSF damage were chlorpyrifos and cyantraniliprole applied weekly. The lowest levels of protection against SSF damage were registered for the methomyl treatment. The highest yields, in both years, were obtained in the treatments with chlorpyrifos and cyantraniliprole, demonstrating correlation with the damage reduction data by SSF. The results of this study point to a high potential for damage by the soybean stem fly, which can be mitigated by the use of chemical insecticides, as long as they are applied in the early stages of the soy crop.

Keywords:

Melanagromyza sojae, invasive species, IPM

4.2 INTRODUCTION

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a commodity of great importance on the world, due to its protein content it is essential for the world food security, a fact evidenced more during the recent COVID-19 pandemic (YAO et al., 2020), in order to meet the growing global demand of the grain, it is estimated that global crop soybean productivity should double by 2050 (RAY et al., 2013).

Brazil is the world's big soybean producer, and this crop production plays a key role in the country's economy, accounting for 24% of the national GDP in the recent decades (CASTRO, 2019). Soybean is the main crop cultivated in the country with an estimated area and production being 43 million hectares and 153 million tons of grain, respectively (USDA, 2023).

According to FAO, pests and disease control failures reduce between 20 to 40 percent of all agricultural production, respectively, and the direct and indirect damage and the management of invasive insects in crops costs US\$ 70 billion/year to the world economy (FAO, 2019). Brazil. As a key player in the international agricultural scenario, presents a subtropical environment that has extensive crops and intensive crops systems, favoring the development and maintenance of existing insect pests and the establishment of invasive pests that reduce the potential yield (TAY et al., 2017; POZEBON et al., 2020).

The soybean stem fly, *Melanagromyza sojae* Zehntner (Diptera: Agromyzidae), is an invasive pest to Brazil, native to East Asia and detected in Brazil in 2015 (ARNEMANN et al., 2016), and spread throughout South America in Paraguay in 2016 (GUEDES et al., 2017), Bolivia in 2019 (VITORIO et al.,

2019) and Argentina in 2020 (TROSSERO et al., 2020). The damage of this specie is occasioned by the larvae that penetrate the stem through the ribs of the leaves and form galleries inside, damaging the vascular tissues compromising the transport of water, nutrients and flow of assimilates, causing reductions in the development and consequently productivity of the plant (CHIANG & NORRIS, 1983; TALEKAR, 1989).

The ssf pest expresses a great potential for yield reduction, with 30% of losses recorded in indonesia (Du; Hong, 1982) and up to 40% in india (JADHAV, 2011). In Brazilian growing conditions, studies by Guedes et al. (2015) mention a 36% reduction in yield. More recent studies showed that at each percentage point of the injured stem there is a reduction in grain production of 0.9 g plant⁻¹ (MARQUES, 2023). In general losses are intimately related to the region of cultivation, nutritional status of the plants, soybean genotype used, sowing date and specially management practices adopted (SAVAJJI, 2006).

In Brazil this pest occurs mainly in the southern region of Brazil in the second crop of soybeans after corn, on approximately 250 thousand hectares in the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina (POZEBON et. Al, 2020), constantly growing due to intensification of production. Although there are several control methods, currently the chemical control through insecticides remains the main control tactic of *M. sojae* (CURIOLETTI, 2016). However, in Brazil although there are 728 formulated insecticide products and 68 distinct active ingredients, none is registered for the control of *M. soybean* as a foliar spray, having only 1 formulated product recently introduced in the market for use in seed treatment (Clothianidin) with recommendation for this pest control (AGROFIT, 2023).

The objective of this study was to evaluate the effect of insecticides in the control of *M. sojae* searching for the more effective and reliable treatment to reduce the damage caused by the soybean stem fly.

4.3 MATERIALS AND METHODS

Experimental conditions and plant material

Two experiments were conducted during two summer crops (2021 and 2022), at the Federal University of Santa Maria (29°42'48"S, 53°43'59"W, 119 meters' altitude), in Santa Maria, RS, Brazil. The soybean cultivar TMG 7063 IPRO was sown with population density of 300,000 plants ha⁻¹ and spacing between lines of 0.5 meters. The sowing dates were January 25, 2021 (first crop) and February 15, 2022 (second crop), and in the second harvest there was a delay in sowing due to water stress conditions per to lack of rainfall. Soybean seeds were treated with 30 g ia of carbendazim + 70 g ia thiram per 100 kg of seeds. The weeds were controlled before planting with application of 1.040 g ia ha⁻¹ glyphosate + 1.005 g ia ha⁻¹ glyphosate, and in the soybean stage V3 with application of 1.040 g ia ha⁻¹ glyphosate. Foliar fungicides strobilurins and triazole were used to control diseases in the growth stages V3, V8, R1 and R4. The soybean variety used contained a Bt insecticide protein, Cry1Ac, to control defoliating caterpillars. Sap-sucking pests (stink bugs and whitefly) were monitored on the field surrounds and managed with application of 60 g ha⁻¹ acetamipride + 30 g ia/ha⁻¹ pyriproxifen e 970 g ia ha⁻¹ of acephate, before they reached the experimental plots.

Experimental Design and Treatments

The experimental design was completely randomized with plot subdivided in time, the main plot were defined by 16 treatments (product factor) (Table 1) and the subplots defined by time levels 8 time levels in the 2021 crop season (7,

15, 24, 31, 38, 45, 53 and 60 days after the first application) and 5 time levels in the 2022 crop season (8, 15, 22, 30 and 37 days after the first application) (Figure 1). The treatments were chosen based on chemical groups and active ingredients regularly recommended by the field technicians in the control of other pests in the soybean crop. The first spray was done after the identification of the pest in the area and field borders through monitoring and previous evaluations. The following sprays ranged from 7 to 9 days after the first spray of the active ingredient of each treatment according to the climatic conditions until the grain filling phase (R5.5). Twenty replications were used to evaluate the injured stem and plant height during on each evaluation in which each plant represents a repetition. Each plot was 6 x 20 meters and have approximately 3.600 soybean plants. Sprays were carried out using a CO₂-pressurized backpack sprayer, with a spray volume of 150 L/ha and six spray nozzles (model XR 110 020) spaced 0.5 m from each other. The representation of the moment of each spray and evaluations on the soybean grown stages is shown in Figure 1.

Evaluations

Evaluations were performed weekly after the first spray and before the next spray by random sampling of 20 soybean plants of each plot, starting at V2 in the 2021 crop season and V5 in the 2022 crop season. The evaluations were extended up to one week after the R5.5 stage of the soybean crop. Plant height was measured from the soil line to the last node of the main stem, and the presence of SSF tunnels was assessed and tunnels measured by opening the main stem longitudinally, from bottom to top. The percentage of injured stem (% IS) was determined as a ratio between plant height and tunnel length in the main stem.

The yield of each treatment was estimated from the harvest of 4 replications with 4 m² randomly arranged in the central rows of the plots. The harvest was performed manually, after which the mechanical trail was performed in a stationary railway, with subsequent weighing, correction of moisture to 13% and conversion of the values to Mg ha⁻¹.

