

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

ADEMAR NOVAIS ISTCHUK

**POPULAÇÃO DE *Dalbulus maidis* (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) E
SEVERIDADE DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO EM FUNÇÃO DE DOSES DE
NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM MILHO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2025

ADEMAR NOVAIS ISTCHUK

**POPULAÇÃO DE *Dalbulus maidis* (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) E
SEVERIDADE DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO EM FUNÇÃO DE DOSES DE
NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM MILHO**

Tese apresentada à Universidade Estadual
do Oeste do Paraná, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, para obtenção
do título de Doctor Scientiae.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanda Pietrowski

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Novais Istchuk, Ademar

População de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) e severidade do complexo de enfezamento em função de doses de nitrogênio e potássio em milho / Ademar Novais Istchuk; orientadora Vanda Pietrowski. -- Marechal Cândido Rondon, 2025.

75 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2025.

1. Cigarrinha-do-milho. 2. *Zea mays*. 3. molícutes. 4. inseto vetor. I. Pietrowski, Vanda, orient. II. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



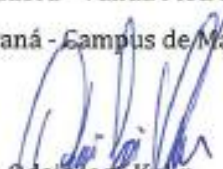
ADEMAR NOVAIS ISTCHUK

População de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) e severidade do complexo de enfezamento em função de doses de nitrogênio e potássio em milho

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Fitossanidade e Controle Alternativo, APROVADA pela seguinte banca examinadora:


Orientadora - Vanda Pietrowski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


Odair José Kuhn

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


Maria do Carmo Lana

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Amarildo Pasini
(por videoconferência)

Universidade Estadual de Londrina - UEL (UEL)

Julio César Guerreiro
(por videoconferência)

Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Marechal Cândido Rondon, 24 de fevereiro de 2025

À minha família Cristiane e Carlos Sari Istchuk, vocês
foram a fonte da minha força e inspiração

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Finalizar esta tese representa a concretização de um ciclo que, ao longo de sua realização, contou com o apoio e dedicação de muitas pessoas. A elas, manifesto meus profundos agradecimentos.

Agradeço primeiramente, a Deus, por me dar força e sabedoria para superar cada desafio.

Aos meus familiares, que com toda a paciência e compreensão (quase sempre), me apoiaram durante este processo. Sei que, muitas vezes, fui mais uma ausência do que uma presença. Obrigado por entenderem os inúmeros momentos em que estive mais perto do computador do que de vocês, especialmente quando, em vez de jantar em família, eu estava "apenas finalizando uma análise de dados".

À Corteva Agriscience™ e, especialmente, aos colegas de trabalho e de pesquisa, agradeço pelo suporte nos experimentos, pela troca de experiências, pelo companheirismo e ensinamentos. Vocês tornaram essa jornada mais leve.

A minha orientadora, Vanda Pietrowski, agradeço a orientação e pelas discussões que ampliaram minha visão científica e contribuíram para o meu crescimento como pesquisador.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, expresso meu profundo agradecimento pela contribuição para minha formação, desde os tempos de graduação.

Por fim, agradeço aos professores e a todos que, direta ou indiretamente contribuíram em cada etapa da minha caminhada, e para a realização desta tese.

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos.

"A pesquisa é ver o que todo mundo viu e pensar o que
ninguém pensou."

(Albert Szent-Györgyi)

RESUMO

ISTCHUK, Ademir Novais, Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro – 2025. **População de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) e severidade do complexo de enfezamento em função de doses de nitrogênio e potássio em milho.** Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanda Pietrowski.

