

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

**MANEJO SUSTENTÁVEL DA CIGARRINHA-DO-MILHO:
INTEGRANDO INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS**

Bruna Wojahn

Santa Maria, RS
2023

Bruna Wojahn

**MANEJO SUSTENTÁVEL DA CIGARRINHA-DO-MILHO:
INTEGRANDO INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS**

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 André Arnemann

Santa Maria, RS
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Wojahn, Bruna
Manejo sustentável da cigarrinha-do-milho: integrando inseticidas biológicos e químicos / Bruna Wojahn.- 2023.
62 p.; 30 cm

Orientador: Jonas André Arnemann Coorientadores: Júlio Carlos Pereira da Silva,
Jerson Vanderlei Carus Guedes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. Dalbulus maidis 2. Milho 3. Manejo integrado de pragas 4. Controle biológico I. Arnemann, Jonas André II. Silva, Júlio Carlos Pereira da Guedes, III. Jerson Vanderlei Carus IV. 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, BRUNA WOJAHN, 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.

© 2023

Todos os direitos autorais reservados a Bruna Wojahn. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: brunawj@hotmail.com

Bruna Wojahn

**MANEJO SUSTENTÁVEL DA CIGARRINHA-DO-MILHO: INTEGRANDO
INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS**

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 10 de fevereiro de 2023:

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

José Domingos Jacques Leão, Prof. Dr. (UFSM)

Glauber Renato Stürmer, Dr. (CCGL)

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e pela luz que me permitiu trilhar meu caminho.

Aos meu pais, Acenir e Rudi, por todo o apoio, incentivo e amor, fundamentais na minha trajetória.

Ao meu orientador, Prof. Jonas Arnemann, pelo exemplo profissional, oportunidades de crescimento profissional, confiança e conselhos durante todo este processo.

Ao Prof. José D. Jacques Leão, pelo auxílio nessa caminhada, orientações e conhecimentos transmitidos.

Aos colegas integrantes do grupo de pesquisa Manejo e Genética de Pragas da UFSM, pelo auxílio na condução do projeto, ensinamentos e pelo companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram e estiveram comigo durante esta jornada, muito obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

MANEJO SUSTENTÁVEL DA CIGARRINHA-DO-MILHO: INTEGRANDO INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS

AUTOR: Bruna Wojahn

ORIENTADOR: Prof. PhD. Jonas André Arneemann

Santa Maria, 10 de fevereiro de 2023.

O milho é o cereal mais produzido no mundo, e por ser cultivado em mais de uma safra praticamente em todas as regiões do Brasil, fornece condições adequadas para a ocorrência e ataque da cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). A cigarrinha-do-milho é atualmente uma das principais pragas da cultura do milho, especialmente por ser responsável pela transmissão de mollicutes e vírus. Seu manejo é realizado principalmente com inseticidas químicos, geralmente com um grande número de aplicações sequenciais. Pelo manejo se basear em grande parte no uso de inseticidas químicos, há um interesse em desenvolver alternativas mais sustentáveis para o manejo dessa praga, sendo os inseticidas biológicos a alternativa mais promissora. Esta dissertação teve como objetivo avaliar inseticidas químicos e biológicos, combinados em aplicações sequenciais, caracterizando três programas de manejo: biológico, químico e biológico - químico em quatro áreas do estado do RS. As aplicações foram iniciadas com a constatação da praga na área, com intervalo de 7 dias até a cultura atingir V10. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Scott-Knott ($P \leq 0.05$), revelando diferenças entre os tratamentos. Os resultados dos três experimentos, onde ocorreu presença significativa de cigarrinha-do-milho, demonstraram que os inseticidas biológicos possuem eficácia entre 36% e 57%, enquanto os inseticidas químicos apresentaram eficácia entre 49% e 72%. Já o programa de manejo com aplicações biológico - químico, apresentou controle entre 48% e 67%, não diferindo estatisticamente do manejo exclusivo químico e caracterizando uma alternativa de controle para cigarrinha-do-milho.

Palavras-chave: *Dalbulus maidis*. Milho. Manejo integrado de pragas. Controle biológico.

ABSTRACT

Master's Thesis
Agronomy Postgraduate Program
Federal University of Santa Maria

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE CORN LEAFHOPPER: INTEGRATING BIOLOGICAL AND CHEMICAL INSECTICIDES

AUTHOR: Bruna Wojahn
ADVISOR: Prof. PhD. Jonas Andre Arnemann
Santa Maria, February 10th, 2023.

Corn is the most produced cereal in the world, and because it is cultivated in more than one season in practically all regions of Brazil, it provides suitable conditions for the occurrence and attack of the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). The corn leafhopper is currently one of the main corn pests, especially because it is responsible for the transmission of mollicutes and virus. Its management is carried out mainly with chemical insecticides, usually with a large number of sequential sprays. Because management is largely based on the use of chemical insecticides, there is an interest in developing more sustainable alternatives for the management of this pest, with biological insecticides being the most promising alternative. This dissertation aimed to evaluate chemical and biological insecticides, combined in sequential applications, featuring three management programs: biological, chemical and biological - chemical in four areas of the state of RS. The applications started with the verification of the pest in the area, with an interval of 7 days until the culture reached grown stage V10. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and Scott-Knott test ($P \leq 0.05$), revealing differences between treatments. The results of the three experiments, that had a significant presence of corn leafhopper, showed that biological insecticides have efficacy between 36% and 57%, while chemical insecticides have efficacy between 49% and 72%. The management program with biological - chemical applications presented control between 48% and 67%, not statistically different from the exclusive chemical management and characterizing an alternative control for corn leafhopper.

Keywords: *Dalbulus maidis*. Corn. Integrated pest management. Biological control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Calendário de safras de milho primeira safra (A) e segunda safra (B), tipicamente cultivadas no centro-oeste e sul do Brasil, respectivamente (POZEBON et al., 2022).	12
Figura 2 - Ciclo biológico da cigarrinha-do-milho (JONES; MEDINA, 2020). ..	14
Figura 3 - Processo de infecção de fungo entomopatogênico, exemplificado com <i>B. bassiana</i> (MURRAY et al, 2013).	18
Figura 4 – Cigarrinha-do-do-milho com esporulação do fungo <i>B. bassiana</i> (SILVA et al, 2009).	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A CULTURA DO MILHO (<i>Zea mays</i> L.)	12
2.2 A CIGARRINHA-DO-MILHO (<i>Dalbulus maidis</i> (DeLong & Wolcott))	13
2.3 MÉTODOS DE CONTROLE	16
2.4 CONTROLE BIOLÓGICO	17
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. ARTIGO - A SUSTAINABLE APPROACH TO CONTROL CORN LEAFHOPPER: INTEGRATING BIOLOGICAL AND CHEMICAL INSECTICIDES.....	21
5. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas com maior destaque no cenário mundial, sendo o cereal mais produzido no mundo, com produção da safra 2021/22 estimada em 1.219,76 milhões de toneladas (USDA, 2022). No Brasil, a produção da safra 2021/22 de milho foi estimada em 116 milhões de toneladas, ocupando uma área de 21,8 milhões de hectares, um aumento de 9,5% em relação a área do ano anterior (USDA, 2022).

Em muitas regiões do Brasil, o milho é cultivado em mais de uma safra por ano, como é o caso do centro-oeste e no sul do Brasil (MOREIRA et al., 2020). Esse sistema de cultivo, associado às condições climáticas favoráveis que ocorrem na América Latina (SANTANA et al., 2019), favorecem a ocorrência da cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae).

A cigarrinha-do-milho é um inseto sugador e o seu principal dano consiste na transmissão de dois fitopatógenos da classe dos mollicutes, o espiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*), causador do enfezamento pálido; e o fitoplasma (MBSP – maize bushy stunt phytoplasma), causador do enfezamento vermelho; e uma virose, o vírus-da-risca-do-milho (MRFV – maize rayado fino virus) (NAULT; DELONG, 1980; NAULT, 1990). Essas doenças são denominadas complexo de enfezamento, e causam clorose e/ou avermelhamento das folhas, multiespigamento, redução na altura de plantas e deformações nas espigas e grãos (NAULT, 1980).

A transmissão desses patógenos tem sido relatada em todas as regiões produtoras de milho onde a cigarrinha-do-milho está presente (JONES; MEDINA, 2020). A redução na produtividade do milho é dependente da proporção de plantas infestadas e da fase em que ocorre a transmissão do complexo de enfezamento. (OLIVEIRA; SABATO, 2018).

O ciclo biológico da cigarrinha-do-milho varia de acordo com as condições ambientais (WAQUIL et al., 1999). Os adultos ovipositam os ovos nos tecidos vegetais das plantas de milho, sob a camada epidérmica das folhas, e a sua eclosão ocorre em temperatura favorável, acima de 20°C (TSAI, 1988). As ninfas passam por cinco instares ninfais, que em temperatura média de 26°C, ocorrem em um período de 24,5 a 27,1 dias (ZURITA et al., 2000).

Grupos químicos como neonicotinoides, piretroides e organofosforados, costumam ser utilizados no manejo dessa praga, desde o tratamento de sementes e também como aplicação foliar; no entanto, o uso convencional de inseticidas químicos como único método de controle de cigarrinha-do-milho vem demonstrando baixa eficácia, devido a sua alta capacidade de reinfestação e elevada movimentação entre as áreas de cultivo (OLIVEIRA, 2007). O uso extensivo de inseticidas químicos, as falhas no controle e a pressão pela redução dos resíduos de pesticidas, estimulam a pesquisa e o emprego de alternativas mais sustentáveis, como o controle biológico (KALVNADI et al., 2018; LACEY et al., 2015).

Os fungos entomopatogênicos se destacam no controle biológico, agindo por contato e com a capacidade de romper a cutícula do inseto, esses microrganismos possuem ação sobre a maioria dos insetos sugadores (ATHURS; DARA, 2019). A ocorrência natural de fungos entomopatogênicos já foi identificada em *D. maidis* no Brasil, afirmando a sua ampla distribuição e corroborando para sua utilização no controle dessa praga chave na cultura do milho (SOUZA et al., 2021).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

As áreas destinadas ao plantio de milho no Brasil vêm aumentando, com destaque para os plantios de segunda e terceira safra, assim como o investimento nessas áreas, pois com o valor do grão em alta, os produtores passaram a investir mais, o que pode ser observado no aumento de produtividade, sendo de 6,9% superior na estimativa da safra 2022/2023 comparada a safra anterior. (CONAB, 2023).

O posicionamento técnico para a cultura do milho é muito importante para o sistema de rotação de culturas, onde trabalha-se com soja-milho, sendo cultivado em diversos tamanhos de propriedades, para a produção de grãos ou silagem (ARTUZO et al., 2019). Na região centro-oeste destaca-se o cultivo de milho na segunda safra, após a colheita da soja, enquanto a terceira safra está restrita às regiões norte e nordeste, devido às condições climáticas favoráveis (CONAB, 2023).

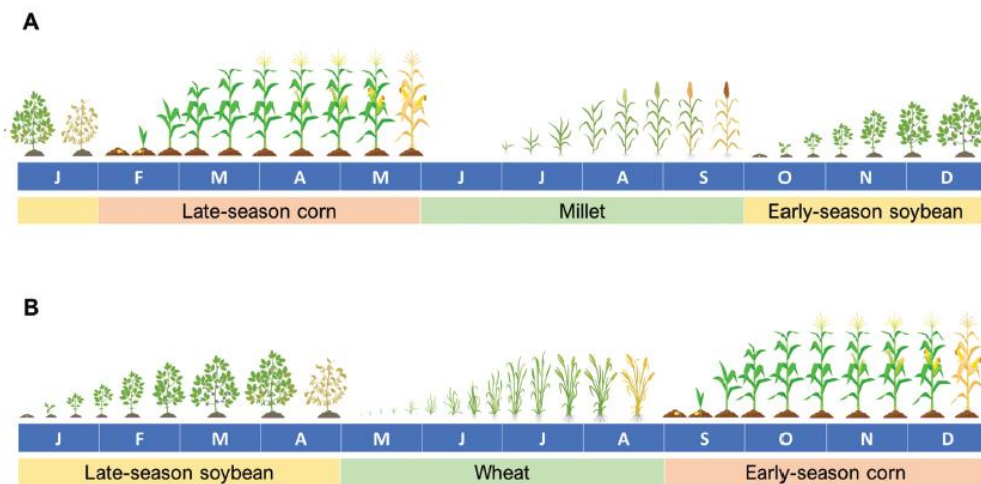


Figura 1 - Calendário de safras de milho primeira safra (A) e segunda safra (B), tipicamente cultivadas no centro-oeste e sul do Brasil, respectivamente (POZEBON et al., 2022).

O cultivo de milho distribuído no espaço agrícola brasileiro (Figura 1) proporciona alimento disponível ao longo do ano, onde as cigarrinhas-do-milho conseguem se desenvolver e migrar entre as regiões (CUNHA et al., 2020; POZEBON et al., 2022). A permanência de milho a campo em diferentes estágios de desenvolvimento influencia também na probabilidade de a cigarrinha encontrar uma

lavoura infectada pelo complexo de enfezamentos e realizar a sua inoculação em áreas até então sadias (OLIVEIRA et al., 2012).