Statistical analysis

Plant height, stem length injured, percentage of stem damage and yield data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and treatment means were compared using the Scott-Knott test at 5% probability ($P \leq 0.05$). Analyses were performed using Microsoft Excel and SISVAR (FERREIRA, 2014).

4.4 Results and discussion

First cropping season (2021): Normal rainfall and higher SSF pressure

The presentation and discussion of the results will be done by grouping the treatments according to their performance in the SSF control: best controls treatments, intermediate controls and no SSF control effect. On this season, with normal rainfall and higher SSF pressure, the best SSF controls were observed in the treatments T2 (Chlorpyrifos) and T11 (Cyantraniliprole), with an average % IS of 22.40 and 27.11, respectively, significantly differing from each other and from the other treatments (Table 2).

Treatments T3 (Lambda-cyhalothrin), T4 (Bifenthrin), T5 (Chlorantraniliprole), T6 (Fipronil), T7 (Abamectin), T8 (Acephate), T9 (Thiamethoxam), T10 (Imidacloprid), T12 (Chlorfenapyr), T13 (Lambda-cyhalotrin + Chlorantraniliprole), T14 (Imidacloprid + Bifenthrin), T15

(Thiamethoxan + Lambda-cyhalotrin) showed an intermediate control effect of SSF, with average % IS ranging from 36.67 to 44.65, differing significantly from the other treatments. Yet, the treatments T3, T7, T8, T9, T10, T13, T14, T15, ranging from 36.67 to 41.15 of % IS and treatments T4, T5, T6, T12, ranging from 41.91 to 44.65 of % IS, showed significant difference between them. It is important to highlight among the treatments that demonstrated an intermediate control effect, the neonicotinoid insecticides T9 (Thiamethoxam) and T10 (imidacloprid), which had the best performance among the intermediate treatments, which can be explained by the high translocation capacity of this group of insecticides (GAZZONI, 2008).

The highest injury of SSF were registered in treatments T1 (Methomyl) and T16 (control), with 47.31 and 50.26 of % IS, respectively, differing significantly from the other treatments. Except for treatment T1, the other treatments differed significantly from treatment T16 (control) without insecticide spray, showing the control effect of SSF on the soybean plants.

Observing the weekly evaluations separately (Table 2) we can see that since the beginning of the evaluations (7 DA1S) they have shown significant differences among themselves and in relation to T16 (control), highlighting the importance of sprays (protection) in the initial crop phenological stages of the soybean culture, since although the insect can infest soybean plants throughout the entire crop cycle, attacks in the early stages of development result in the man losses in grain yield (TALEKAR, 1989). Throughout the evaluations, a gradual increase in the % IS in the treatments can be observed, and it is important to emphasize that the greatest damage was recorded between 7 and 15 days after the first spray, corroborating the information that the first to four weeks after crop

emergence are the most critical period for attack by *M. Soyae*. (CABI, 2022; TALEKAR; CHEN, 1985).

The average plant height (Table 3) of treatments T1 (Methomyl) and T16 (control) showed the lowest values, and significantly differed from the other treatments, demonstrating a relationship between % of IS and the reduction of plant height (Bhattacharjee, 1980). However, treatments T5 (Chlorantraniliprole), T7 (Abamectin), T8 (Acephate), T9 (Thiametoxam), T15 (Thiamethoxan + Lambda-cyhalotrin), showed average plant length between 40.3 cm and 41.21 cm, differing significantly from the others treatments, with higher plant than the other treatments. The average size of the soybean plant ranged from 35 to 41 cm in average length of the main stem.

The highest values of average stem length damage (Table 4) were observed in treatments T1 (Methomyl), T4 (Bifenthrin), T5 (Chlorantraniliprole), T6 (Fipronil), T8 (Acephate) and T16 (control), which varied from 17.48 to 18.71 cm of stem damaged. On average, the treatments that had the lowest values for damaged stem length were T2 (Chlorpyrifos) and T11 (Cyantraniliprole), with 9.40 cm and 11.72 cm, respectively, differing from each other and from the other evaluated treatments.

Second cropping season (2022): Draw and lower SSF pressure

In the second growing season of 2022, different environment conditions during the soybean crop were observed, with a delay in the sowing due to the drought, and also a lower SSF pressure in the adjacent areas and, consequently, a delay in the infestation of SSF. The best SSF controls in the 2022 season were observed (Table 5) in treatments T2 (Chlorpyrifos) and T11 (Cyantraniliprole),

with average of % IS of 0.92 and 1.56, respectively, significantly differing from the other treatments.

Treatment T16 (control) showed 38.74 of % IS, significantly differing from the other treatments. Among the other treatments, which presented an intermediate performance, treatments T1 (Methomyl), T4 (Bifenthrin), T5 (Chlorantraniliprole), T12 (Clorfenapyr), T15 (Thiamethoxan + Lambda-cyhalotrin) were the treatments that showed no effect on the SSF control, with an average percentage of attacked stems ranging from 22.62% to 26.89%, significantly differing from the other treatments. Observing together the variables plant height (Table 6) and length of damaged stem (Table 7), it is clear that as in the first season, the most attacked plants by SSF had a significant reduction in height in relation to the other treatments.

Two-seasons analysis and yield

In the two-season analysis the best control of SSF was achieved by T2 (Chlorpyrifos) and T11 (Cyantraniliprole) with the lowest % of IS and the highest soybean yield. With the delay in sowing of the 2022 harvest due to the intense period of drought and the need for resowing, there was a shortening of the cycle in days of the crop, together with a reduction in the yield potential of the crop and, due to the shorter cycle, a smaller accumulation of dry matter, providing the plants with a lower capacity to overcome the injuries resulting from the attack of SSF (TAGLIAPIETRA et al., 2022; TALEKAR, 1989).

According to the results obtained from the yields (Table 8), the treatments that presented the lowest productive performance were treatments T1 (Methomyl) with 2214.56 Kg ha⁻¹, T13 (Lambda-cyhalotrin + Chlorantraniliprole

) with 2548.37 Kg ha⁻¹ and the T16 (control) that showed the worst performance with productivity of 1729.14 Kg ha⁻¹, these treatments differed significantly from the other treatments by the Scott Knott test ($P \leq 0.05$).

The other treatments did not differ significantly, however it is worth mentioning that the treatments with the highest productivity were T2 (Chlorpyrifos) and T11 (Cyantraniliprole) which presented average productivity of 3995.58 Kg ha⁻¹ and 4083.95 Kg ha⁻¹, respectively.

In the second season, treatments T2 (Chlorpyrifos) and T11 (Cyantraniliprole) showed the highest yield, with 2253 Kg ha⁻¹ and 2187 Kg ha⁻¹, respectively, significantly differing from the other treatments. The treatments with lowest average yield were treatments T1 (Methomyl), T12 (Chlorfenapyr), T15 (Thiamethoxan + Lambda-cyhalotrin) and T16 (Control), which presented average productivity between 959 to 1169 Kg ha⁻¹, significantly differing from the other treatments.