A cultura do milho tem enfrentado desafios fitossanitários significativos relacionados aos fitopatógenos associados ao complexo de enfezamento, que podem resultar em perdas de produtividade que chegam a 100%. Apesar de importância destes patógenos, atualmente as medidas de controle dessas doenças são baseadas na supressão da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), que atua como inseto vetor. As estratégias de controle incluem um conjunto de práticas agrícolas que somam esforços em busca de melhores resultados, visto que nenhuma prática apresenta alta eficácia de forma isolada. Visando contribuir para este conjunto de recomendações, esta tese investigou os efeitos da interação entre dois híbridos comerciais de milho e doses crescentes de nitrogênio e potássio aplicadas em cobertura sobre a incidência de *D. maidis* e sobre a expressão de sintomas do complexo de enfezamento em condições de campo. Ao todo, foram testados 18 tratamentos dispostos em blocos casualizados com seis repetições, em duas safras agrícolas. A população de cigarrinha foi monitorada durante todo o período vegetativo usando armadilhas adesivas amarelas. Foram realizadas duas avaliações dos sintomas do complexo de enfezamento: uma de incidência em R₁ e uma de severidade em R₃. A integridade das plantas foi avaliada antes da colheita manual das parcelas para determinação da produção, sendo que, posteriormente, as espigas também foram avaliadas e classificadas com base em sua qualidade. As notas dos sintomas visuais do complexo de enfezamento foram agrupadas e apresentadas na forma de frequência de ocorrência, confrontando-se com a escala de vigor adotada. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando modelos mistos através do software R. Foram coletados 65.711 insetos na primeira safra e 33.781 na segunda safra. A população de *D. maidis* não foi influenciada pela adubação com nitrogênio e potássio em cobertura, e não houve diferença entre os híbridos testados. A densidade de cigarrinhas foi diferente entre as safras, porém, a frequência e severidade dos sintomas de enfezamento nas plantas apresentaram correlação com o número de insetos coletados. A adubação das plantas de milho não evita a infecção das plantas, mas pode limitar a expressão dos

sintomas, sobretudo em condições de sintomas mais leves. A adubação com potássio em cobertura reduz a presença de sintomas visuais do complexo de enfezamento em R₃. A produção de milho não foi influenciada pelas doses dos nutrientes e híbridos testados.

Palavras-chave: Cigarrinha-do-milho, *Zea mays*, mollicutes, inseto vetor, adubação de cobertura.

ABSTRACT

ISTCHUK, Ademar Novais, Agronomist, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, February – 2025. **Population of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and severity of the corn stunting complex as a function of nitrogen and potassium levels in corn.** Advisor: Prof^a. Dr^a. Vanda Pietrowski.

The corn crop has faced significant phytosanitary challenges related to pathogens associated with the corn stunting complex, which can result in yield losses of up to 100%. Despite the importance of these pathogens, current disease control is based on the suppression of the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*), which acts as an insect vector. Control strategies include a set of agricultural practices that combine efforts to achieve better results, as no single practice is highly effective on its own. Aiming to contribute to this set of recommendations, this thesis investigated the effects of the interaction between two corn hybrids and topdressing fertilization with nitrogen and potassium on the incidence of *D. maidis* and the symptoms expression under field conditions. In total, 18 treatments were tested in randomized blocks with six replications over two seasons. The leafhopper population was monitored throughout the vegetative period using yellow sticky traps. Two evaluations of symptoms were conducted: incidence at R₁ and severity at R₃. Plant integrity was assessed before manual harvesting to determine yield, and after, the ears were also evaluated and classified based on their quality. The visual scores of corn stunting were grouped and presented as frequency of occurrence, compared to the adopted vigor scale. Statistical analysis was performed using mixed models in R software. A total of 65,711 insects were collected in the first season and 33,781 in the second. The *D. maidis* population was not influenced by nitrogen or potassium, and no difference was observed between hybrids. Leafhopper density differed between seasons; however, the frequency and severity of symptoms were not proportional to the number of insects collected. Fertilization does not prevent plant infection but can limit symptom expression, especially under conditions of milder symptoms. Topdressing with potassium reduces the visual symptoms of corn stunting at R₃. Yield was not influenced by the nutrient rates and hybrids evaluated.