2.2 A CIGARRINHA-DO-MILHO (*Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott))

O gênero *Dalbulus* (Hemiptera: Cicadellidae) é composto por 13 espécies, que são encontradas principalmente no México e em alguns países da América Latina e da América do Sul (TRIPLEHORN; NAULT, 1985). A cigarrinha-do-milho, *D. maidis* é a espécie mais abundante, devido a sua associação com o milho cultivado, é a única espécie com ocorrência no Brasil, sendo uma das pragas consideradas mais importantes na América Latina (OLIVEIRA et al., 2004; NAULT; DELONG, 1980; NAULT, 1990).

Os insetos dessa espécie são hemimetábolos, com o ciclo iniciado pela fase de ovo e seguido por cinco instares ninfais até atingirem a fase adulta (Figura 2) (POZEBON et al., 2022). Os adultos são caracterizados por seu tamanho pequeno, possuem cerca de 3,7 a 4,3 mm de comprimento, coloração predominante opaca, duas manchas circulares negras, bem-marcadas, na cabeça, entre os olhos compostos e seu aparelho bucal é do tipo sugador labial com três segmentos (SABATO et al., 2014).

A postura dos ovos da cigarrinha é endofítica, ou seja, as fêmeas colocam seus ovos dentro do tecido da nervura central das folhas, ovipositando geralmente 611 ovos durante seus 45 dias de vida (WAQUILL, 2004). Sob condições favoráveis, com temperatura superior a 20°C, a eclosão dos ovos ocorre em nove dias, e o desenvolvimento das ninfas é dividido em 5 instares, com duração média de 24,5 a 27,1 dias, variando de acordo com a temperatura (ZURITA et al., 2000). As ninfas se deslocam das folhas para o cartucho das plantas logo após a eclosão, onde realizam a alimentação através da sucção da seiva, os tecidos mais nutritivos que o cartucho possui são preferidos para a alimentação e oviposição (NAULT, 1990; TODD et al., 1991).

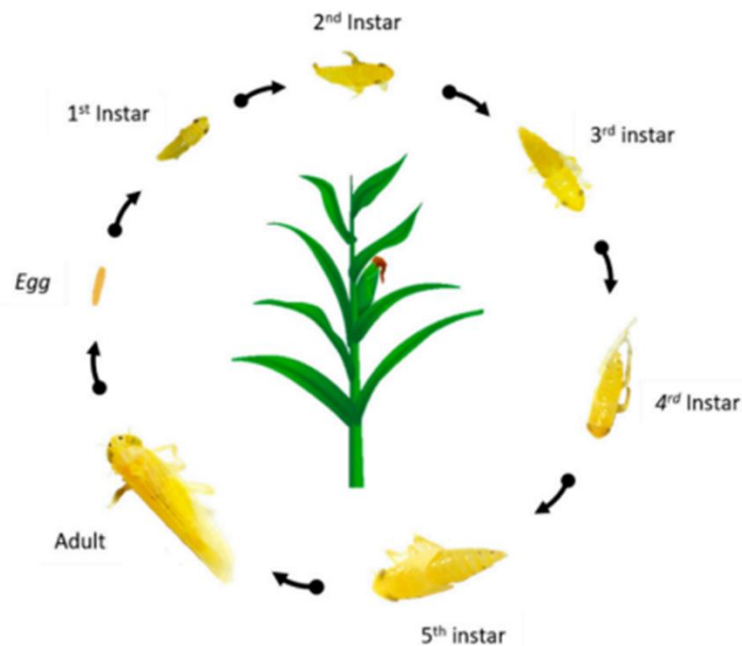


Figura 2- Ciclo biológico da cigarrinha-do-milho (JONES; MEDINA, 2020).

Além da influência pela temperatura, o aumento na população de cigarrinha é favorecido em situações específicas, como as estações de seca, que ocorrem geralmente na segunda safra, onde as chuvas não são tão abundantes e permitem uma maior disseminação das cigarrinhas-do-milho, quando comparado com a safra (OLIVEIRA et al., 2015; MENEZES et al., 2016). MENEZES (2016) conduziu um ensaio com duas safras de milho, uma na estação chuvosa e outra na estação seca, resultando na captura de 2263 indivíduos de *D. maidis*, distribuídos em 7% na estação chuvosa e 93% na estação seca, confirmando o grande favorecimento do aumento populacional em condições climáticas favoráveis.

Os insetos da espécie *D. maidis* podem utilizar outras plantas da família Poaceae para sobreviver, como o milheto e o sorgo, porém a sua reprodução ocorre apenas em plantas de milho, o que indica uma necessidade de migração dessa espécie, considerando que o cultivo de milho no Brasil é sazonal (HEADY; NAULT, 1985; SABATO, et al., 2018). Esses insetos são capazes de migrar longas distâncias até outras áreas de milho, o que explica a sua presença em áreas sem o cultivo de milho por vários anos (OLIVEIRA et al., 2013).

D. maidis já era conhecida por infestar áreas no cerrado brasileiro (ALBUQUERQUE et al., 2006), porém a sua ocorrência tornou-se mais comum em mais regiões do país após 2015 (OLIVEIRA et al., 2020; OLIVEIRA; FRIZZAS, 2022).

As áreas de milho na região Sul possuem seu início de plantio no final do inverno (julho-agosto), reiniciando então a colonização pelas cigarrinhas, que atingem seu pico populacional em 77 dias após a emergência da cultura (MENEZES, et al., 2016). Após a colonização inicial, essa praga continua se desenvolvendo, migrando de áreas mais velhas para áreas mais novas, o que explica a sua maior ocorrência em plantios tardios e de segunda safra (OLIVEIRA, et al., 2015).

O principal dano causado por *D. maidis* no milho é a transmissão de dois fitopatógenos da classe dos mollicutes, o espiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*), causador do enfezamento pálido; e o fitoplasma (MBSP – maize bushy stunt phytoplasma), causador do enfezamento vermelho; e uma virose, o vírus-da-risca-do-milho (MRFV – maize rayado fino virus) (NAULT; DELONG, 1980; NAULT, 1990). A cigarrinha adquire esses patógenos durante a alimentação em planta infectada, esses se multiplicam no sistema digestório e colonizam os tecidos da glândula salivar, e após um período latente, a cigarrinha torna-se infectante (SABATO, et al., 2016).

A relação entre patógeno x hospedeiro resulta em benefícios para *D. maidis*, a infecção com *S. kunkelii* melhora as habilidades de sobrevivência desse inseto no período do inverno, aumentando a tolerância das fêmeas a baixas temperaturas (EBBERT; NAULT, 1994). As cigarrinhas infectadas também são propensas a realizar voos mais longos, sugerindo que a infecção estimule o comportamento de migração (NEFF, 1986).

A transmissão ocorre de forma persistente e propagativa, ou seja, existem períodos pré-definidos para a aquisição, incubação e inoculação, que variam, respectivamente, de 1 a 6 horas, 8 a 28 dias e 0,5 a 8 horas; dependendo de qual patógeno está sendo transmitido (ALIVIZATOS et al., 1986; GONZALES; GÁMEZ, 1974; NAULT, 1980; LEGRAND; POWER, 1994). A retenção dos mollicutes e vírus pelas cigarrinhas é longo, e geralmente transmitido durante toda a vida do inseto (MASSOLA JÚNIOR et al., 2001; NAULT, 1980).

Os enfezamentos necessitam períodos relativamente longos para que os patógenos se multipliquem e causem danos, então quanto mais tardia for a infecção das plantas menores serão os prejuízos causados, o período crítico inicia em VE e vai até V10, por isso o monitoramento e manejo dessa praga devem ocorrer logo nos estádios iniciais da cultura, visando minimizar os danos (OLIVEIRA; SABATO, 2018).

Os sintomas do complexo de enfezamento são visíveis na fase reprodutiva das plantas de milho, caracterizados principalmente por manchas cloróticas nas folhas,

entrenós encurtados e plantas com altura reduzida (OLIVEIRA et al., 2015). Entretanto, esses variam bastante, no enfezamento vermelho pode ocorrer o aparecimento de folhas avermelhadas, porém a diferenciação dos enfezamentos com base apenas nos sintomas visuais se torna impraticável, devido à similaridade nos sintomas e a ocorrência de infecção simultânea numa mesma planta (GALVÃO, 2019).

A redução na produtividade do milho devido ao complexo de enfezamentos é variável, podendo atingir 70%, sendo essa redução proporcional à quantidade de plantas infectadas (OLIVEIRA; SABATO, 2018; VIRLA et al., 2004). Já os sintomas do vírus-da-risca-do-milho caracterizam-se por manchas cloróticas paralelas às nervuras das folhas, reduzindo o crescimento das plantas e causando o aborto das gemas florais, o que pode diminuir a produção em 30%, ocorrendo geralmente simultâneo aos enfezamentos (OLIVEIRA; RECCO, 2002).

2.3 MÉTODOS DE CONTROLE

Vários fatores influenciam a incidência dos enfezamentos, como a população de *D. maidis*, sua taxa de infectividade, nível de resistência dos híbridos de milho e a temperatura ambiente (OLIVEIRA; SABATO, 2018). Os híbridos de milho respondem de maneira distinta a esse vetor, demonstrando a ocorrência de resistência ao complexo de enfezamentos, porém, mesmo os híbridos mais resistentes são atingidos, requerendo mais estudos para que esse manejo seja efetivo (COSTA et al., 2019).

Considerando as condições favoráveis que ocorrem durante as safras de milho para o desenvolvimento dessa praga, e a alta infectividade que tem ocorrido nas últimas safras, o controle desse vetor é indispensável para a manutenção da produção das áreas. Atualmente, há 41 inseticidas registrados para o controle de *D. maidis* na cultura do milho no MAPA, grande parte neonicotinoides, piretroides e organofosforados (AGROFIT, 2023). O tratamento de sementes auxilia no controle das cigarrinhas, sendo que inseticidas a base de imidacloprid e tiametoxam são amplamente utilizados, e apresentaram eficiência de controle igual ou superior a 70% em experimento em viveiro telado (OLIVEIRA et al., 2008). Porém o efeito residual

desses inseticidas é curto, o que exige aplicações foliares para complementar o manejo (WAQUIL, 2004).

Os inseticidas tiametoxam, imidacloprid, clorpirifós, tiametoxam + lambda-cialotrina, imidacloprid + beta-ciflutrina, metomil e lambda-cialotrina + sulfoxaflor; foram testados em aplicação foliar, sendo o controle de metomil e tiametoxam superiores 72 horas após a aplicação (SILVEIRA, 2019). Martins et al. (2008) destacaram que a aplicação de cipermetrina + tiametoxam na pulverização foliar aos 10 dias após a emergência (DAE) apresentaram bom controle de *D. maidis*, com 61% de eficácia aos 40 DAE.

Albuquerque et al. (2006) constatou eficácia de 86% com a aplicação foliar de tiametoxam + lambda-cialotrina aos 7 dias após a aplicação (DAA) ou 15 DAE; já quando essa aplicação foi associada ao tratamento de sementes com tiametoxam, apresentaram eficácia de 100% até dos 18 DAE.

2.4 CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico é caracterizado pelo controle de pragas agrícolas através da utilização de seus inimigos naturais, classificados em macroorganismos (predadores e parasitoides) e microrganismos (vírus, fungos e bactérias) (ZIMMERMANN, 2007). A sua utilização demonstra bons resultados no manejo de muitas pragas, sendo uma opção mais sustentável, com menor interação à organismos não alvo e que vem ganhando destaque nos últimos anos (ABCBio, 2023).

O progresso na utilização de biológicos está relacionado principalmente ao aumento no emprego de recursos e novas tecnologias, assim como os casos de sucesso em larga escala que já vem ocorrendo no Brasil, porém esse manejo enfrenta ainda dificuldades, como a identidade cultural dos produtores, disponibilidade e qualidade de insumos biológicos, seletividade de pesticidas químicos, entre outros (PARRA, 2014). Os fungos entomopatogênicos possuem amplo espectro de ação e uma vantagem em relação ao controle de pragas, pois provocam infecção via tegumento e não apenas por via oral (ALVES, 1998).

A ação desses fungos inicia pela adesão do esporo ao tegumento do inseto, sendo importante a presença de umidade para ocorrer a germinação dos conídios e a

sua penetração na cutícula, o fungo então se desenvolve e libera toxinas que causam a morte do inseto infectado (MORA et al., 2016). Após a colonização do hospedeiro, o micélio atravessa o tegumento, esporulando na superfície do inseto e permitindo que os propágulos disseminem (LECUONA et al, 1996).