It is important to note that when we establish a correlation between the average productivity with the average percentage of damaged stems in each season (Figure 2), we can verify that the linear model fits the set of observations, with an R-square (R^2) of 0.6506 in the 2021 harvest and R^2 of 0.8883 in the 2022 harvest, corroborating the fact that the higher the percentage of damaged stems, the greater the loss of productive performance of the soybean crop (MARQUES et al., 2023).

4.5 CONCLUSION

The best control of soybean stem fly in soybean using foliar sprays of chemical insecticides during the crop was achieved by using Chlorpyrifos (480

g/hectare) and Cyantraniliprole (100 g/hectare), which also resulted in the higher yields.

4.6 REFERENCES

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários; http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. (accessed 27 March 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. *Genetics and Molecular Research*, Ribeirão Preto, v. 15, gmr.15028610, 2016.

CABI. Species page: soybean stem miner *Melanagromyza sojae*. 2022. <https://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet/33003> . (accessed 25 February 2023).

CASTRO, N.R., 2019. Labor productivity increases more in agribusiness than in Brazil and boosts sector GDP. CEPEA; www.cepea.esalq.usp.br/en/opinion/labor-productivity-increases-more-in-agribusiness-than-in-brazil-and-boosts-sector-gdp.aspx. (accessed 11 February 2023)

CHIANG, H. S.; NORRIS, D. M. Morphological and physiological parameters of soybean resistance to agromyzid beanflies. *Environmental Entomology*, v. 12, p. 260-265, 1983.

CURIOLETTI, L.E. Ocorrência, distribuição espacial e métodos de controle de *Melanagromyza sojae* em soja. 2016. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

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.

FERREIRA DF (2014) Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Cienc. e Agrotecnologia*. 38: 109–112.

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

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

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.

JADHAV, S. Bio-ecology and management of stem fly, *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Agromyzidae: Diptera) in soybean ecosystem. Doctoral dissertation, UAS, Dharwad, 2011.

MARQUES et al. 2023. Damage assessment of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) on soybean in Brazil. *Agricultural Journal of Agricultural Science*. In Press.

Pozebon H, Marques RP, Padilha G, O'Neal M, Valmorbidia I, Bevilaqua JG, Tay WT & Arnemann JA (2020) Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. *J. Econ. Entomol.* 113: 1591 – 1608.

Ray DK, Mueller ND, West PC, Foley JA (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. PLoS ONE 8(6): e66428. doi:10.1371/journal.pone.0066428

SAVAJJI, K. Biology and management of soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Diptera: Agromyzidae). University of Agricultural Sciences. Master of Science thesis, 2006.

TAGLIAPIETRA, E. L. et.al. Ecofisiologia da soja: Visando altas produtividades. 2 ed. Santa Maria, 2022. 110 p.

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.; CHEN, B. S. Soybean in tropical and subtropical cropping systems. Tainan: Asian Vegetable Research and Development Center, p. 257-271, 1985.

TROSSERO, M., ZUIL, S., FRANA, J. Mosca del tallo de la soja, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), en el centro de Santa Fe, 2020. Disponivel em: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_rafaela_mosca_del_tallo_soja_web.pdf.

Acesso: 22 february 2023

United States Department of Agriculture (USDA). 2023. World agricultural production. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> (accessed 26 February 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. gmr 18222, 2019.

Yao, Huizong; Zuo, Xiaoxing; Zuo, Daxing; Lin, Han; Huang, Ximeng; Zang, Chuanfu. Study on soybean potential productivity and food security in China under the influence of COVID-19 outbreak, *Geography and Sustainability*, volume 1, Issue 2, 2020, pages 163-171, ISSN 2666-6839, <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.06.002>.

4.7 FIGURES AND TABLES

Table 1. Number of treatments, active ingredient, concentration and dose the insecticides that composes the treatment.

| Treatment | Active ingredient | ¹Concentration | ²Dose ha⁻¹ |
|------------------|--|----------------------------------|---|
| 1 | Methomyl | 215 g/L | 1000 mL |
| 2 | Chlorpyrifos | 480g/L | 1000 mL |
| 3 | Lambda-cyhalothrin | 50 g/L | 150 mL |
| 4 | Bifenthrin | 100 g/L | 150 mL |
| 5 | Chlorantraniliprole | 200 g/L | 50 mL |
| 6 | Fipronil | 800 g/kg | 40 g |
| 7 | Abamectin | 72 g/L | 400 mL |
| 8 | Acephate | 750 g/kg | 1000 g |
| 9 | Thiamethoxam | 500 g/kg | 70 g |
| 10 | Imidacloprid | 480 g/L | 250 mL |
| 11 | Cyantraniliprole | 100 g//L | 1000 mL |
| 12 | Clorfenapir | 240 g/L | 1000 mL |
| 13 | Lambda-cyhalotrin + Chlorantraniliprole | 50+100 g/L | 150 mL |
| 14 | Imidacloprid + Bifenthrin | 250 + 50 g/L | 400 mL |
| 15 | Thiamethoxan + Lambda-cyhalotrin | 141+106 g/L | 250 mL |
| 16 | Control | - | - |

Note. ¹Concentration of the active ingredient in the commercial product. ² Dose of the commercial product use

Figure 7. Moments of application of insecticides in the first crop (2021) under normal rain conditions and sowing period, with *low pressure of M. sojae* and second crop (2022) in dry conditions, period of delay in sowing and low pressure of *M sojae*.