Keywords: corn leafhopper, *Zea mays*, mollicutes, insect vector, topdressing fertilization.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIC	Critério de Informação de Akaike
Al ³⁺	Alumínio trocável
B	Bloco; Elemento químico: Boro
BR	País: Brasil
<i>Bt</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i>
H+Al	Acidez potencial
Ca	Elemento químico: Cálcio
Ca ²⁺	Cálcio trocável
CaCl ²	Cloreto de Cálcio
CDF	Funções de distribuição cumulativa
CE	Comprimento da espiga
Cfa	Clima subtropical úmido
cm	Unidade de medida: centímetro
cm ³	Unidade de volume: centímetro cúbico
cmolc dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
C	Elemento químico: Carbono
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CSS	<i>Corn Stunt Spiroplasma</i>
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Elemento químico: Cobre
DAAF	Dias após a aplicação dos fertilizantes
DAE	Dias após a emergência
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMF	Espiga malformada
EMG	Espiga malgranada
EP	Erro padrão
et al.	<i>et alii</i> , e outros
Fe	Elemento químico: Ferro
g	Unidade de massa: grama
g dm ⁻³	Grama por decímetro cúbico

GDU	<i>Growing degree units</i> , graus de acúmulo de calor
g kg ⁻¹	Grama por quilo
g L ⁻¹	Grama por litro
GLMM	<i>Generalized Linear Mixed Model</i> , modelo linear generalizado misto
ha	Unidade de área: hectare
IC	Intervalo de confiança
K	Elemento químico: Potássio
K ⁺	Potássio trocável
KCl	Cloreto de potássio
kg	Unidade de massa: quilo gramas
kg ha ⁻¹	Quilo gramas por hectare
K ₂ O	Óxido de potássio
L	Unidade de medida: Litro; Linha de semeadura
L ha ⁻¹	Litros por hectare
LMM	<i>Linear Mixed Model</i> , modelo linear misto
log	Logaritmo natural
Ltda	Sociedade limitada
LVEf	Latossolo Vermelho Eutroférico
m	Unidade de medida: metro
m ²	Unidade de área: metro quadrado
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MBSP	<i>Maize bushy stunt phytoplasma</i>
Mg	Elemento químico: Magnésio
Mg ²⁺	Magnésio trocável
mg m ⁻³	Miligrama por metro cúbico
mg dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico
mL kg ⁻¹	Mililitro por quilo
mm	Unidade de medida: milímetro
Mo	Elemento químico: Molibdênio
MO	Matéria orgânica
MRFV	<i>Maize rayado fino virus</i>
N	Elemento químico: Nitrogênio

n	Número de amostras
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
NE	Número de espigas
NFG	Número de fileiras de grãos
P	Elemento químico: Fósforo
P	Probabilidade estatística
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i> , Reação em cadeia da polimerase
pH	Potencial de hidrogênio
PR	Unidade da Federação – Paraná
Prof.	Profundidade
P_2O_5	Pentóxido de difósforo
R^2	Coeficiente de determinação
R_x	Estádio de desenvolvimento: reprodutivo “x”
spp	Várias espécies
S	Ponto cardeal: Sul; Elemento químico: Enxofre
SB	Soma de bases
SC	Suspensão concentrada
SG	Granulado Solúvel
SMP	Extrator SMP de pH, <i>Shuffled Method</i>
S.A	Sociedade anônima
S/A	Sociedade anônima
t	Estatística do teste t de Student
t	Unidade de massa: tonelada
Temp.	Temperatura
$t\ ha^{-1}$	Tonelada por hectare
Trat.	Tratamento
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> , Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
V	Saturação por bases
V_x	Estádio de desenvolvimento: vegetativo “x”
VYH	Viptera + YieldGard® + Herculex
VYHR	Viptera + YieldGard® + Herculex + Roundup Ready

W	Ponto cardeal: <i>West</i> , Oeste
y	Variável dependente ou variável resposta
z	Estatística z
Zn	Elemento químico: Zinco
%	Porcentagem
°C	Unidade de temperatura: Graus Celsius
®	Marca registrada
°	Coordenadas: Grau
'	Coordenadas: minuto
”	Coordenadas: segundo
™	<i>Trademark</i> , marca comercial
<	Comparação: menor que
=	Comparação: igualdade
±	Margem de erro, incerteza
+	Soma, adição