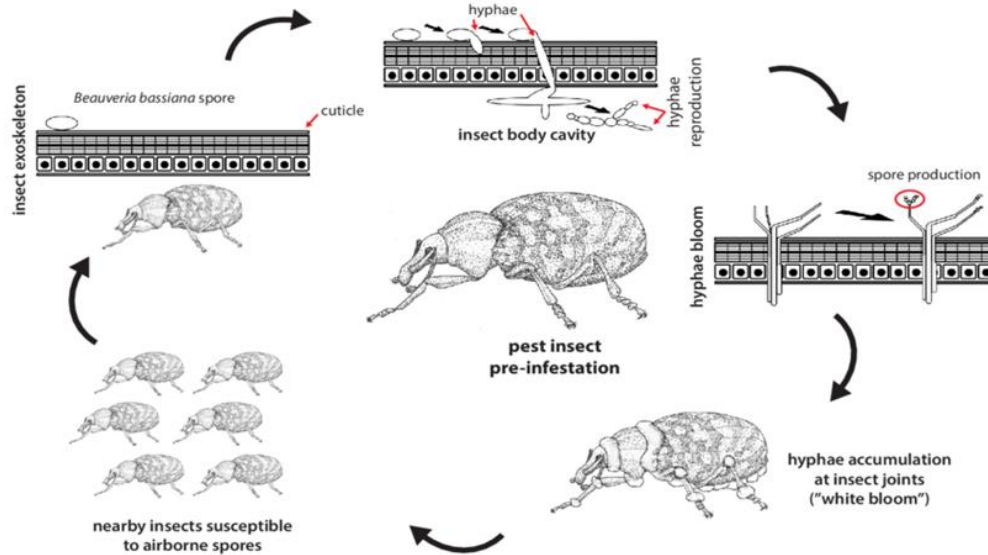


Figura 3 - Processo de infecção de fungo entomopatogênico, exemplificado com *B. bassiana* (MURRAY et al, 2013).

As duas espécies de fungos entomopatogênicos mais empregadas em controle biológico no Brasil são *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*, devido ao alto nível de virulência, fácil produção em massa e facilidade no seu isolamento a partir de amostras de solo e de insetos hospedeiros (ALVES, 1998). Estudos conduzidos em laboratório confirmaram a virulência de *B. bassiana* contra *D. maidis*, onde 72 horas após a inoculação, Rios (2020) observou 77,8% de mortalidade com a menor dose utilizada ($1,5 \times 10^{10}$ conídios/l). Em outro estudo em laboratório, uma cepa isolada de *B. bassiana* a partir de insetos hospedeiros, demonstrou eficácia de 50% em 14 dias após a inoculação (TOLEDO et al., 2007).



Figura 4 – Cigarrinha-do-milho com esporulação do fungo *B. bassiana* (SILVA et al, 2009).

A aplicação em campo também já demonstrou resultados promissores no controle de *D. maidis*, conforme relatado por Silva et al. (2009), que realizou estudos com diferentes concentrações de conídios e constatou eficácia de 56% aos 5 DAA com concentração de 1×10^{12} conídios viáveis/ha. *M. anisopliae*, empregado no manejo da cigarrinha-das-pastagens, com boas taxas de controle (ROCHA; RIBEIRO, 2016), demonstrou eficácia no controle da cigarrinha-do-milho, apresentando controle igual quando comparado ao inseticida tiametoxam+lambdacialotrina (RIBEIRO, 2018).

Em um estudo realizado em ambiente controlado no México, Ibarra-aparicio et al. (2005) verificou eficácia similar entre os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, com 40% de controle de *D. maidis* aos 25 DAA. Outro fungo recomendado para o controle de cigarrinha-do-milho é *Isaria fumosorosea*, destacando-se por seu efeito residual, e que demonstrou 44% de controle para *Peregrinus maidis*, 7DAA (TOLEDO et al., 2007).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o manejo de *D. maidis* com bioinseticidas e inseticidas químicos integrados e isolados, buscando avaliar possíveis opções mais sustentáveis de controle dessa praga da cultura do milho.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar a eficácia de controle de inseticidas biológicos e inseticidas químicos integrados no controle da cigarrinha-do-milho.
2. Investigar a interação entre os manejos e possível sinergia entre o manejo químico e biológico no controle da cigarrinha-do-milho, tanto em aplicações isoladas quanto sequenciais.
3. Avaliar a incidência do complexo de enfezamentos nas parcelas tratadas com os inseticidas químicos e biológicos.

A sustainable approach to control corn leafhopper: Integrating biological and chemical insecticides

Bruna Wojahn¹, Crislaine Sartori Suzana Milan², Giulian Rafael da Luz¹, André Luís Soares de Souza Brum¹, Léo Augusto de Cezaro¹, José Domingos Jacques Leão¹, Juliano Dalcin Martins³, Júlia Guimarães Bevilaqua¹, Jonas André Arnemann^{1*}

¹Department of Crop Protection, Federal University of Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mails: brunawj@hotmail.com, giulianluz@gmail.com, andre.luis.brum@hotmail.com, ladecezarogmail.com, jose.jacques-leao@ufsm.br, juliasancas@gmail.com, jonasarnemann@gmail.com

²Department of Crop Science, University of Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: ssuzana@upf.br

³Department of Rural Engineering, Federal University of Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: julianodalcinmartins@gmail.com

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

Keywords: corn leafhopper, integrated pest management, biological control, chemical control.

Abstract: Corn is the most produced cereal in the world, and because it is cultivated in more than one season in nearly all regions of Brazil, it provides suitable conditions for the occurrence and attack of the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). The corn leafhopper is currently one of the main corn pests, especially because it is responsible for the transmission of mollicutes and virus. Its management is carried out mainly with chemical insecticides, usually with a large number of sequential sprays. Because management is largely based on the use of chemical insecticides, there is an interest in developing more sustainable alternatives for the management of this pest, with biological insecticides being the most promising alternative. This study aimed to evaluate chemical and biological insecticides, combined in sequential applications, featuring three management programs: biological, chemical and biological - chemical in four areas of the state of RS. The applications started with the verification of the pest in the area, with an interval of 7 days until the culture reached grown stage V10. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and Scott-Knott test ($P \leq 0.05$), revealing differences between treatments. The results of the three experiments, that had a significant presence of corn leafhopper, showed that biological insecticides had efficacy between 36% and 57%, while chemical insecticides had efficacy between 49% and 72%. The management program with biological - chemical applications presented control between 48% and 67%, not statistically different from the exclusive chemical management and characterizing an alternative control for corn leafhopper.

Introduction

Corn (*Zea mays* L.) is one of the major crops, being the most produced cereal in the world, with world production for the 2021/22 harvest estimated at 1,219.76 million tons (USDA 2022). In Brazil, this crop occupied an area of 21.8 million hectares, an increase of 9.5% in comparison to the area of the previous year (USDA 2022).

In many regions of Brazil, corn is cultivated for more than one crop per year, as happens in the Midwest (MOREIRA et al. 2020). This cultivation system, as well as the favorable climatic conditions that occur in Latin America (SANTANA et al. 2019), enhance the occurrence of the corn leafhopper *D. maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) (POZEBON et al. 2022).

The oviposition of the corn leafhopper is endophytic, where the female oviposits their eggs inside the leaves' tissue, and the biology of *D. maidis* is significantly affected by temperature (WAQUIL 2004). Under favorable conditions, with the temperature above 20 °C, the eggs hatch in nine days, and the nymph's growth is distributed into 5 instars, with an average length of 2.4 to 33.6 days, varying according to temperature (TSAI 1988). This author also observed a rate of up to 600 eggs per female, which leads to a high population pressure under optimal conditions.

Corn leafhopper is a phloem-feeding insect, whose main damage consists in the transmission of two phytopathogens classified as mollicutes, spiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*), which causes pale stunting; and phytoplasma (MBSP – maize bushy stunt phytoplasma), which causes red stunting; and a virus, the maize stripe virus (MRFV – maize rayado fino virus) (NAULT and DELONG 1980; NAULT 1990). These diseases are named stunting complex, and cause chlorosis and/or reddening of leaves, multiple small ears, reduction of plant height and deformations in ears and grains (NAULT 1980),

and its occurrence has been reported in all corn producing regions where the corn leafhopper is present (JONES and MEDINA 2020; POZEBON et al. 2022).

The transmission of these pathogens occurs in a persistent and propagative way, with predefined periods for acquisition, incubation and inoculation, which vary, respectively, from 1 to 6 hours, 8 to 28 days and 0,5 to 8 hours; depending on which pathogen is being transmitted (ALIVIZATOS et al. 1986; GONZALES and GÁMEZ 1974; NAULT 1980; LEGRAND and POWER 1994). The retention of the pathogens by the leafhoppers is long, and generally transmitted throughout the entire insect life (MASSOLA JÚNIOR et al. 2001; NAULT 1980).

The high migratory capacity of leafhoppers allows them to leave senescent corn fields, colonizing newly planted fields, causing infection in these new areas (OLIVEIRA et al. 2013; OLIVEIRA et al. 2015). The reduction in corn yield due to the stunting complex can reach 70%, and this reduction is relative to the number of infected plants in the canopy (OLIVEIRA and SABATO 2018).

Stunting complex requires long time for the pathogens to multiply and cause damage, so the later the infection of the plants, less is the damage caused (SABATO 2017). The critical period starts with the emergence of the plants (VE) and goes up to V10, so the pest monitoring and management must happen in the early grown stages of the crop, in order to minimize damage (OLIVEIRA and SABATO 2018).

In Brazil, the main strategy used to control this pest are multiple chemical insecticide sprays, usually weekly. Due to the high biotic potential of *D. maidis*, green bridge, the huge area cultivated with corn (approximately 22 million hectares) during multiple growing seasons and the leafhoppers' ability to overwinter, the growers are facing challenges on its management (POZEBON, et al., 2022).

Along the main insecticides used to control this pest, the insecticides thiamethoxam, imidacloprid, chlorpyrifos, thiamethoxam + lambda-cyhalothrin, imidacloprid + beta-cyfluthrin, methomyl and lambda-cyhalothrin + sulfoxaflor; were tested in foliar application, with methomyl and thiamethoxam showing the highest control at 72 hours after spray (SILVEIRA 2019). Martins et al. (2008) highlighted that cypermethrin + thiamethoxan foliar spray at V10 grown stage showed 61% control of *D. maidis*, 30 days after application (DAA).

An alternative to chemical control, is the use of biological organisms, e.g., entomopathogenic fungi, bacteria's, plants extract, etc., referred here as biological insecticides. *Beauveria bassiana* has been used to control many insects worldwide (MASCARIN; JARONSKI, 2016). Its use has been tested on *D. maidis* management, as reported by Silva et al. (2009), who conducted studies with different conidia concentrations, and observed the effectiveness of 56% at 5 days after application. *Metarhizium anisopliae* is used in the management of the spittlebug, with good control results (ROCHA and RIBEIRO 2016), and which demonstrated toxicity for the corn leafhopper, showing equal control when compared to the insecticide thiamethoxam+ lambda cyhalothrin (RIBEIRO 2018).

Ibarra-aparicio et al. (2005) verified similar efficacy between the fungi *B. bassiana* and *M. anisopliae*, with 40% control of *D. maidis* at 25 DAA. Other fungus recommended (AVILA et al., 2021) for the control of corn leafhopper is *Isaria fumosorosea*, that showed 44% of control against *Peregrinus maidis* 7 days after inoculated (TOLEDO et al., 2007).

A possible alternative in its use is the combination of chemical and biological insecticides, providing the knockdown effect of the chemical active ingredient, and the

residual effect of the biological one (POZZEBON et al. 2022; BEVILAQUA et al. 2023; OLIVEIRA and FRIZAS 2022). Therefore, the objective of this study was to evaluate three management programs, with sequential applications of biological, chemical and biological - chemical insecticides, for the control of *D. maidis* in maize.

Materials and Methods

Experiment conditions and plant material

Four field experiments were carried out in three different locations: Santa Maria-RS/Brazil (29°42'48" S, 53°43'59" W, 119 meters), Passo Fundo-RS/Brazil (28° 15' 46" S, 52° 24' 25" W, 687 meters) and Ibirubá-RS/Brazil (28°36'50,89" S, 53°8'10,79" W, 416 meters). In Santa Maria, the experiments were performed in two systems, not irrigated and irrigated, where an overhead irrigation system was used, according to the water needs of the crop. The corn hybrid BM 880 was sowed in Santa Maria and Passo Fundo, with a population density of 75,000 plants ha⁻¹ and row spacing of 0.45 meters. The corn hybrid BM 990 was sowed in Ibirubá, with a population density of 60,000 plants ha⁻¹ and row spacing of 0.45 meters. Both hybrids are considered moderately tolerant to the stunt complex. The sowing dates were 22/11/2021 (Santa Maria), 27/10/21 (Passo Fundo) and 06/02/2022 (Ibirubá). The size of the plots varied between the locations, due to the availability of the area, it was composed by 6 rows 5.5 m long (Santa Maria), 6 rows 4 m long (Passo Fundo) and 12 rows 8 m long (Ibirubá). In all locations, 350 kg hectare⁻¹ of NPK 05-20-20 fertilizer was used for sowing, and two side dressing were applied with 120 kg ha⁻¹ of nitrogen on V4 and V8 growth stages. Weeds were controlled prior to sowing (glyphosate 1,550 g a.i. ha⁻¹), and at the V1 corn growth stage with a foliar spray of atrazine (2,500 g a.i. ha⁻¹). The seeds were treated with clothianidin +

chlorantraniliprole, and a foliar spray of tebuconazole (200 g a.i. ha⁻¹) for preventive control of diseases was applied at V14.