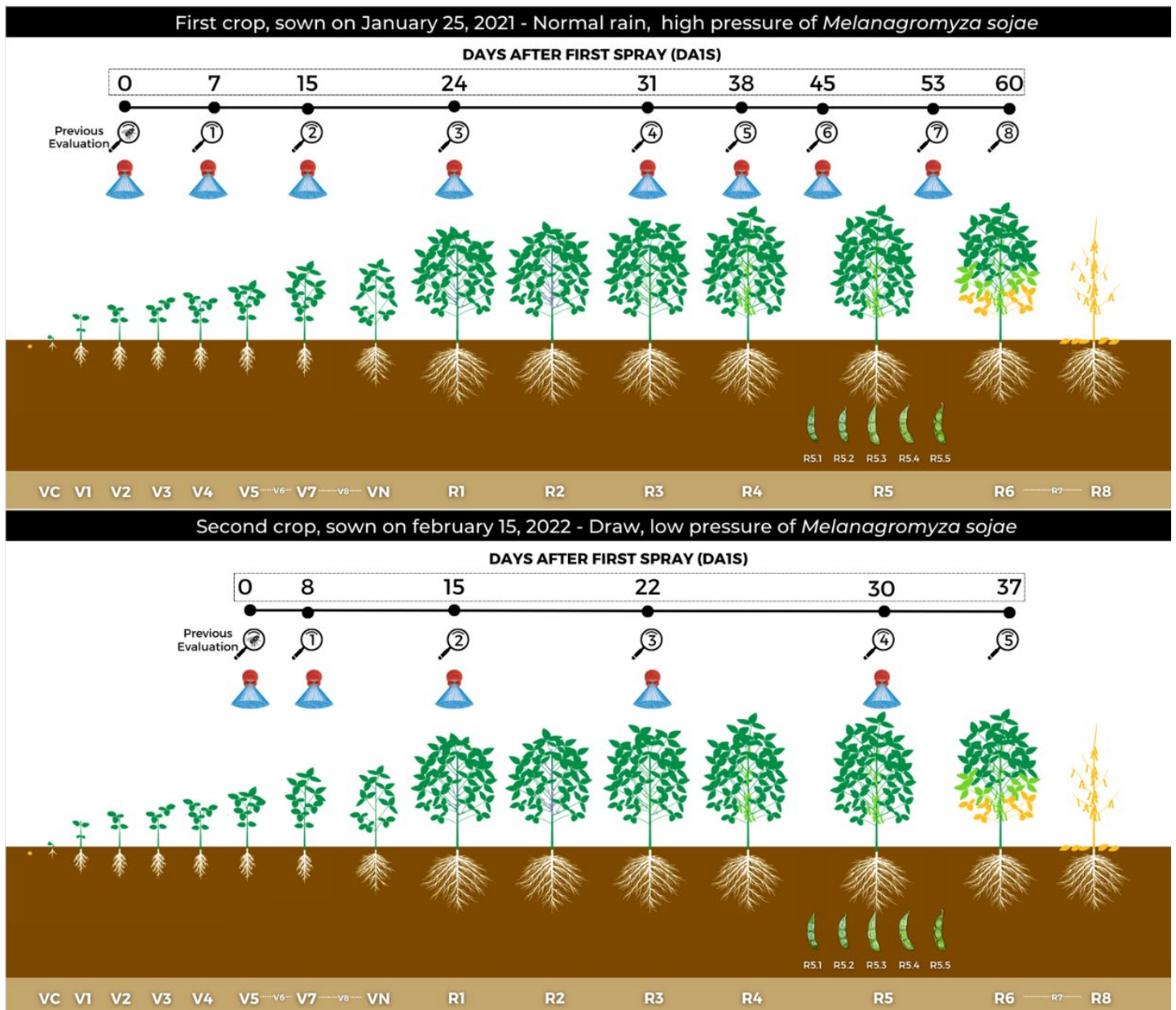


Table 2. Percentage of stem length injured (% IS) by *Melanagromyza sojae* evaluated (7, 15, 24, 31, 38, 45, 53, 60 DA1S and general mean) in the 2021 crop. Santa Maria, RS, Brazil.

| Treatment | Days after first spray (%) ¹ | | | | | | | | Mean (%) |
|---------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 7 | 15 | 24 | 31 | 38 | 45 | 53 | 60 | |
| 1 | 39.83 c | 38.17 d | 42.80 c | 54.45 c | 47.50 b | 49.04 b | 60.53 b | 46.16 a | 47.31 e |
| 2 | 0.00 a | 4.46 a | 26.16 a | 26.27 a | 22.37 a | 31.21 a | 35.06 a | 33.64 a | 22.40 a |
| 3 | 13.06 a | 27.49 b | 34.95 b | 43.60 c | 42.87 b | 45.19 b | 41.29 a | 58.93 b | 38.42 c |
| 4 | 26.14 b | 34.44 c | 42.04 c | 50.83 c | 42.86 b | 42.76 b | 45.52 b | 50.67 b | 41.91 d |
| 5 | 15.21 a | 34.53 c | 46.73 c | 46.86 c | 47.81 b | 50.38 b | 50.38 b | 55.69 b | 43.45 d |
| 6 | 11.04 a | 37.87 c | 50.43 c | 53.53 c | 41.34 b | 42.15 b | 50.91 b | 52.05 b | 42.41 d |
| 7 | 3.83 a | 17.91 b | 36.71 b | 41.94 b | 35.45 a | 45.46 b | 51.12 b | 57.59 b | 36.25 c |
| 8 | 21.40 b | 36.55 c | 43.39 c | 39.27 b | 40.56 b | 42.22 b | 47.28 b | 54.32 b | 40.63 c |
| 9 | 6.18 a | 26.82 b | 37.54 b | 45.10 c | 46.24 b | 48.16 b | 45.87 b | 47.32 a | 37.90 c |
| 10 | 13.35 a | 22.11 b | 45.97 c | 50.01 c | 42.92 b | 37.01 a | 38.47 a | 43.54 b | 36.67 c |
| 11 | 1.67 a | 18.73 b | 25.65 a | 30.50 a | 29.83 a | 33.24 a | 35.68 a | 41.62 a | 27.11 b |
| 12 | 19.42 b | 51.16 d | 45.77 c | 42.19 b | 48.59 b | 45.22 b | 50.90 b | 54.03 b | 44.65 d |
| 13 | 12.34 a | 41.36 c | 43.96 c | 47.63 c | 45.91 b | 42.00 b | 46.68 b | 49.33 b | 41.15 c |
| 14 | 7.41 a | 19.66 b | 50.40 c | 41.31 b | 40.22 b | 44.37 b | 39.80 a | 54.24 b | 37.18 c |
| 15 | 9.52 a | 29.83 b | 46.16 c | 39.32 b | 45.17 b | 41.83 b | 44.34 b | 42.24 a | 37.30 c |
| 16 | 32.43 c | 47.16 d | 45.63 c | 54.82 c | 56.14 b | 47.15 b | 52.34 b | 66.39 b | 50.26 e |
| CV (%)² | 47.91 | | | | | | | | |

Note. ¹ = Percentage of stem length injured followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test (P≤0.05). ²CV (%) = Coefficient of variation.

Table 3. Mean of plant height (cm) evaluated (7, 15, 24, 31, 38, 45, 53, 60 DA1S and general mean) in the 2021 crop. Santa Maria, RS, Brazil.