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Dados meteorológicos registrados durante a condução do Experimento 1 (a) e Experimento 2 (b) na Estação Experimental da CortevaTM agriscience, Toledo, Paraná.....17
- Figura 2 - Acúmulo de graus dia (GDU) da data de semeadura até a data de florescimento de cada uma das safras agrícolas na Estação Experimental da CortevaTM agriscience, Toledo, PR.17
- Figura 3 - Croqui representativo do experimento e detalhe de uma unidade experimental (parcela). B = Bloco, L = Linha.....20
- Figura 4 - Esquema de instalação das armadilhas adesivas para coleta de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) em milho.23
- Figura 5 - Esquema de aferição da altura inicial (cm) e diâmetro do colmo (mm) das plantas de milho.23
- Figura 6 - Distribuição e predição da abundância de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) por parcela experimental durante a safra verão 2022/2023 e 2023/2024 em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.....30
- Figura 7 - Flutuação populacional de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) coletados semanalmente em armadilhas adesivas durante a safra verão 2022/2023 (a) e durante a safra verão 2023/2024 (b); * = aplicação dos fertilizantes; aplicações de inseticidas.....31
- Figura 8 - Presença de mollicutes em *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) coletados em diferentes estádios vegetativos do milho (*Zea mays*) na safra verão 2022/2023 (a) e 2023/2024 (b) em Toledo, PR.32
- Figura 9 - Predição dos teores de Nitrogênio (a) e Potássio (b) em amostras de folhas de milho (*Zea mays*) em função das doses de nutrientes em cobertura (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.34
- Figura 10 - Predição do incremento em altura de plantas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Potássio (kg ha^{-1}) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.....35
- Figura 11 - Distribuição e predição do incremento em diâmetro do colmo em diferentes safras agrícolas após a fertilização com nitrogênio e potássio em dois híbridos de milho (*Zea mays*). As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.....36

- Figura 12 - Predição da altura de plantas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.37
- Figura 13 - Predição da altura de inserção da espiga principal de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.....38
- Figura 14 - Relação entre a altura final de plantas de milho (*Zea mays*) e a altura de inserção de espiga (cm). Os pontos representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).38
- Figura 15 - Predição da altura de inserção da espiga principal de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) na safra 2022/2023 (a) e na safra 2023/2024 (b) em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.39
- Figura 16 - Predição da porcentagem de plantas assintomáticas (a) e com sintomas foliares (b) no estágio reprodutivo R₁ em dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.....40
- Figura 17 - Predição da porcentagem de plantas com sintomas severos no estágio reprodutivo R₁ em dois híbridos de milho (a) e em duas safras (b) em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) em cobertura, Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.42
- Figura 18 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta das plantas aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas.....44
- Figura 19 - Relação entre as notas de vigor (sintomas) de plantas de milho (*Zea mays*) e a abundância de cigarrinhas *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) por parcela. Os pontos representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).....45
- Figura 20 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta de dois híbridos de milho (*Zea mays*) aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas.46
- Figura 21 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta de dois híbridos de milho (*Zea mays*) submetidos a diferentes níveis de nitrogênio em cobertura aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas. 47
- Figura 22 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta de dois híbridos de milho (*Zea mays*) submetidos a diferentes níveis de potássio em cobertura aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas. 48

Figura 23 - Porcentagem de plantas íntegras em dois híbridos de milho (*Zea mays*) em duas safras (a), dois híbridos nas diferentes doses de N (b) e nas duas safras agrícolas e diferentes doses de K (c).50

Figura 24 - Relação entre a porcentagem de plantas íntegras de milho (*Zea mays*) no momento da colheita e escala de vigor (sintomas) das plantas no estágio reprodutivo R₃. Os pontos representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).51

Figura 25 - Distribuição e predição da porcentagem de plantas quebradas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.52

Figura 26 - Distribuição e predição da porcentagem de plantas acamadas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.52

Figura 27 - Distribuição e predição da porcentagem de espigas normais de dois híbridos de milho (*Zea mays*) (a), e a porcentagem de espigas normais em duas safras agrícolas (b) em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.55

Figura 28 - Distribuição e predição da porcentagem de espigas malformadas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.56

Figura 29 - Predição do número de espigas por planta de dois híbridos de milho em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.58