Treatments

Eight biological and two chemical insecticides were selected for the treatments (Table 1). Sequences of spraying were assembled by matching these insecticides into 26 singular sequences, that composed, with the untreated control plot, the 27 treatments (Table 2). The insecticides were chosen based on the options most recommended by field technicians to corn leafhopper control. Chemical insecticides selected were acetylcholinesterase inhibitors, acting on the nervous system and musculature (SALGADO, 2013).

Seven of the biological insecticides were formulated with entomopathogenic fungi, with four strains of *B. bassiana*, two of *I. fumosorosea* and one association of *B. bassiana* and *M. anisopliae*. One of the treatments was composed with the bacteria's *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas chlororaphis* associated with Azadirachtin. The spray sequences were arranged to create three management programs: biological, chemical and biological - chemical management (Table 2). In all treatments, the first application was sprayed when the pest was detected in the area, and then with an interval of 7 days, until the crop reached the V10 grown stage. At Santa Maria-RS and Ibirubá-RS, two sprays were performed, and 3 sprays were executed in Passo Fundo-RS. A backpack sprayer pressurized with CO₂, TJ XR-110015 nozzles, with a spray bar of 3 meters in length and 0.5 meters between tips was used, and a spray volume of 150 L ha⁻¹ was applied. By the time of the first spray, corn plants were at the growth stage V6 at Santa Maria and Passo Fundo, and V5 at Ibirubá.

Table 1 - Insecticide, active ingredient, concentration and dose used.

Insecticide	Active ingredient	Concentration	Dose
FlyControl	<i>B. bassiana</i> , Simbi BB 15	2 x 10 ⁹ UFC/mL	0,3 l. ha ⁻¹
Boveril	<i>B. bassiana</i> , PL63	1 x 10 ⁸ conídios viáveis/g	0,5 kg. ha ⁻¹
Ballvéria	<i>B. bassiana</i> I IBCB 66	1 x 10 ⁹ UFC/g	0,2 kg. ha ⁻¹
IsaControl	<i>I. fumosorosea</i> ESALQ 4778	3 x 10 ⁹ conídios viáveis/mL	0,4 l. ha ⁻¹
Octane	<i>I. fumosorosea</i> ESALQ- 1296	2,5 x 10 ⁹ conídios viáveis/mL	0,5 l. ha ⁻¹
Bometil	<i>B. bassiana</i> , IBCB 66 + <i>M.</i> <i>anisopliae</i> , IBCB 425	4,3 x 10 ⁸ UFC/g + 3,2 x 10 ⁸ UFC/g	0,2 kg. ha ⁻¹
Bioexos + Vantset	Azadirachtin + <i>P.</i> <i>fluorescens</i> CNOSo 2719 e <i>P. chlororaphis</i> CNPSO 3914	0,30 % + 1 x 10 ⁶ UFC/g e 1 x 10 ⁶ UFC/g	0,3 l. ha ⁻¹ + 0,8 l. ha ⁻¹
Rizoveria	<i>B. bassiana</i> IBCB 66	1x10 ⁹ UFC/g	0,2 kg. ha ⁻¹
Lannate	<i>Methomyl</i>	215 g/L	1 l. ha ⁻¹
Perito	<i>Acephate</i>	970 g/Kg	1 kg. ha ⁻¹

Table 2 - Treatments with the sequential sprays and the management program.

Treatment	First spray	Second spray	Third spray	Management program
1	FlyControl	FlyControl	FlyControl	Biological
2	FlyControl	Lannate	FlyControl	Biological - Chemical
3	FlyControl	Perito	FlyControl	Biological - Chemical
4	Boveril	Boveril	Boveril	Biological
5	Boveril	Lannate	Boveril	Biological - Chemical
6	Boveril	Perito	Boveril	Biological - Chemical
7	Ballvéria	Ballvéria	Ballvéria	Biological
8	Ballvéria	Lannate	Ballvéria	Biological - Chemical
9	Ballvéria	Perito	Ballvéria	Biological - Chemical
10	IsaControl	IsaControl	IsaControl	Biological
11	IsaControl	Lannate	IsaControl	Biological - Chemical
12	IsaControl	Perito	IsaControl	Biological - Chemical
13	Octane	Octane	Octane	Biological
14	Octane	Lannate	Octane	Biological - Chemical

15	Octane	Perito	Octane	Biological - Chemical
16	Bometil	Bometil	Bometil	Biological
17	Bometil	Lannate	Bometil	Biological - Chemical
18	Bometil	Perito	Bometil	Biological - Chemical
19	Bioexos + Vantset	Bioexos + Vantset	Bioexos + Vantset	Biological
20	Bioexos + Vantset	Lannate	Bioexos + Vantset	Biological - Chemical
21	Bioexos + Vantset	Perito	Bioexos + Vantset	Biological - Chemical
22	Rizoveria	Rizoveria	Rizoveria	Biological
23	Rizoveria	Lannate	Rizoveria	Biological - Chemical
24	Rizoveria	Perito	Rizoveria	Biological - Chemical
25	Lannate	Lannate	Lannate	Chemical
26	Perito	Perito	Perito	Chemical
27	Control	Control	Control	-

Evaluations

Control evaluations were carried out prior to spray (0), 2, 5 and 7 days after each spray, and 0, 2, 5, 7 and 14 days after the last spray. Assessments for corn leafhopper were realized counting the number of adults on 25 plants, randomly chosen from the central rows of corn in each plot. At R4 grown stage of the canopy, plant height and stunting complex incidence were evaluated. Plant height was collected by measuring the distance from the soil surface to the edge of the male inflorescence of 25 randomly chosen plants in each plot. For the stunting complex incidence, the number of plants with stunting symptoms and the total number of plants within the central rows was counted, and the incidence was calculated in percentage.

Statistical analysis

The experimental design was completely randomized blocks with each corn plant sampled representing one experimental unity. The control efficacy was calculated in each evaluation, considering the number of live insects in the plots that received treatment compared to the plot without control, in each sample date. The Abbott's formula (1925) was used for the analyses:

$$C. E. (\%) = \left(1 - \frac{Pt}{Pc}\right) \times 100$$

where *C.E.* is the control efficacy (%) in each treatment, *Pt* is the average number of individuals alive in the treatment plot and *Pc* is the average number of individuals alive in the control plot. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA), and the Scott-Knott test was accomplished at 5% significance ($P \leq 0.05$). All statistical analysis were performed using the Sisvar Software (Ferreira 2014).

Results and Discussion

Ibirubá

The experiment carried out in Ibirubá showed the highest population of corn leafhoppers, with an average infestation of 0.9 corn leafhoppers per plant at the time of the first application and which increased during the evaluations, reaching an average of 2.5 leafhoppers per plant in the uncontrolled treatment during the experiment. This scenario allowed to see more clearly the effect of treatments on the *D. maidis* population.

There was statistical difference between treatments at this location. T26 (two sequential applications of Perito) had the highest efficacy, with 74.5% of control, followed by treatments T23 (Rizoveria – Lannate) and T24 (Rizoveria – Perito), with 73.8% and 72.3% of control, respectively, not statistically different from each other. T10 (two sequential applications of IsaControl) was the least effective treatment, reaching a mean efficacy of 40.4% (Table 3).

Regarding the management programs, the chemical group demonstrated the highest effectiveness, reaching an average control of 72%, followed by the biological - chemical group with 67%, with no statistical difference between the two. The biological management differed statistically from the others and demonstrated an efficacy of 57%. Due to the good infestation of *D. maidis*, and its uniform presence in the treatment without control during the experiment, it was possible to visualize a better performance in all managements, when compared to the other places (Figure 1).

Plant height also showed statistical difference between treatments, with the lowest height noticed in treatments without control and T10 (two sequential applications of IsaControl) with 238.9 cm and 242 cm, respectively, with no statistical difference

between them and T10 being the same treatment that showed the lowest control efficacy (Table 4). In this experiment, there was a high incidence of stunting complex, reaching 100% in the treatment without control, and it was possible to verify a relationship between the treatments with the highest levels of leafhopper control and the lowest incidence of stunting (Figure 2). T23 (Rizoveria – Lannate) had the lowest incidence of stunting, with 6%, being one of the treatments with the highest control efficacy (73.8%). There was also a high rate of lodging in the plots, an expected fact in plants that show severe symptoms of stunting, with the highest percentage also verified in T10, with 70% of lodging (Figure 3) (Table 5).

Table 3 - Mean number of living insects (M) per plant and the control efficacy (CE%) at Ibirubá.

Treatment	0 DA1S ¹		2 DA1S		5 DA1S		7 DA1S		2 DA2S		5 DA2S		7 DA2S		14 DA2S		Mean CE %													
	M ²		M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %														
1	1,12	a2	0,72	a1	52,6		1,6	a2	36,5		1,72	a1	44,9		0,88	a2	74,1		1,24	a3	59,2		0,88	a2	73,2		0,64	a1	67,3	58,3
2	1,16	a2	0,8	a1	47,4		1,24	a1	50,8		1,52	a1	51,3		0,52	a2	84,7		1,24	a3	59,2		0,68	a1	79,3		0,72	a1	63,3	62,3
3	0,64	a1	0,72	a1	52,6		1,2	a1	52,4		1,6	a1	48,7		0,36	a2	89,4		0,6	a2	80,3		0,52	a1	84,1		0,32	a1	83,7	70,2
4	1,16	a2	1,68	a2	0		1	a1	60,3		2,12	a1	32,1		1,2	a3	64,7		0,52	a1	82,9		0,72	a1	78		0,4	a1	79,6	56,8
5	0,52	a1	1,24	a2	18,4		1,12	a1	55,6		1,32	a1	57,7		0,04	a1	98,8		0,48	a1	84,2		0,44	a1	86,6		0,56	a1	71,4	67,5
6	0,72	a1	0,84	a1	44,7		1,48	a2	41,3		1,4	a1	55,1		0,28	a1	91,8		0,6	a1	80,3		0,32	a1	90,2		0,68	a1	65,3	67,0
7	1	a2	0,56	a1	63,2		1,72	a2	31,7		1,6	a1	48,7		1	a3	70,6		0,32	a1	89,5		0,36	a1	89		0,4	a1	79,6	67,5
8	0,8	a1	1,04	a1	31,6		1	a1	60,3		1,56	a1	50		0,4	a2	88,2		0,76	a2	75		0,68	a1	79,3		0,48	a1	75,5	65,7
9	0,56	a1	0,84	a1	44,7		1,36	a1	46		1,24	a1	60,3		0,24	a1	92,9		0,76	a2	75		0,32	a1	90,2		0,76	a1	61,2	67,2
10	1,36	a2	1,48	a2	2,63		1,6	a2	36,5		1,88	a1	39,7		1,4	a3	58,8		1,88	a3	38,2		1,84	a3	43,9		0,72	a1	63,3	40,4
11	0,96	a2	1,52	a2	0		0,92	a1	63,5		1,72	a1	44,9		0,48	a2	85,9		0,6	a2	80,3		0,6	a1	81,7		0,6	a1	69,4	60,8
12	0,56	a1	0,88	a1	42,1		2,08	a2	17,5		1,6	a1	48,7		0,32	a1	90,6		0,48	a1	84,2		0,32	a1	90,2		0,64	a1	67,3	63,0
13	1	a2	0,76	a1	50		1,96	a2	22,2		1,52	a1	51,3		1,16	a3	65,9		1,64	a3	46,1		1,16	a2	64,6		0,6	a1	69,4	52,8
14	1,4	a2	1,04	a1	31,6		1,52	a2	39,7		1,48	a1	52,6		0,28	a1	91,8		1,04	a2	65,8		0,64	a1	80,5		0,6	a1	69,4	61,6
15	1	a2	0,8	a1	47,4		1,72	a2	31,7		1,48	a1	52,6		0,16	a1	95,3		0,24	a1	92,1		0,36	a1	89		0,52	a1	73,5	68,8
16	0,68	a1	1,4	a2	7,89		1,52	a2	39,7		1,72	a1	44,9		0,6	a2	82,4		1,48	a3	51,3		0,92	a2	72		0,48	a1	75,5	53,4
17	0,8	a1	1,4	a2	7,89		1,4	a2	44,4		1,52	a1	51,3		0,16	a1	95,3		0,4	a1	86,8		0,48	a1	85,4		0,64	a1	67,3	62,6
18	0,76	a1	0,64	a1	57,9		1,6	a2	36,5		1,36	a1	56,4		0,08	a1	97,6		0,72	a2	76,3		0,56	a1	82,9		0,36	a1	81,6	69,9
19	0,76	a1	0,68	a1	55,3		1,6	a2	36,5		1,48	a1	52,6		0,92	a3	72,9		0,68	a2	77,6		0,32	a1	90,2		0,48	a1	75,5	65,8
20	0,8	a1	0,8	a1	47,4		1,48	a2	41,3		1	a1	67,9		0,28	a1	91,8		0,28	a1	90,8		0,64	a1	80,5		0,88	a1	55,1	67,8
21	0,68	a1	0,8	a1	47,4		1,4	a2	44,4		1,24	a1	60,3		0,48	a2	85,9		0,8	a2	73,7		0,88	a2	73,2		0,52	a1	73,5	65,5
22	0,96	a2	1,12	a2	26,3		1,44	a1	42,9		1,48	a1	52,6		0,6	a2	82,4		1,04	a2	65,8		1,24	a2	62,2		0,52	a1	73,5	57,9
23	0,64	a1	0,72	a1	52,6		1	a1	60,3		1,08	a1	65,4		0,48	a2	85,9		0,36	a1	88,2		0,56	a1	82,9		0,36	a1	81,6	73,8
24	0,68	a1	0,6	a1	60,5		1,44	a2	42,9		0,96	a1	69,2		0,32	a1	90,6		0,68	a2	77,6		0,4	a1	87,8		0,44	a1	77,6	72,3
25	1,04	a2	0,28	a1	81,6		1,4	a2	44,4		1,84	a1	41		0,16	a1	95,3		0,84	a2	72,4		0,56	a1	82,9		0,64	a1	67,3	69,3

26	0,8	a1	0,36	a1	76,3	1	a1	60,3	1,76	a1	43,6	0,04	a1	98,8	0,56	a1	81,6	0,48	a1	85,4	0,48	a1	75,5	74,5
27	0,92	a2	1,52	a2		2,52	a2		3,12	a2		3,4	a4	0	3,04	a4		3,28	a4		1,96	a2		
CV (%)³	35,4		39,7		31,6		29,1		29,4		29,4		32,6		32,2		32,2		32,6		32,6			

Note. ¹DAS = Days after first (1) and second (2) spray. ²Means followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test (P≤0.05). ³CV (%) = Coefficient of variation.