| Treatment | Days after first spray (DA1S) ¹ | | | | | | | | Mean (cm) |
|---------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | 7 | 15 | 24 | 31 | 38 | 45 | 53 | 60 | |
| 1 | 17.90 a | 26.25 a | 28.80 c | 38.83 b | 39.05 d | 44.20 c | 40.60 d | 44.40 b | 35.00 d |
| 2 | 22.00 a | 25.80 a | 31.40 b | 40.43 a | 48.48 b | 49.03 b | 45.30 c | 46.85 b | 38.66 b |
| 3 | 23.90 a | 27.40 a | 31.45 b | 42.45 a | 46.48 b | 50.78 b | 45.08 c | 49.40 a | 39.62 b |
| 4 | 23.43 a | 27.65 a | 32.25 b | 39.88 a | 49.15 a | 50.23 b | 47.60 c | 48.60 b | 39.85 b |
| 5 | 24.10 a | 27.55 a | 31.20 b | 43.03 a | 46.98 b | 50.38 b | 50.25 b | 50.70 a | 40.52 a |
| 6 | 23.00 a | 26.08 a | 29.48 c | 38.48 b | 49.85 a | 53.18 a | 49.95 b | 49.65 a | 39.96 b |
| 7 | 24.78 a | 26.28 a | 30.73 b | 41.28 a | 53.18 a | 50.13 b | 48.35 b | 53.00 a | 40.96 a |
| 8 | 23.30 a | 27.75 a | 32.20 b | 40.93 a | 49.63 a | 54.68 a | 53.43 a | 47.80 b | 41.21 a |
| 9 | 22.25 a | 27.65 a | 36.18 a | 39.58 a | 51.73 a | 43.70 c | 49.68 b | 51.65 a | 40.30 a |
| 10 | 22.73 a | 26.85 a | 30.58 b | 40.35 a | 49.68 a | 49.98 b | 46.88 c | 47.25 b | 39.28 b |
| 11 | 21.95 a | 23.85 b | 29.25 c | 42.55 a | 49.53 a | 47.08 c | 49.65 b | 47.55 b | 38.93 b |
| 12 | 22.10 a | 22.05 b | 27.85 c | 40.53 a | 48.23 b | 46.65 c | 45.98 c | 46.30 b | 37.46 c |
| 13 | 22.10 a | 23.63 b | 27.43 c | 37.83 b | 45.53 b | 50.08 b | 51.08 b | 43.55 b | 37.65 c |
| 14 | 21.75 a | 22.63 b | 27.43 c | 35.95 b | 46.63 b | 49.65 b | 50.30 b | 50.15 a | 38.06 c |
| 15 | 22.93 a | 24.85 b | 28.83 c | 43.20 a | 43.28 c | 54.20 a | 54.60 a | 54.00 a | 40.73 a |
| 16 | 22.53 a | 22.80 b | 28.43 c | 35.45 b | 35.60 d | 44.65 c | 46.10 c | 47.35 b | 35.36 d |
| CV (%)² | 16.38 | | | | | | | | |

Note. ¹ = Plant high followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test ($P \leq 0.05$). ²CV (%) = Coefficient of variation.

Table 4. Mean of stem length injured (cm) evaluated (7, 15, 24, 31, 38, 45, 53, 60 DA1S and general mean) in the 2021 crop. Santa Maria, RS, Brazil.

| Treatment | Days after first spray (DA1S) ¹ | | | | | | | | Mean (cm) |
|---------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | 7 | 15 | 24 | 31 | 38 | 45 | 53 | 60 | |
| 1 | 6.98 b | 9.78 b | 14.58 c | 20.73 b | 17.98 c | 21.35 b | 24.40 b | 24.10 b | 17.48 d |
| 2 | 0.00 a | 1.15 a | 7.68 a | 10.48 a | 10.18 a | 15.15 a | 15.10 a | 15.45 a | 9.40 a |
| 3 | 3.25 a | 7.30 b | 10.80 b | 18.55 b | 19.25 c | 22.40 b | 18.80 a | 28.65 c | 16.13 c |
| 4 | 5.93 b | 9.68 b | 14.55 c | 20.10 b | 20.95 c | 20.70 b | 21.50 b | 28.95 c | 17.79 d |
| 5 | 3.75 a | 9.40 b | 14.28 c | 20.13 b | 22.25 c | 23.75 b | 25.15 b | 30.95 d | 18.71 d |
| 6 | 2.50 a | 9.73 b | 14.28 c | 20.48 b | 20.50 c | 21.85 b | 25.45 b | 28.25 c | 17.88 d |
| 7 | 1.00 a | 4.63 a | 10.68 b | 17.35 b | 18.68 c | 22.85 b | 24.50 b | 32.70 d | 16.55 c |
| 8 | 5.15 b | 10.23 b | 13.38 c | 15.90 a | 19.88 c | 22.85 b | 25.20 b | 34.80 d | 18.42 d |
| 9 | 1.50 a | 7.20 b | 15.18 c | 17.70 b | 23.95 c | 20.60 b | 21.80 b | 24.15 b | 16.51 c |
| 10 | 3.00 a | 5.78 a | 14.35 c | 19.55 b | 21.10 c | 18.45 a | 18.25 a | 26.95 c | 15.93 c |
| 11 | 0.40 a | 4.35 a | 6.68 a | 13.30 a | 14.65 b | 15.40 a | 18.00 a | 21.00 b | 11.72 b |
| 12 | 4.35 b | 11.00 b | 12.60 c | 17.05 b | 23.05 c | 20.60 b | 23.15 b | 24.70 b | 17.06 c |
| 13 | 2.75 a | 9.45 b | 12.85 c | 17.83 b | 20.70 c | 20.85 b | 23.93 b | 24.75 b | 16.64 c |
| 14 | 1.60 a | 4.23 a | 13.38 c | 14.38 a | 18.80 c | 21.65 b | 19.80 a | 27.05 c | 15.11 c |
| 15 | 2.10 a | 7.15 b | 13.93 c | 16.63 b | 19.30 c | 22.10 b | 23.95 b | 22.30 b | 15.93 c |
| 16 | 7.30 b | 10.75 b | 12.75 c | 19.28 b | 19.30 c | 20.20 b | 23.10 b | 31.30 d | 18.00 d |
| CV (%)² | 44.21 | | | | | | | | |

Note. ¹ = Stem length injured followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test ($P \leq 0.05$). ²CV (%) = Coefficient of variation.

Table 5. Percentage of stem length injured (% IS) by *Melanagromyza sojae* evaluated (8, 15, 22, 30, 37 DA1S and general mean) in the 2022 crop. Santa Maria, RS, Brazil.

| Treatment | Days after first spray (DA1S) ¹ | | | | | Mean (%) |
|---------------------------|--|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 8 | 15 | 22 | 30 | 37 | |
| 1 | 1.13 a | 18.32 c | 22.39 b | 44.47 c | 48.14 e | 26.89 c |
| 2 | 0.00 a | 1.11 a | 0.59 a | 1.94 a | 0.94 a | 0.92 a |
| 3 | 6.91 a | 12.32 b | 19.40 b | 27.74 b | 21.57 b | 17.59 b |
| 4 | 0.81 a | 12.95 b | 28.68 c | 37.85 c | 32.83 c | 22.62 c |
| 5 | 4.89 a | 17.07 c | 34.14 c | 39.82 c | 23.43 b | 23.87 c |
| 6 | 6.36 a | 8.67 b | 21.60 b | 34.04 b | 30.16 c | 20.17 b |
| 7 | 3.07 a | 11.47 b | 19.30 b | 33.51 b | 36.39 c | 20.75 b |
| 8 | 3.74 a | 18.94 c | 18.17 b | 34.06 b | 32.79 c | 21.54 b |
| 9 | 7.23 a | 11.82 b | 18.36 b | 29.51 b | 26.43 b | 18.67 b |
| 10 | 4.25 a | 12.24 b | 25.16 b | 24.23 b | 24.44 b | 18.07 b |
| 11 | 0.00 a | 0.54 a | 0.00 a | 2.93 a | 4.34 a | 1.56 a |
| 12 | 4.82 a | 15.14 b | 38.44 c | 28.68 b | 34.53 c | 24.32 c |
| 13 | 4.03 a | 19.75 c | 18.86 b | 27.00 b | 38.76 d | 21.68 b |
| 14 | 7.62 a | 11.54 b | 32.04 c | 30.94 b | 23.90 b | 21.21 b |
| 15 | 5.62 a | 19.01 c | 35.85 c | 34.31 b | 34.05 c | 25.77 c |
| 16 | 8.27 a | 35.67 d | 47.33 d | 50.71 c | 51.72 e | 38.74 d |
| CV (%)² | 74.67 | | | | | |

Note. ¹ = Percentage of stem length injured followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test ($P \leq 0.05$). ²CV (%) = Coefficient of variation.

Table 6. Mean of plant height (cm) evaluated (8, 15, 22, 30, 37 DA1S and general mean) in the 2022 crop. Santa Maria, RS, Brazil.

| Treatment | Days after first spray (DA1S) ¹ | | | | | Mean (cm) |
|---------------------------|--|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | 8 | 15 | 22 | 30 | 37 | |
| 1 | 21.55 b | 28.03 c | 34.30 c | 41.65 c | 42.05 c | 33.52 e |
| 2 | 21.30 b | 31.30 a | 34.80 c | 43.80 b | 46.65 b | 35.57 c |
| 3 | 23.60 a | 30.50 b | 33.85 c | 41.45 c | 42.70 c | 34.42 d |
| 4 | 23.90 a | 30.85 b | 33.50 c | 41.45 c | 45.15 b | 34.97 c |
| 5 | 23.80 a | 31.10 a | 35.60 b | 42.45 b | 45.75 b | 35.74 c |
| 6 | 21.65 b | 30.40 b | 34.00 c | 40.85 c | 45.65 b | 34.51 d |
| 7 | 24.60 a | 32.50 a | 35.70 b | 42.25 c | 48.20 a | 36.65 b |
| 8 | 24.20 a | 32.10 a | 38.65 a | 42.80 b | 49.85 a | 37.52 a |
| 9 | 21.50 b | 29.20 b | 32.50 c | 42.55 b | 43.85 c | 33.92 d |
| 10 | 22.30 a | 29.55 b | 33.00 c | 41.25 c | 42.55 c | 33.73 e |
| 11 | 22.70 a | 28.70 c | 35.65 b | 45.20 a | 46.55 b | 35.76 c |
| 12 | 23.10 a | 32.25 a | 36.30 b | 41.80 c | 44.90 b | 35.67 c |
| 13 | 23.10 a | 28.30 c | 33.65 c | 43.25 b | 44.00 c | 34.46 d |
| 14 | 22.60 a | 27.80 c | 33.75 c | 41.70 c | 44.10 c | 33.99 d |
| 15 | 19.40 c | 25.35 d | 30.90 d | 40.70 c | 48.10 a | 32.89 e |
| 16 | 20.20 c | 24.35 d | 28.15 e | 39.85 c | 38.10 d | 30.13 f |
| CV (%)² | 16.38 | | | | | |

Note. ¹ = Plant high followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test ($P \leq 0.05$). ²CV (%) = Coefficient of variation.

Table 7. Mean of stem length injured (cm) evaluated (8, 15, 22, 30, 37 DA1S and general mean) in the 2022 crop. Santa Maria, RS, Brazil.

| Treatment | Days after first spray (DA1S) | | | | | Mean (cm) |
|---------------|-------------------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|
| | 8 | 15 | 22 | 30 | 37 | |
| 1 | 0.23 a | 5.10 b | 7.45 b | 18.65 d | 20.40 d | 10.37 d |
| 2 | 0.00 a | 0.35 a | 0.20 a | 0.80 a | 0.45 a | 0.36 a |
| 3 | 1.55 a | 3.75 a | 6.50 b | 11.40 b | 8.90 b | 6.42 b |
| 4 | 0.18 a | 4.08 a | 9.30 c | 15.55 c | 14.75 c | 8.77 d |
| 5 | 1.18 a | 5.45 b | 12.05 c | 16.90 c | 10.65 b | 9.25 d |
| 6 | 1.30 a | 2.65 a | 7.40 b | 13.90 b | 13.65 c | 7.78 c |
| 7 | 0.75 a | 3.70 a | 6.90 b | 13.95 b | 17.25 c | 8.51 c |
| 8 | 0.85 a | 6.03 b | 7.25 b | 14.35 b | 16.05 c | 8.91 d |
| 9 | 1.50 a | 3.35 a | 5.95 b | 12.40 b | 11.15 b | 6.87 b |
| 10 | 0.85 a | 3.65 a | 8.00 b | 9.95 b | 10.20 b | 6.53 b |
| 11 | 0.00 a | 0.15 a | 0.00 a | 1.25 a | 2.00 a | 0.68 a |
| 12 | 1.15 a | 4.85 b | 14.00 c | 11.90 b | 15.50 c | 9.48 d |
| 13 | 0.95 a | 5.95 b | 6.30 b | 11.70 b | 17.00 c | 8.38 c |
| 14 | 1.80 a | 3.15 a | 10.73 c | 12.70 b | 10.55 b | 7.79 c |
| 15 | 0.95 a | 4.45 b | 11.10 c | 13.85 b | 16.30 c | 9.33 d |
| 16 | 1.50 a | 8.80 b | 13.10 c | 20.20 d | 19.25 d | 12.57 e |
| CV (%) | 72.05 | | | | | |