Figure 1 - Average control efficacy (CE) of each management at Santa Maria not irrigated, Santa Maria irrigated, Passo Fundo, Ibirubá and the three experiments mean.

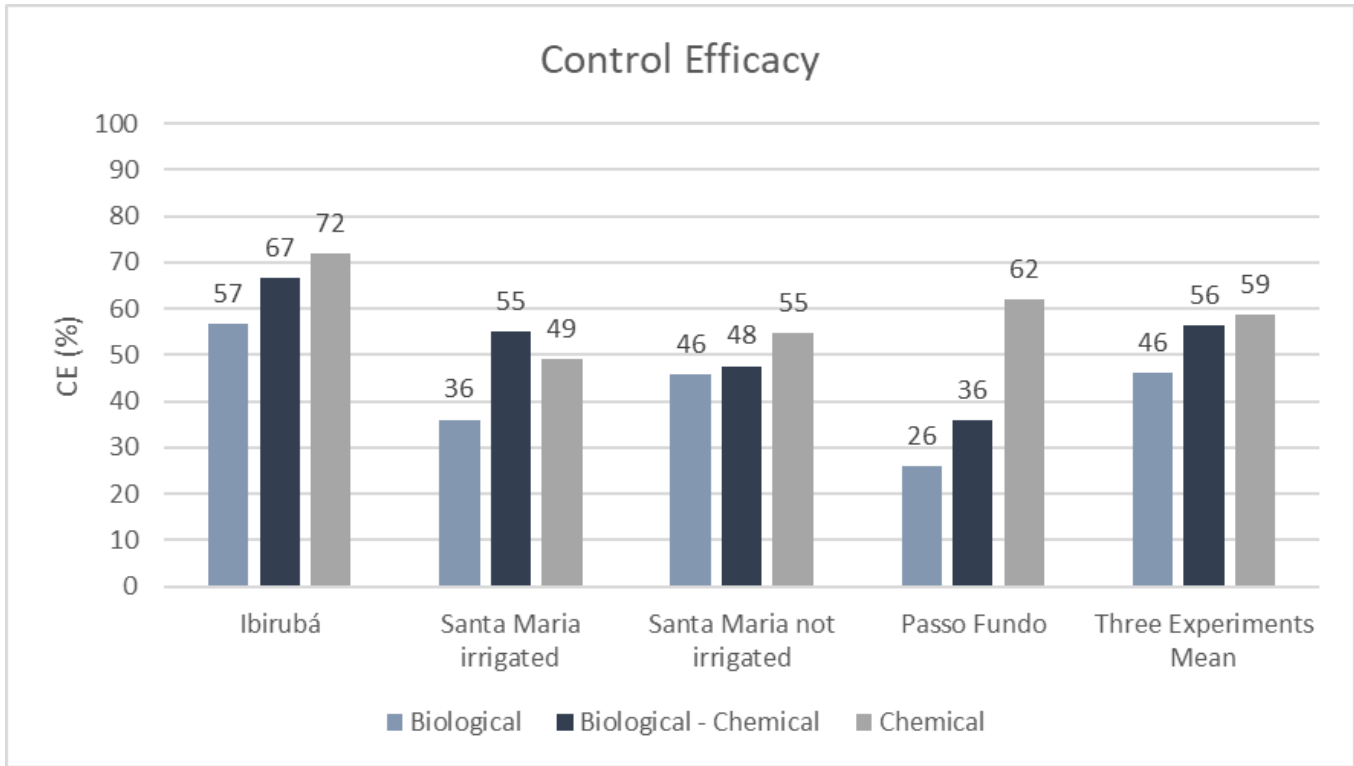


Table 4 - Plant height (cm) collected at the grown stage R4.

Treatment	Santa Maria not irrigated ¹	Santa Maria irrigated	Passo Fundo	Ibirubá
1	253,28 a3	289,2 a3	1,9 a3	256 a2
2	262,56 a4	333,6 a5	1,535 a1	267,44 a3
3	272,76 a4	341,8 a5	1,595 a2	271,96 a3
4	263,76 a4	272,3452 a1	1,85 a3	257,72 a2
5	234 a1	333,16 a5	1,6775 a2	261,44 a3
6	230,52 a1	327,72 a5	1,62 a2	265,36 a3
7	272,72 a4	284,24 a2	1,785 a3	257,92 a2
8	257,08 a3	281,68 a2	1,5855 a2	266,72 a3
9	264,52 a4	332,12 a5	1,6425 a2	266,8 a3
10	238,96 a2	303 a3	1,9 a3	242 a1
11	270,4 a4	329,88 a5	1,585 a2	260,76 a3
12	232 a1	299,04 a3	1,445 a1	249,56 a2
13	250,76 a3	312,44 a4	1,78 a3	253,92 a2
14	229,64 a1	309,04 a4	1,51 a1	267,32 a3
15	243,16 a2	328 a5	1,67 a2	271,76 a3
16	254,36 a3	318,64 a4	1,8 a3	254,52 a2
17	256,6 a3	327,36 a5	1,665 a2	255 a2
18	265,48 a4	313,08 a4	1,6075 a2	254,56 a2
19	266,2 a4	293,12 a3	1,85 a3	257,96 a2
20	247,24 a2	306 a4	1,6025 a2	264,08 a3
21	259,84 a3	310,96 a4	1,5125 a1	270,4 a3
22	267,28 a4	333,08 a5	1,875 a3	262,16 a3
23	267,56 a4	320,44 a4	1,5575 a1	265,16 a3
24	258,6 a3	307,24 a4	1,6 a2	255,2 a2
25	253,8 a3	340,52 a5	1,785 a3	264,32 a3
26	249,96 a3	326,8 a5	1,8 a3	271,64 a3

27	233,68 a1	282,08 a2	1,675 a2	238,88 a1
CV (%)²	2,73	4,8	4,34	2,82

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.

Figure 2 - Relationship between efficacy, stunting incidence and plant height at Ibirubá.

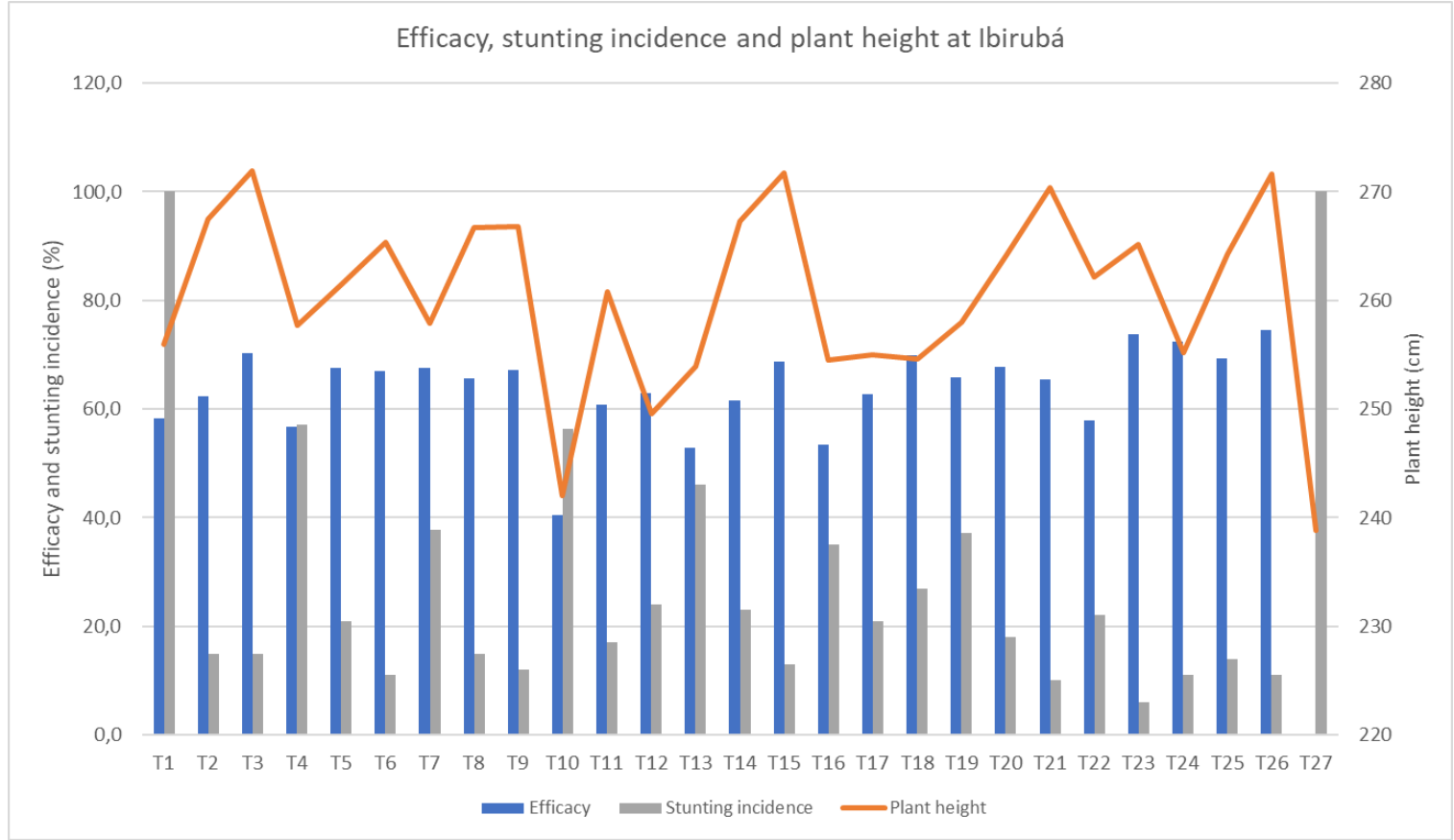


Figure 3 - T10 plot with 70% of lodging.



Table 5 - Stunting incidence (%) and lodging (%) at grown stage R4 in the experiment at Ibirubá.

Treatment	Stunting incidence¹	Lodging
1	100 a8	55 a8
2	15 a2	40 a6
3	15 a2	25 a5
4	57,2 a7	25 a5
5	21 a4	30 a5
6	11 a2	10 a2
7	37,8 a5	19 a4
8	15 a2	50 a7
9	12 a2	12 a3
10	56,4 a7	70 a9
11	17 a3	12 a3
12	24 a4	25 a5
13	46 a6	55 a8
14	23 a4	9 a2
15	13 a2	45 a7
16	35 a5	40 a6
17	21 a4	24 a5
18	27 a4	15 a3
19	37,2 a5	20 a4
20	18 a3	20 a4
21	10 a2	10 a2
22	22 a4	29 a5
23	6 a1	5 a1
24	11 a2	25 a5
25	14 a2	9 a2
26	11 a2	4,4 a1
27	100 a8	69 a9
CV (%)²	9,25	9,27

Note. ¹ = Numbers 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.

Santa Maria – Not irrigated

At the time of the first application, the average population of corn leafhopper was 0.3 adults per plant, and the control reached the highest population, 0.5 corn leafhopper per plant on the day of the second spray. Significant differences between treatments were observed, with T18 (Bometil – Perito) with the highest percentage of control, reaching 62% of efficacy.

T23 (Rizoveria – Lannate), T11 (IsaControl – Lannate) and T21 (Bioexos + Vantset - Perito) showed intermediates effectiveness of 42.4%, 45.1% and 52.6%, respectively. T20 (Bioexos + Vantset - Lannate) revealed 29.1% of efficacy, being the least effective treatment (Table 6).