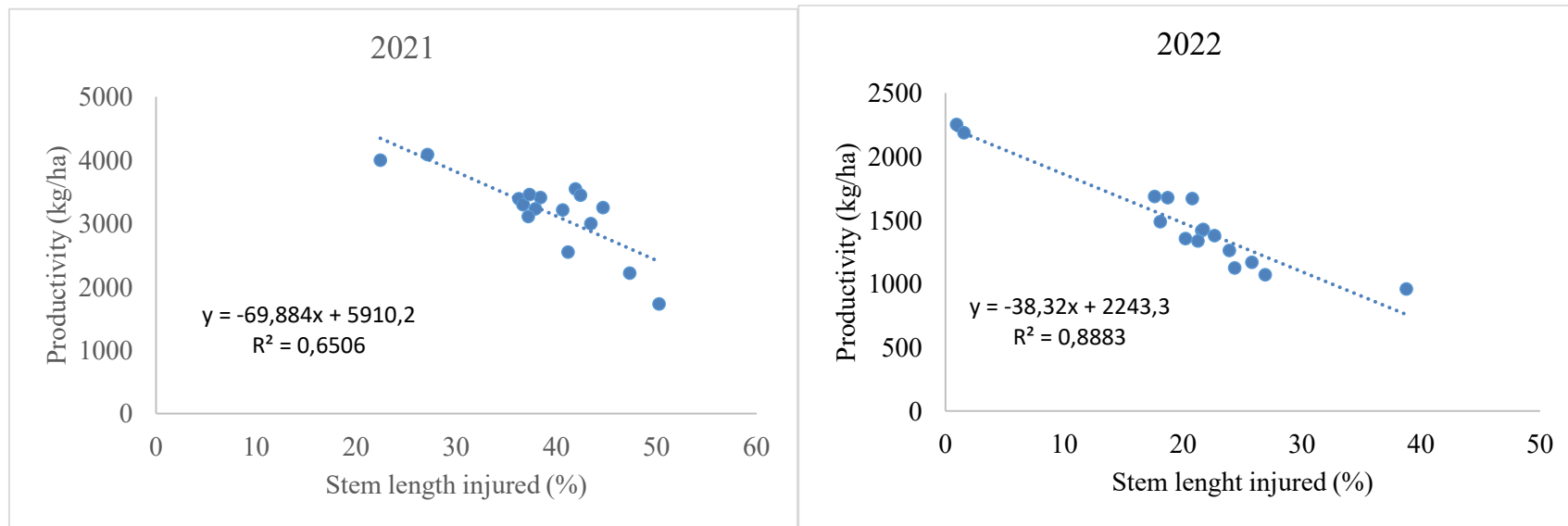
Note. ¹ = Stem length injured followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test ($P \leq 0.05$). ²CV (%) = Coefficient of variation.

Table 8. Average soybean productivity in treatments for the 2021 and 2022 crop season. Santa Maria, RS, Brazil.

| Treatment | Active ingredient | Productivity (Kg ha ⁻¹) | | |
|---------------------------|---|-------------------------------------|--------------|---------|
| | | 2021 | 2022 | Mean |
| 1 | Methomyl | 2214.56 b | 1071.73 d | 1643.14 |
| 2 | Chlorpyrifos | 3995.58 a | 2253.08 a | 3124.33 |
| 3 | Lambda-cyhalothrin | 3404.90 a | 1685.32 b | 2545.11 |
| 4 | Bifenthrin | 3541.84 a | 1379.48 c | 2460.66 |
| 5 | Chlorantraniliprole | 2995.53 a | 1261.32 c | 2128.43 |
| 6 | Fipronil | 3444.36 a | 1356.02 c | 2400.19 |
| 7 | Abamectin | 3388.42 a | 1670.75 b | 2529.59 |
| 8 | Acephate | 3210.47 a | 1417.28 c | 2313.88 |
| 9 | Thiamethoxam | 3228.52 a | 1676.05 b | 2452.28 |
| 10 | Imidacloprid | 3292.69 a | 1487.87 c | 2390.28 |
| 11 | Cyantraniliprole | 4083.95 a | 2187.40 a | 3135.67 |
| 12 | Clorfenapir | 3246.65 a | 1123.99 d | 2185.32 |
| 13 | Lambda-cyhalotrin + Chlorantraniliprole | 2548.37 b | 1427.59 c | 1987.98 |
| 14 | Imidacloprid + Bifenthrin | 3105.75 a | 1336.16 c | 2220.96 |
| 15 | Thiamethoxan + Lambda-cyhalotrin | 3454.69 a | 1169.76 d | 2312.22 |
| 16 | Control | 1729.14 b | 959.31 d | 1344.22 |
| CV (%)¹ | | 18.13 | 13.10 | |

¹CV (%) = Coefficient of variation.

Figure 8. Relationship between percentage of stem length injured by *Melanagromyza sojae* and average productivity in the 2021 and 2022 crop season.



5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho apontam que o melhor controle da mosca da haste da soja utilizando pulverizações foliares de inseticidas químicos durante a cultura foi obtido utilizando-se Clorpirifós (480 g/hectare) e Ciantraniliprole (100 g/hectare), o que também resultou nos maiores rendimentos. Observa-se um grande potencial de danos de *M. sojae* para as condições de cultivo brasileiras quando a cultura é semeada tardiamente em safrinha, reforçando a importância deste trabalho do ponto de vista de buscar meios de controle para praga.

Estudos adicionais são necessários para determinar as melhores épocas de aplicação dos inseticidas e diferentes épocas de semeadura, bem como manejos complementares como a suscetibilidade de cultivares, controle biológico e formas de monitoramento do inseto durante o ciclo da cultura, definindo um nível de controle. O que se sabe é que utilização de tratamento de sementes e aplicações na fase inicial da cultura diminuem o período de convivência da cultura com a praga.

6 REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, M. D. et al. Efficacy of Cypermethrin, Neem Extract and *Bacillus thuringiensis* for Controlling Insect Pests of Vegetable Soybean. **Kasetsart Journal (Nat. Sci.)**, v. 35, p. 14-22, 2001.
- Alfy, Hanan, M. A. S. Al-Eryan, and A. A. Abou Zied. "Efficacy of Some Insecticides As Seed Treatment And Foliar Application Versus Soybean Stem Fly *Melanagromyza Sojae* On Soybean Yield. **International Symposium on Biocontrol and Biotechnology**. 2017.
- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 20 de fev 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. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, gmr.15028610, 2016.
- BHATTACHARJEE, N. S. Incidence of the stemfly, *Ophiomyia phaseoli* (Tryon) on soybean. **Indian Journal of Entomology**, v. 42, p. 280-282, 1980.
- BEN-DOV, E. *Bacillus thuringiensis* subsp. *Israelenses* and its dipteran-specific toxins. **Toxins**. MDPI, v.6, p. 1222-1243, 2014.
- BARROS, G. S. C.; SPOLADOR, H. F. S.; BACCHI, M. R. P. Supply and demand shocks and the growth of the Brazilian agriculture. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, p. 35-50, 2009.
- CABI. **Species page: soybean stem miner *Melanagromyza sojae***. 2020. Disponível em: <<https://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet/33003>>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- CHIANG, H. S.; NORRIS, D. M. Morphological and physiological parameters of soybean resistance to agromyzid beanflies. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 260-265, 1983.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras de soja**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>. Acesso em: 28 jan 2023

CURIOLETTI, L.E. **Ocorrência, distribuição espacial e métodos de controle de *Melanagromyza sojae* em soja**. 2016. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

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**, Goiânia, v. 48, n. 2, p. 200-203, 2018.

DEBJANI, D.; MUKHERJI, I.; TRIMOHAN. Evaluation of some insecticides against *Melanagromyza sojae* Zehnt and *Bemisia tabaci* Genn. on soybean. **Pesticide Research Journal**, v. 20(1), p. 72-74, 2008.

DEMPEWOLF M (2004). Arthropods of economic importance: Agromyzidae of the World. **ETI-Information Services**; Wokingham; UK

DHORE, YP; PANCHBHAI, PR; LAVHE, NV; CHAUDHARI, BN AND GAJBE, ND. 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.

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database (FAOSTAT) (2021) Food and agriculture organization of the United Nations statistical

database. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2023.

FOLLMANN, DN, et. al., 2017. Relações lineares entre personagens de soja safrinha. **Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal** , v. 40, p. 213-221.

FERREIRA, D. R. 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*, v. 19, gmr18627, 2020.

GANGRADE, G. A.; KOGAN, M. Sampling stem flies in soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. **Sampling methods in soybean entomology**. Nova York, 1. ed., 1980.

GASSEN, D. K.; SCHNEIDER, S. Ocorrência de *Melanagromyza* sp. (Dip. Agromizidae) 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. 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.

JADHAV, S. **Bio-ecology and management of stem fly, *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Agromyzidae: Diptera) in soybean ecosystem**. Doctoral dissertation, UAS, Dharwad, 2011.

JADHAV, S. N. et al. Development of management strategies against stem fly *Melanagromyza sojae*(Zehntner) in soybean ecosystem. **Journal of Experimental Zoology**, v. 16, p. 245-252, 2013

KHANDWE, N.; NADAF, A.; SHARMA, S. Comparative efficacy of new and recommended insecticides against soybean defoliators and stem borers. **JNKVV Research Journal**, v. 45, n. 2, p. 162-167, 2011.

KUMAR, N. G.; NGUYEN P. D. H.; GKVK, N. P. D. H. Effect of insecticides of different origin on the incidence of stem fly and pod borer in soybean crop. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 22, n. 2, p. 640-641, 2009a.

KUMAR, N. G.; NGUYEN P. D. H.; GKVK, N. P. D. H. Effect of various methods of application of insecticides on stem fly and termite incidence in soybean. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 22, n. 2, p. 642-643, 2009b.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 243-270, 1998.

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.

MORSE, W.J. **History of soybean production**. In: MARKLEY, K. S. Soybeans and soybean products. New York, Interscience. 1950. p.3-59.

MARQUES ET AL. 2023. Damage assessment of *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) on soybean in Brazil. **Agricultural Journal of Agricultural Science**. In Press.

PES, M. P. et al. Translocation of chlorantraniliprole and cyantraniliprole applied to corn as seed treatment and foliar spraying to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **PLoS ONE**, v. 15, n. 4, e0229151, 2020.

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., G. A. UGALDE, G. SMAGGHE, W. T. TAY, K. KARUT, A.F. C. BAZÁN, L. VITORIO, R. PERALTA, A. SALUSO, M. L. RAMÍREZ-PAREDES, M. G. MURÚA, J. V. C. GUEDES AND J. A. ARNEMANN. Highly diverse and rapidly spreading: *Melanagromyza sojae* threatens the soybean belt of South America. *Biol. Invasions* 23:1405–1423, 2021(a).

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(b).

POZEBON, H. et al. Corn Stunt Pathosystem and Its Leafhopper Vector in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 6, p. 1817–1833, 2022.

RAY, DK; MUELLER, ND; WEST, PC; FOLEY, JA. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. **PLoS ONE** 8(6): e66428. doi:10.1371/journal.pone.0066428

SAVAJJI, K. Biology and management of soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Zehntner) (Diptera: Agromyzidae). University of Agricultural Sciences. Master of Science thesis, 2006.

SHEPARD, M; LAWN, RJ AND SCHNEIDER, MA (1983). **Insects on Grain Legumes in Northern Australia: A Survey of Potential Pests and Their Enemies**. University of Queensland Press. Australia, 81.

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

SPENCER, K. A. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. **Economic Importance**, v. 9, 1-405, 1973.

STRAKHOVA, IS; YEFREMOVA, ZA; TSCHIRNHAUS, M AND YEGORENKOVA EN (2013). The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminer flies (Diptera, Agromyzidae) in the middle Volga Basin. *Ent.Rev.* 93: 865-873. <https://doi.org/10.1134/S0013873813070087>

SUGAYAMA, R. L. et al. **Defesa vegetal: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015.

TAGLIAPIETRA, E. L. et.al. **Ecofisiologia da soja: Visando altas produtividades**. 2 ed. Santa Maria, 2022.

TALEKAR, N. S. (1980) Search for beanfly resistance in soybean, mungbean, and snapbean. In: Proceedings of Legumes in the Tropics. Universiti Pertanian Malaysia, Serdang, pp 293–299.

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**. New Delhi: Wiley Eastern, v. 297, s/p, 1990.

TALEKAR, N. S.; CHEN, B. S. Seasonality of insect pests of soybean and mungbean in Taiwan. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, p. 34-37, 1983.

TALEKAR, N. S.; CHEN, B. S. The beanfly pest complex of tropical soybean. In: SHANMUGASUNDARAM, S.; SULZBERGER, E. W. (Org.) **Symposium [on] soybean in tropical and subtropical cropping systems**. AVRDC, Shanhua, p. 257–271, 1985.

TAY, W. T. et al. Mitochondrial DNA and trade data support multiple origins of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae) in Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.

THAPA, RB (2012). Redescription of *Melanagromyza sojae* (Zehntner) from India and Nepal. **Nepalese J. Biosci.** 2: 64-70.

TROSSERO, M., ZUIL, S., FRANA, J. **Mosca del tallo de la soja, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae)**, en el centro de Santa Fe, 2020. Disponível em: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_rafaela_mosca_del_tallo_soja_web.pdf. Acesso: 22 de janeiro 2023.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World 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. et al. Soybean stem fly, *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae), on Sumatra: seasonal incidence and the role of parasitism. **International Journal of Pest Management**, v. 41, p. 127-133, 1995.

VAN DER GOOT, P. De Agromyza-vliegjes der inlandse katjang gewassen op Java. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, 78. English translation: **Tropical**

Vegetable Information Service (1984). Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, 1930.

VERA, M.A., PERINI, C.R., MURÚA, M.G. ET AL. First record of the soybean stem fly *Melanagromyza sojae* (Diptera: Agromyzidae) in chickpea crops. **Int J Trop Insect Sci** 41, 1869–1874 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00383-6>

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. gmr 18222, 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 AND GAI, J (2001). Mixed inheritance model for resistance to agromyzid beanfly (*Melanagromyza sojae* Zehntner) in soybean. **Euphytica** 122: 9-18. <https://doi.org/10.1023/A:1012649506212>

YADAV, P. et al. Effect of weather factors on seasonal incidence of insect-pests of soybean. **Technofame – A Journal of Multidisciplinary Advance Research**, v. 4, n. 1, p. 46-51, 2015.

YAO, HUIZONG; ZUO, XIAOXING; ZUO, DAXING; LIN, HAN; HUANG, XIMENG; ZANG, CHUANFU. Study on soybean potential productivity and food security in China under the influence of COVID-19 outbreak, **Geography and Sustainability**, volume 1, Issue 2, 2020, pages 163-171, ISSN 2666-6839, <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.06.002>.

YU, H., J. ROMEIS, Y. LI, X. LI AND K. WU. 2014. **Acquisition of Cry1Ac protein by non- target arthropods in Bt soybean fields**. PLoS One, 9(8): e103973.