Regard as the sequential applications as three groups of management programs, the chemical insecticide group was the most effective, with 55% control of corn leafhoppers, followed by the biological (46%) and biological - chemical (48 %) (Figure 1). As the control effect of biological products occurs more slowly, taking around 7 days for visible results to be apparent (Faria and Wraight 2001), it can be visualized by analyzing the effectiveness of the biological and biological - chemical groups, where the percentage of control increased by 37% in the evaluation of 7DA1S (7 days after the first spray).

The height of corn plants showed statistical difference between treatments, T2 (FlyControl - Lannate) expressed the highest number, with 272.7 cm (Table 4). The incidence of stunting was low, and no treatment showed more than 6% of plants with symptoms.

Table 6 - Mean number of living insects (M) per plant and the control efficacy (CE%) at Santa Maria not irrigated.

Treatment	0 DA1S ¹		2 DA1S		5 DA1S		7 DA1S		2 DA2S		5 DA2S		7 DA2S		14 DA2S		Mean CE %							
	M ²		M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %								
1	0,24	a1	0,28	a1	41,7	0,44	a1	0	0,08	a1	84,6	0,12	a1	75	0,04	a1	90	0,2	a1	28,6	0,28	a1	0	45,7
2	0,2	a1	0,4	a1	16,7	0,12	a1	50	0,24	a1	53,8	0	a1	100	0,2	a1	50	0,16	a1	42,9	0,12	a1	50	51,9
3	0,32	a1	0,4	a1	16,7	0,24	a1	0	0,32	a1	38,5	0	a1	100	0,04	a1	90	0	a1	100	0,12	a1	50	56,4
4	0,32	a1	0,24	a1	50	0,12	a1	50	0,2	a1	61,5	0,12	a1	75	0,08	a1	80	0,12	a1	57,1	0,28	a1	0	53,4
5	0,72	a2	0,44	a1	8,33	0,28	a1	0	0,28	a1	46,2	0	a1	100	0,08	a1	80	0,08	a1	71,4	0,12	a1	50	50,8
6	0,28	a1	0,2	a1	58,3	0,16	a1	33,3	0,2	a1	61,5	0,04	a1	91,7	0,04	a1	90	0,2	a1	28,6	0,08	a1	66,7	61,4
7	0,08	a1	0,36	a1	25	0,16	a1	33,3	0,2	a1	61,5	0,12	a1	75	0,08	a1	80	0,16	a1	42,9	0,2	a1	16,7	47,8
8	0,4	a2	0,36	a1	25	0,32	a1	0	0,56	a1	0	0,08	a1	83,3	0,08	a1	80	0,2	a1	28,6	0,12	a1	50	38,1
9	0,24	a1	0,64	a2	0	0,2	a1	16,7	0,32	a1	38,5	0	a1	100	0,12	a1	70	0,08	a1	71,4	0,32	a1	0	42,4
10	0,08	a1	0,04	a1	91,7	0,08	a1	66,7	0,28	a1	46,2	0,24	a2	50	0,48	a2	0	0,12	a1	57,1	0,16	a1	33,3	49,3
11	0,44	a2	0,76	a2	0	0,24	a1	0	0,16	a1	69,2	0	a1	100	0,12	a1	70	0,16	a1	42,9	0,16	a1	33,3	45,1
12	0,68	a2	0,52	a2	0	0,28	a1	0	0,32	a1	38,5	0,04	a1	91,7	0,12	a1	70	0,16	a1	42,9	0,16	a1	33,3	39,5
13	0,12	a1	0,08	a1	83,3	0,32	a1	0	0,12	a1	76,9	0,04	a1	91,7	0,2	a1	50	0,2	a1	28,6	0,24	a1	0	47,2
14	0,48	a2	0,44	a1	8,33	0,24	a1	0	0,24	a1	53,8	0	a1	100	0	a1	100	0,08	a1	71,4	0,28	a1	0	47,7
15	0,36	a2	0,24	a1	50	0,44	a1	0	0,32	a1	38,5	0	a1	100	0,04	a1	90	0,08	a1	71,4	0,16	a1	33,3	54,7
16	0,28	a1	0,4	a1	16,7	0,32	a1	0	0,32	a1	38,5	0,12	a1	75	0,12	a1	70	0,36	a1	0	0,16	a1	33,3	33,4
17	0,44	a2	0,52	a2	0	0,24	a1	0	0,24	a1	53,8	0	a1	100	0,04	a1	90	0	a1	100	0,32	a1	0	49,1
18	0,52	a2	0,72	a2	0	0,16	a1	33,3	0,2	a1	61,5	0,04	a1	91,7	0,04	a1	90	0,12	a1	57,1	0	a1	100	62,0
19	0,32	a1	0,64	a2	0	0,12	a1	50	0,32	a1	38,5	0,16	a1	66,7	0,2	a1	50	0,32	a1	0	0,2	a1	16,7	31,7
20	0,4	a2	0,64	a2	0	0,4	a1	0	0,4	a1	23,1	0	a1	100	0,2	a1	50	0,24	a1	14,3	0,2	a1	16,7	29,1
21	0,36	a2	0,6	a2	0	0,32	a1	0	0,36	a1	30,8	0	a1	100	0,04	a1	90	0,08	a1	71,4	0,04	a1	83,3	53,6
22	0,2	a1	0,36	a1	25	0,56	a1	0	0,04	a1	92,3	0,04	a1	91,7	0,16	a1	60	0,08	a1	71,4	0,08	a1	66,7	58,2
23	0,28	a1	0,4	a1	16,7	0,44	a1	0	0,48	a1	7,69	0,04	a1	91,7	0,04	a1	90	0,12	a1	57,1	0,16	a1	33,3	42,4
24	0,48	a2	0,68	a2	0	0,48	a1	0	0,32	a1	38,5	0,04	a1	91,7	0,12	a1	70	0,16	a1	42,9	0,2	a1	16,7	37,1
25	0,2	a1	0,16	a1	66,7	0,4	a1	0	0,2	a1	61,5	0,04	a1	91,7	0,12	a1	70	0,16	a1	42,9	0,12	a1	50	54,7

26	0,24	a1	0,2	a1	58,3	0,2	a1	16,7	0,24	a1	53,8	0	a1	100	0,08	a1	80	0,16	a1	42,9	0,16	a1	33,3	55,0
27	0,44	a2	0,48	a2		0,24	a1		0,52	a1		0,48	a3		0,4	a2		0,28	a1		0,24	a1		
CV (%)³	30,7		31,1		30,4			30			16,1			21,8			24			25,4				

Note. ¹DAS = Days after first (1) and second (2) spray. ²Means followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test (P≤0.05). ³CV (%) = Coefficient of variation.

Santa Maria - Irrigated

At the time of the first spray, the population of corn leafhoppers in the experiment was 0.2 adults per plant, similar to the population of the experiment in rainfed conditions. Significant differences between treatments were also observed in this experiment. T5 (Boveril - Lannate) showed the highest efficacy, reaching 66.4% of control, with the treatment with the same biological insecticide having higher control in the rainfed experiment, differing only the chemical insecticide in the second application (Table 7).

Regarding the management programs, it was possible to observe that the biological - chemical group (with 55% of control) was the most effective in controlling *D. maidis*, followed by the chemical (49%) and biological (36%) groups (Figure 1). In the irrigated system, the biological - chemical group obtained superior efficacy than the chemical group, which did not occur in the rainfed system. In this experiment, in the evaluation at 2DA2A, the biological - chemical management had its highest percentage of control observed, where the treatments that had the first application of biological insecticide obtained an average of 96% of control, while the treatments with chemical insecticide in the first application achieved 81% control.

Regarding the height of corn plants, T3 (FlyControl - Perito) again showed the highest values, with an average of 341.8 cm, while the treatment without control obtained an average of 282.1 cm (Table 4). Similar to the experiment in rainfed conditions, there was a low incidence of stunting complex, with 2% being the highest rate among treatments.

Table 7 - Mean number of living insects (M) per plant and the control efficacy (CE%) at Santa Maria irrigated.

Treatment	0 DA1S ¹		2 DA1S		5 DA1S		7 DA1S		2 DA2S		5 DA2S		7 DA2S		14 DA2S		Mean CE %
	M ²	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	
1	0,28 a1	0,56 a1	17,6	0,24 a1	50	0,64 a1	0	0,28 a2	12,5	0,04 a1	85,7	0,32 a2	0	0,12 a1	50		30,8
2	0,24 a1	0,56 a1	17,6	0,32 a1	33,3	0,36 a1	18,2	0,04 a1	87,5	0,08 a1	71,4	0 a1	100	0,16 a1	33,3		51,6
3	0,16 a1	0,44 a1	35,3	0,28 a1	41,7	0,52 a1	0	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0,04 a1	85,7	0,16 a1	33,3		54,5
4	0,12 a1	0,64 a1	5,88	0,12 a1	75	0,32 a1	27,3	0,4 a2	0	0,12 a1	57,1	0,12 a1	57,1	0,04 a1	83,3		43,7
5	0,28 a1	0,28 a1	58,8	0,4 a1	16,7	0,36 a1	18,2	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0,04 a1	85,7	0 a1	100		66,4
6	0,08 a1	0,36 a1	47,1	0,44 a1	8,33	0,16 a1	63,6	0 a1	100	0 a1	100	0,08 a1	71,4	0,12 a1	50		62,9
7	0,24 a1	0,28 a1	58,8	0,24 a1	50	0,44 a1	0	0,12 a1	62,5	0,24 a2	14,3	0,16 a2	42,9	0,12 a1	50		39,8
8	0,2 a1	0,72 a1	0	0,36 a1	25	0,32 a1	27,3	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0,12 a1	57,1	0,28 a1	0		42,2
9	0,2 a1	0,52 a1	23,5	0,32 a1	33,3	0,28 a1	36,4	0 a1	100	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0,04 a1	83,3		66,0
10	0,32 a1	0,6 a1	11,8	0,4 a1	16,7	0,32 a1	27,3	0,32 a2	0	0,32 a2	0	0,12 a1	57,1	0,12 a1	50		23,3
11	0,24 a1	0,44 a1	35,3	0,32 a1	33,3	0,44 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0 a1	100		64,9
12	0,24 a1	0,44 a1	35,3	0,2 a1	58,3	0,36 a1	18,2	0,04 a1	87,5	0,04 a1	85,7	0 a1	100	0,08 a1	66,7		64,5
13	0,24 a1	0,4 a1	41,2	0,36 a1	25	0,28 a1	36,4	0,2 a2	37,5	0,16 a2	42,9	0,16 a2	42,9	0,12 a1	50		39,4
14	0,16 a1	0,56 a1	17,6	0,48 a1	0	0,28 a1	36,4	0 a1	100	0,08 a1	71,4	0,12 a1	57,1	0,24 a1	0		40,4
15	0,24 a1	0,64 a1	5,88	0,44 a1	8,33	0,32 a1	27,3	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0,24 a2	14,3	0,08 a1	66,7		44,0
16	0,12 a1	0,44 a1	35,3	0,24 a1	50	0,36 a1	18,2	0,36 a2	0	0,12 a1	57,1	0,04 a1	85,7	0,2 a1	16,7		37,6
17	0,08 a1	0,56 a1	17,6	0,36 a1	25	0,4 a1	9,09	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0 a1	100	0,12 a1	50		55,4
18	0,04 a1	0,4 a1	41,2	0,32 a1	33,3	0,56 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0,04 a1	85,7	0,16 a1	33,3		56,2
19	0,2 a1	0,32 a1	52,9	0,36 a1	25	0,44 a1	0	0,32 a2	0	0,08 a1	71,4	0,24 a2	14,3	0,16 a1	33,3		28,1
20	0,24 a1	0,4 a1	41,2	0,16 a1	66,7	0,44 a1	0	0,04 a1	87,5	0,12 a1	57,1	0,04 a1	85,7	0,16 a1	33,3		53,1
21	0,48 a1	0,48 a1	29,4	0,36 a1	25	0,2 a1	54,5	0 a1	100	0 a1	100	0,28 a2	0	0,12 a1	50		51,3
22	0,08 a1	0,48 a1	29,4	0,32 a1	33,3	0,52 a1	0	0,12 a1	62,5	0,08 a1	71,4	0,08 a1	71,4	0,12 a1	50		45,4
23	0,4 a1	0,56 a1	17,6	0,32 a1	33,3	0,36 a1	18,2	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	100	0,28 a1	0		52,7
24	0,28 a1	0,32 a1	52,9	0,32 a1	33,3	0,52 a1	0	0,04 a1	87,5	0,04 a1	85,7	0,04 a1	85,7	0,12 a1	50		56,5
25	0,16 a1	0,12 a1	82,4	0,4 a1	16,7	0,48 a1	0	0,12 a1	62,5	0,04 a1	85,7	0,28 a2	0	0,12 a1	50		42,5

26	0,16 a1	0,12 a1	82,4	0,28 a1	41,7	0,56 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0,28 a2	0	0,08 a1	66,7	55,8
27	0,44 a1	0,68 a1		0,48 a1		0,44 a1		0,32 a2		0,28 a2		0,28 a2		0,24 a1		
CV (%)³	27,7	32,4		31,4		31,1		19,4		18,1		22,3		22,9		

Note. ¹DAS = Days after first (1) and second (2) spray. ²Means followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test (P≤0.05). ³CV (%) = Coefficient of variation.

Passo Fundo

The experiment carried out in Passo Fundo had the lowest infestation of corn leafhoppers, the average population at the time of the first application was 0.2 leafhoppers per plant, but the infestation decreased throughout the evaluations, with the treatment without control reaching the average of 0.06 leafhoppers per plant throughout the evaluations. In this specific experiment, the low infestation of the pest did not allow a more precise evaluation of the effect of the treatments, where significant differences were observed only in the evaluations of 5DA2S and 2DA3S.

Regarding the control average considering all evaluations, T25 (two sequential applications of Lannate) showed the highest efficacy (65%), and biological treatment T22 (two sequential applications of Rizoveria) demonstrated efficacy of 55%. T10 (two sequential applications of IsaControl) and T19 (two sequential applications of Bioexos + Vantset) obtained 10% of control, being the treatments with less effectiveness (Table 8).

Analyzing the management programs, there was a lower mean control effectiveness in relation to the experiments in Santa Maria-RS and Ibirubá-RS. The chemical group achieved 62% control, followed by the biological - chemical (36%) and biological (26%) groups, with no statistical difference between them (Figure 1).

Due to drought, the plants had lower height than the other sites, with T1 (two sequential applications of FlyControl) and T10 (two sequential applications of IsaControl) having the highest average, with height of 190 cm (Table 4). No significant differences were detected between treatments for stunting complex incidence.

Table 8 - Mean number of living insects (M) per plant and the control efficacy (CE%) at Passo Fundo.

Treatment	0 DA1S ¹		2 DA1S		5 DA1S		7 DA1S		2 DA2S		5 DA2S		7 DA2S		2 DA3S		5 DA3S		7 DA3S		14 DA3S		Mean CE %	
	M ²	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M	CE %	M		CE %
1	0,3 a1	0,05 a1	50	0,2 a1	0	0,15 a1	0	0 a1	100	0,1 a2	0	0 a1	100	0,15 a2	0	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	25,0
2	0,15 a1	0,1 a1	0	0,2 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0,05 a1	0	0,1 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	40,0
3	0,3 a1	0,15 a1	0	0,1 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0,05 a2	0	0,05 a1	50	0,05 a1	66,7	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	41,7
4	0,55 a1	0 a1	100	0,1 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	100	0 a1	0	0,1 a1	0	0,25 a2	0	0 a1	100	0,05 a1	0	0,1 a1	0	0 a1	0	30,0
5	0,2 a1	0,1 a1	0	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0,05 a1	66,7	0,1 a1	0	0 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	36,7
6	0,4 a1	0,15 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	100	0,05 a1	66,7	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	41,7
7	0,4 a1	0,05 a1	50	0,05 a1	50	0,1 a1	0	0,05 a1	0	0,15 a2	0	0,1 a1	0	0,15 a2	0	0 a1	100	0 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	20,0
8	0,2 a1	0,2 a1	0	0,1 a1	0	0,1 a1	0	0 a1	100	0,05 a2	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	35,0
9	0,15 a1	0,2 a1	0	0,05 a1	50	0,05 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0,15 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	20,0
10	0,2 a1	0,1 a1	0	0,15 a1	0	0,05 a1	0	0,05 a1	0	0,05 a2	0	0,1 a1	0	0,15 a2	0	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	10,0
11	0,5 a1	0 a1	100	0,1 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	100	0,1 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	50,0
12	0,45 a1	0,1 a1	0	0,1 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	100	0 a1	0	0,05 a1	50	0,05 a1	66,7	0,1 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	21,7
13	0,2 a1	0,15 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0,1 a1	0	0 a1	0	0,05 a1	50	0,15 a2	0	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	30,0
14	0,15 a1	0,05 a1	50	0,05 a1	50	0,1 a1	0	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	40,0
15	0,3 a1	0,15 a1	0	0,15 a1	0	0,1 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	25,0
16	0,2 a1	0,05 a1	50	0,1 a1	0	0 a1	100	0,05 a1	0	0,05 a2	0	0,05 a1	50	0,05 a1	66,7	0,1 a1	0	0 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	26,7
17	0,1 a1	0,15 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0,05 a1	66,7	0,1 a1	0	0,05 a1	0	0,1 a1	0	0 a1	0	41,7
18	0,25 a1	0,25 a1	0	0,1 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0,05 a1	0	0,05 a1	0	0,05 a1	0	0,05 a1	0	40,0
19	0,1 a1	0,1 a1	0	0,1 a1	0	0,1 a1	0	0,1 a1	0	0,05 a2	0	0,15 a1	0	0,3 a2	0	0 a1	100	0,1 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	10,0
20	0,25 a1	0,4 a1	0	0,05 a1	50	0,05 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	100	0,05 a1	66,7	0,05 a1	0	0 a1	0	0,05 a1	0	0,05 a1	0	21,7
21	0,35 a1	0,1 a1	0	0,05 a1	50	0,05 a1	0	0 a1	100	0 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0,05 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	30,0
22	0,05 a1	0,1 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0,1 a1	0	0 a1	0	55,0
23	0,2 a1	0,15 a1	0	0,15 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	45,0
24	0,2 a1	0,1 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0,05 a1	50	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	0	0,05 a1	0	0 a1	0	45,0
25	0,4 a1	0 a1	100	0,05 a1	50	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	0	0 a1	0	65,0

26	0,25 a1	0 a1	100	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	100	0 a1	0	0 a1	100	0 a1	100	0 a1	100	0,05 a1	0	0 a1	0	60,0
27	0,05 a1	0,1 a1		0,1 a1		0,05 a1		0,05 a1		0 a1		0,1 a1		0,15 a2		0,05 a1		0 a1		0 a1		
CV (%)³	30,1	22,7		20,1		14,7		10,6		9,64		14,1		17,9		13,8		11,5		11		

Note. ¹DAS = Days after first (1), second (2) and third (3) spray. ²Means followed by the same letter and number in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test ($P \leq 0.05$). ³CV (%) = Coefficient of variation.

General review

The results obtained in Ibirubá-RS and Santa Maria-RS were considered for the general analysis, the results of Passo Fundo-RS were not accounted for the general evaluation due to the low incidence of *D. maidis*. T6 (Boveril – Perito), T18 (Bometil – Perito), T26 (two sequential applications of Perito) and T5 (Boveril – Lannate) showed the highest efficacy, with 64%, 63%, 62% and 62% of control, respectively.

Regarding the biological group, it is possible to state that its lower average effectiveness was mainly affected by the first evaluations, where the percentage of control was lower, performance already expected by the mechanism of action of this insecticide group. The fungus initiates the infective process through the adhesion of spores to the insect exoskeleton, which germinate and begin the penetration phase, requiring around 7 days until the insect dies (MORA et al. 2017; SHAH and PELL 2003).

This increase in control several days after application may also be related to the ability of the entomopathogenic fungus to multiply in the field, causing the dispersion of conidia and infection of new insects, known as epizootics (Souza et al. 2021). From the 7DA1S, there was an increase in the effectiveness of this group, mainly in Ibirubá-RS, where at 2DA2S, the minimum effectiveness of sequential treatments with biologicals was 64.7%. Silva et al (2009) observed a similar situation, where the greater effectiveness of the experiment with the application of *B. bassiana* at different concentrations was observed in the last evaluations.

The biological treatments T22 (two sequential applications of Rizoveria), T7 (two sequential applications of Ballvéria) and T4 (two sequential applications of Boveril) obtained

intermediate results, with 54%, 52% and 51% of control, respectively. T10 (two sequential applications of IsaControl), T16 (two sequential applications of Bometil) and T19 (two sequential applications of Bioexos + Vantset) were the treatments with the lowest efficacy rates, with a control rate lower than 42%.

Chemical insecticides are known for their knockdown effect, with quick action on insects after application (FERNANDES et al. 2017). Treatments T25 (two sequential applications of Lannate) and T26 (two sequential applications of Perito) showed good efficacy results, mainly in the 2DAS evaluations and resulted in an average efficacy of 53% and 60%, respectively.

Considering the management programs, it is possible to observe a response trend, where the chemical and biological - chemical groups were similar and more effective in relation to the biological group. The chemical group showed an average efficacy of 59%, while the biological - chemical group achieved 56% of *D. maidis* control. The biological group had a mean efficacy lower than the other groups, with 46% of control.

In Ibirubá, there was a high incidence of stunting complex, and it was possible to verify that the treatments where the highest levels of *D. maidis* control occurred, were the same ones where the plants had the highest height and lowest rate of stunting. Where efficacy was not satisfactory, stunting rates of 56.4% to 100% were recorded, which headed to a reduction in plant height, one of the main symptoms of these diseases (OLIVEIRA and SABATO 2018).

In Santa Maria and Passo Fundo sites, a relationship between the effectiveness in controlling corn leafhoppers and the height of corn plants was not verified, probably due to the fact that there was no significant incidence of stunting in these areas. In view of the results

obtained, the combination of the knockdown effect of the chemical insecticide and the residual effect of the biological insecticides collaborate to reduce the population of *D. maidis*, preventing the infection of plants with the diseases transmitted by these vectors.

Conclusion

The combination of biological and chemical insecticides for the management of corn leafhopper showed higher efficacy than the application of isolated biological insecticides and similar control to the isolated use of chemical insecticides.

The control of *D. maidis* provided by the treatments induced the lower incidence of stunting complex.

Acknowledgements

We would like to thank the Prof. Dr. Crislaine Sartori Suzana Milan and the members of her research group at UPF, for accepting and carrying out this project together. Rudi and Acenir Wojahn, for the assigned field area and the infrastructure that allowed us to carry out the experiment in Ibirubá-RS. Also, the Pest Management and Genetics Laboratory - UFSM for their fundamental help to make this work possible. In addition, we would like to thank the Prof. Dr. Juliano Dalcin Martins and the Irrigation System department of UFSM for providing infrastructure and crop management support during the experiment conduction.

References

Alivizatos, A. S., P. G. Markham. 1986. Acquisition and transmission of corn stunt spiroplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, v. 108, p. 535–544.

- Avila, C. J., et al., 2021. A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Embrapa Agropecuária Oeste**, v. 182, p. 18-25.
- Bevilaqua, J. G., et al., 2023. A sustainable approach to control whitefly on soybean: Integrating entomopathogenic fungi with insecticides. **Crop Protection**, v. 164, art, 106145.
- Faria, M., Wraight, S.P., 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. **Crop Protection**, v. 20 (9), p. 767-778.
- Fernandes, W. C., et al., 2017. Avaliação de inseticidas para o controle de tripes *Frankliniella* spp. em roseira. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 1, p. 34-40.
- Ferreira, D. F. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, p. 109-112.
- Gonzales, V., R. Gámez. 1974. Algunos factores que afectan la transmisión del virus del rayado fino del maíz por *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott. **Turrialba**, v. 24, p. 51–57.
- Ibarra-aparicio, G., et al. 2005. Efecto de *beauveria bassiana* y *metarhizium anisopliae* sobre la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*) (delong y wolcott, 1923) (hemiptera: cicadellidae). **Folia Entomológica Mexicana**, n. 44, p. 1-6.
- Jones, T. L., Medina, R. F., 2020. Corn Stunt Disease: An Ideal Insect–Microbial–Plant Pathosystem for Comprehensive Studies of Vector-Borne Plant Diseases of Corn. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 747-763.
- Legrand, A. I., A. G. Power. 1994. Inoculation and acquisition of maize bushy stunt mycoplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, v.125, p. 115–122.

- Martins, G. M., 2008. Eficiência de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p. 196-200.
- Mascarin, G. M., Jaronski, S. T. 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, p. 177.
- Massola Júnior, N. S., 2001. Enfezamentos vermelho e pálido: Doenças em milho causadas por mollicutes. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 22, n.2, p. 237-243.
- Mora, M. A. E., et al., 2017. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1-10.
- Moreira, M. M. R., et al., 2020. Socio-environmental and land-use impacts of double-cropped maize ethanol in Brazil. **Nature Sustainability**, v. 3, p. 209-216.
- Nault, L. R. 1980. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. **Phytopathology**, v. 70, p. 659–662.
- Nault, L.R., 1990. Evolution of an insect pest: maize and the corn leafhopper, a case study. **Maydica**, Wooster, v. 35, p. 165–175.
- Nault, L.R., DeLong D.M., 1980. Evidence for co-evolution of leafhoppers in the genus *Dalbulus* (Cicadellidae: Hemiptera) with maize and its ancestors. **Annals of the Entomological Society of America**, v.73, n. 4, p. 349–353.
- Oliveira, C. M., et al., 2013. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Wooster, v. 147, n. 2, p. 141-153.

Oliveira, C. M., M. R. Frizzas., 2022. Eight decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: what we know and what we need to know. *Neotropical Entomology*, v. 57, p. 1–17.

Oliveira, C. M., Sabato, E. O., 2018. Estratégias de manejo de *Dalbulus maidis*, para controle de enfezamentos e virose na cultura do milho. **Embrapa**, n.25, p. 749-780.

Oliveira, E., et al., 2015. Abundance of the insect vector of two different Mollicutes plant pathogens in the vegetative maize cycle. **Phytopathogenic Mollicutes**, v.5, p.117-118.

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

Ribeiro, J. M., 2018. Eficiência de controle da cigarrinha-do-milho por dois fungos entomopatógenos, associados com o indutor de resistência K2SiO3, em plantas de *Zea mays* (var. *saccharata*) sob condições de campo. Master dissertation, **Instituto Federal Goiano**, Urutaí, 2018.

Rocha, V. F., Ribeiro, L. F. C., 2016. Avaliação da eficiência do controle biológico associado ao químico no manejo das cigarrinhas-das-pastagens. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98.

Sabato, E. O. 2017. Corn stunting diseases, pp. 11–23. In C. M. Oliveira, and E. O. Sabato (eds.), *Diseases in maize: insect vectors, mollicutes and viruses*. **Embrapa Informação Tecnológica e Embrapa Milho e Sorgo**, Brasília and Sete Lagoas, Brazil.

Salgado, V.L., 2013. BASF Insecticide Mode of Action Technical Training Manual. https://www.researchgate.net/publication/275959530_BASF_Insecticide_Mode_of_Action_Technical_Training_Manual. accessed 24 January 2023.

Santana, P. A., et al., 2019. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. *Pest Management Science*, v. 75, p. 2706-2715.

Shah, P. A., J. K. Pell, J. K., 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 61, p. 413–423.

Silva, A. H., et al., 2009. Controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) De Long & Wolcott (1923) por *Beauveria bassiana* na cultura do milho. **Boletim de Sanidad Vegetal Plagas**, v. 35, n. 4, p. 657-664.

Silveira, C. H., 2019. Eficácia de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e da transmissão de espiroplasma do milho. Master dissertation, **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, Brazil.

Souza, D. A., et al., 2021. First report on the natural occurrence of entomopathogenic fungi in populations of the leafhopper *Dalbulus maidis* (Hemiptera:Cicadellidae): Pathogen identifications and their incidence in maize crops. **Fungal Biology**, v. 125, n. 12, p. 980-988.

Toledo, A. V., et al., 2007. Pathogenicity of fungal isolates (Ascomycota: Hypocreales) against *Peregrinus maidis*, *Delphacodes kuscheli* (Hemiptera: Delphacidae), and *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of corn diseases. **Mycopathologia**, v. 163, p. 225–232.

Tsai, J. H., 1988. Bionomics of *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott), a vector of mollicutes and virus (Homoptera: Cicadellidae). In: **Mycoplasma Diseases of Crops**, New York, p. 209-221.

United States Department of Agriculture (USDA). 2022. World agricultural production. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> (accessed 18 November 2022).

Waquil, J. M., 2004. Cigarrinha-do-milho: vetor de mollicutes e vírus. **Embrapa**, Sete Lagoas, Brazil.

5. CONCLUSÃO

A combinação de inseticidas biológicos e químicos para o manejo da cigarrinha-do-milho apresentou eficácia superior à aplicação de inseticidas biológicos isolados e controle similar ao uso isolado de inseticidas químicos.

O controle de *D. maidis* proporcionado pelos tratamentos causou menor incidência do complexo de enfezamento.

REFERÊNCIAS

- ABCBio. Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico. **Setor de defensivos biológicos deve crescer em torno de 20% ao ano no Brasil.** Disponível em: <http://www.cenarioagro.com.br/setor-de-defensivos-biologicos-deve-crescer-em-torno-de-20-no-brasil/>. Acesso em: 10 jan 2023.
- AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. **Consulta de Praga/Doença.** Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 18 jan 2023.
- ALBUQUERQUE, F. A. et al. Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 01, 2006.
- ALIVIZATOS, A. S., MARKHAM P. G. Acquisition and transmission of corn stunt Spiroplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, v. 108, p. 535–544, 1986.
- ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Ed. Piracicaba, FEALQ, p. 289-382. 1998.
- 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.
- ARTUZO, F. D. et al. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, safra 2020/21. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10 jan 2023.
- COSTA, R. V. et al. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, 2019.
- CUNHA, B. A. D. et al. Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. **Summa Phytopathologica**, São Paulo, v. 45, p. 424-427, 2020.
- EBBERT, M. A., NAULT, L. R. Improved overwintering ability in *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) vectors infected with *Spiroplasma kunkelii* (Mycoplasmatales: Spiroplasmataceae). **Environmental Entomology**, v. 23, p. 634–644, 1984.
- GALVÃO, S. R. **Enfezamentos do milho: incidência do fitoplasma e espiroplasma, dinâmica populacional, expressão de sintomas e caracterização**

molecular do fitoplasma com base no gene SecY. 2019. 82 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2019.

GONZALES, V., GÁMEZ, R. Algunos factores que afectan la transmisión del virus del rayado fino del maíz por *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott. **Turrialba**, v. 24, p. 51–57, 1974.

HEADY, S. E.; NAULT, L. R. Escape behavior of *Dalbulus* and *Balbulus* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). **Environmental Entomology**, v. 14, n. 2, p. 154-158, 1985.

IBARRA-APARICIO, G. et al. Efecto de *beauveria bassiana* y *metarhizium anisopliae* sobre la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*) (delong y wolcott, 1923) (hemiptera: cicadellidae). **Folia Entomológica Mexicana**, n. 44, p. 1-6, 2005.

JONES, T. L., MEDINA, R. F. Corn Stunt Disease: An Ideal Insect–Microbial–Plant Pathosystem for Comprehensive Studies of Vector-Borne Plant Diseases of Corn. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 747-763, 2020.

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.

LACEY, L. A. et al. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1-41, 2015.

LECUONA, R. E.; PAPIEROK, B.; RIBA, G. Hongos entomopatogénos. In: LECUONA, R. E. **Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga**, Buenos Aires, p. 35-60, 1996.

LEGRAND, A. I., POWER, A. G. Inoculation and acquisition of maize bushy stunt mycoplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, v. 125, p. 115–122, 1994.

MARTINS, G. M. Eficiência de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p. 196-200, 2008.

MASSOLA JÚNIOR, N.S. Enfezamentos vermelho e pálido: Doenças em milho causadas por mollicutes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 22, n.2, p. 237-243, 2001.

MENESES A.R. et al. Seasonal and Vertical Distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazilian Corn Fields. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 4, p.750-754, 2016.

MORA, M. A. E. et al. Fungos entomopatogênicos: enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p.335-349, 2016.

MOREIRA, M. M. R. et al. Socio-environmental and land-use impacts of double-cropped maize ethanol in Brazil. **Nature Sustainability**, v. 3, p. 209-216, 2020.

MURRAY, T., MILES, C., DANIELS, C. **Natural insecticides**. Washington State University, Oregon State University, University of Idaho. PNW649; 2013.

NAULT, L. R. Evolution of an insect pest: maize and the corn leafhopper, a case study. **Maydica**, Wooster, v. 35, p. 165–175, 1990.

NAULT, L. R. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. **Phytopathology**, v. 70, p. 659–662, 1980.

NAULT, L. R., DELONG D.M. Evidence for co-evolution of leafhoppers in the genus *Dalbulus* (Cicadellidae: Hemiptera) with maize and its ancestors. **Annals of the Entomological Society of America**, v.73, n. 4, p. 349–353, 1980.

NEFF, E. P. **Effects of maize stunting mollicutes on cold tolerance and flight behavior of *Dalbulus* leafhoppers**. 1986. Master thesis - Ohio State University, Columbus, 1986.

OLIVEIRA, C. M. et al. Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por mollicutes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 297-303, 2007.

OLIVEIRA, C. M. et al. Eficiência de inseticidas em tratamento de sementes de milho no controle da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) em viveiro telado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 231-235, 2008.

OLIVEIRA, C. M. et al. Influence of latitude and elevation on polymorphism among populations of the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 33, p. 1192-1199, 2004.

OLIVEIRA, C. M. et al. Overwintering plants for *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) adults during the maize off-season in central Brazil. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, p. 1105–1111, 2020.

OLIVEIRA, C. M., LOPES, J. R. S., NAULT, L. R. Survival strategies of *D. albulus maidis* during maize off-season in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Wooster, v. 147, n. 2, p. 141-153, 2013.

OLIVEIRA, C. M., M. R. FRIZZAS. Eight decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: what we know and what we need to know. **Neotropical Entomology**, v. 57, p. 1–17, 2022.

OLIVEIRA, C. M., SABATO, E. O. Estratégias de manejo de *dalbulus maidis*, para controle de enfezamentos e virose na cultura do milho. **Embrapa**, Capítulo em livro técnico, n.25, p. 749-780, 2018.

OLIVEIRA, C.M., RECCO, P.C. Mollicutes e vírus em milho na safrinha e na safra de verão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.38-46, 2002.

OLIVEIRA, E. et al. Abundance of the insect vector of two different Mollicutes plant pathogens in the vegetative maize cycle. **Phytopathogenic Mollicutes**, v.5, p.117-118, 2015.

OLIVEIRA, E.; LANDAU, E. C.; OLIVEIRA, C. M. Maize bushy stunt phytoplasma in Brazil. **Phytopathogenic Mollicutes**, New Delhi, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2012.

PARRA, J. R. P. Biological Control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

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.

RIBEIRO, J. M. **Eficiência de controle da cigarrinha-do-milho por dois fungos entomopatogênicos, associados com o indutor de resistência K2SiO3, em plantas de Zea mays (var.saccharata) sob condições de campo**. 2018. 31 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2018.

RIOS, K. A. O. **Evaluación de la Eficacia con Productos Comerciales Entomopatogénicos Beauveriplant, Metarhiplant y Paecilopant Para Control de la Chicharrita Dalbulus maidis del Maíz (Zea mays)**. 2020. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente, Palmira Valle, 2020.

ROCHA, V. F., RIBEIRO, L. F. C. Avaliação da eficiência do controle biológico associado ao químico no manejo das cigarrinhas-das-pastagens. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98, 2016.

SABATO, E. de O., BARROS, A. C. S., OLIVEIRA, I. R. Cenário e manejo de doenças disseminadas pela cigarrinha no milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Cartilha, Sete Lagoas, p. 8, 2016.

SABATO, E. de O.; KARAM, D.; DE OLIVEIRA, C. M. Sobrevivência da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera Cicadellidae) em espécies de plantas da família Poaceae. **Embrapa Milho e Sorgo**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 175, p. 14, 2018.

SABATO, E. O., LANDAU, E. C., OLIVEIRA, C. M. Recomendações para o manejo de doenças do milho disseminadas por insetos-vetores. **Embrapa Milho e Sorgo**, Circular Técnica 205, Sete Lagoas, 2014.

SANTANA, P. A. et al. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. **Pest Management Science**, v. 75, p. 2706-2715, 2019.

SILVA, A. H., TOSCANO, L. C., MARUYAMA, W. I., PEREIRA, M. F. A., CARDOSO, S. M. Controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) De Long & Wolcott

(1923) por *Beauveria bassiana* na cultura do milho. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v. 35, n. 4, p. 657-664, 2009.

SILVEIRA, C. H. **Eficácia de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e da transmissão de espiroplasma do milho**. 2019. 76 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2019.

SOUZA, D. A. et al. First report on the natural occurrence of entomopathogenic fungi in populations of the leafhopper *Dalbulus maidis* (Hemiptera:Cicadellidae): Pathogen identifications and their incidence in maize crops. **Fungal Biology**, v. 125, n. 12, p. 980-988, 2021.

TODD, J. L. et al. Comparative growth and spatial distribution of *Dalbulus* leafhoppers populations (Homoptera:Cicadellidae) in relation to maize phenology. **Environmental Entomology**, v. 20, p. 556–564, 1991.

TOLEDO, A. V. et al. Pathogenicity of fungal isolates (Ascomycota: Hypocreales) against *Peregrinus maidis*, *Delphacodes kuscheli* (Hemiptera: Delphacidae), and *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of corn diseases. **Mycopathologia**, v. 163, p. 225–232, 2007.

TRIPLEHORN, B. W., NAULT, L. R. Phylogenetic classification of the genus *Dalbulus* (Homoptera: Cicadellidae), and notes on the phylogeny of the Macrostelini. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 78, p. 291-315, 1985.

TSAI, J. H. Bionomics of *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott), a vector of mollicutes and virus (Homoptera: Cicadellidae). In: **Mycoplasma Diseases of Crops**, New York, p. 209-221. 1988.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Circular Series, WAP 9-22, 2022.

VIRLA, E. et al. Evaluación preliminar de la disminución en la producción de maíz causada por el 'Corn Stunt Spiroplasma' (CSS) em Tucumán, Argentina. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v. 30, p. 403–413, 2004.

WAQUIL, J. M. Cigarrinha-do-milho: vetor de mollicutes e vírus. **Embrapa**, Circular Técnica 41, Sete Lagoas, p. 6 2004.

WAQUIL, J. M. et al. Aspectos da Biologia da Cigarrinha-do-Milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 3, p. 413-420, 1999.

ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, p. 879-920, 2007.

ZURITA, Y. A., ANJOS, N., WAQUIL, J. M. Aspectos biológicos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em Híbridos de Milho (*Zea mays* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 2, p. 347-352, 2000.