Figura 30 - Predição do número de fileiras de grãos por espiga de dois híbridos de milho em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.58

Figura 31 - Distribuição e predição da massa de mil grãos (g) de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.60

Figura 32 - Predição da massa de grãos por parcela (kg) de plantas de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.61

Figura 33 - Relação entre a produção de plantas de milho (*Zea mays*) e a abundância de cigarrinhas *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) por parcela. Os pontos

representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).....62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo na camada de 0 a 20 cm, realizada na área de implantação do experimento. Estação Experimental da Corteva TM agriscience, Toledo, PR, 2022.	18
Tabela 2 - Combinação de híbridos e doses de nitrogênio e potássio aplicadas em cobertura na cultura do milho (<i>Zea mays</i>), nas duas safras de condução dos experimentos em Toledo, PR.	19
Tabela 3 - Descrição do manejo fitossanitário realizado durante a condução da primeira época do experimento, safra 2022/2023 em Toledo, PR.	22
Tabela 4 - Descrição do manejo fitossanitário realizado durante a condução da segunda época do experimento, safra 2023/2024, em Toledo, PR.	23
Tabela 5 - Escala de avaliação do vigor visual (sintomas) usada para medir a resposta das plantas aos patógenos do milho transmitidos por <i>Dalbulus maidis</i> (Hemiptera: Cicadellidae), cigarrinha-do-milho.	25
Tabela 6 - Sumário do modelo linear generalizado misto (GLMM com distribuição binomial negativa, função de ligação log e aproximação de Laplace) para a abundância de <i>Dalbulus maidis</i> (Hemiptera: Cicadellidae) em função do híbrido de milho (<i>Zea mays</i>) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.	29
Tabela 7 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para os teores de Nitrogênio e Potássio em amostras de folhas de milho submetidas a diferentes doses de nutrientes em cobertura em duas safras.	33
Tabela 8 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para incremento em altura de plantas e no diâmetro do colmo em função do híbrido de milho e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.	35
Tabela 9 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para a altura final de plantas e altura de inserção da espiga principal em função do híbrido de milho (<i>Zea mays</i>) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras agrícolas.	37
Tabela 10 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para porcentagem de plantas assintomáticas e porcentagem de plantas com sintomas foliares; e do modelo linear generalizado misto (GLMM com distribuição gama, função de ligação log e aproximação de Laplace) para porcentagem de plantas com sintomas severos em função do híbrido de milho (<i>Zea mays</i>) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.	41
Tabela 11 - Resultados da determinação analítica (PCR) da contaminação de plantas de milho por MBSP e CSS no estádio reprodutivo R ₁ , e a avaliação visual dos sintomas de enfezamento em dois híbridos de diferentes doses de nitrogênio e potássio em cobertura, em duas safras agrícolas em Toledo, PR.	43

Tabela 12 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para porcentagem de plantas íntegras, porcentagem de plantas quebradas e porcentagem de plantas acamadas em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.49

Tabela 13 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para porcentagem de espigas normais, porcentagem de espigas malformadas e porcentagem de espigas malgranadas em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.54

Tabela 14 - Sumário do linear generalizado misto (GLMM com distribuição gaussiana, função de ligação log e aproximação de Laplace) para o número de espigas por planta, e dos modelos lineares mistos (LMM) para o número de fileiras de grãos por espiga e comprimento de espigas de milho (*Zea mays*) em função do híbrido e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.....57

Tabela 15 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para massa de mil grãos (g) e massa de grãos (kg) em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.....59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	A CULTURA DO MILHO	5
2.1.1	Exigências nutricionais	6
2.2	CIGARRINHA-DO-MILHO: <i>DALBULUS MAIDIS</i>	6
2.2.1	Origem, distribuição e aspectos bioecológicos	6
2.2.2	Importância econômica, danos e controle	8
2.3	COMPLEXO DE ENFEZAMENTO.....	10
2.4	SELEÇÃO HOSPEDEIRA	11
2.5	EFEITO DA NUTRIÇÃO DAS PLANTAS SOBRE OS INSETOS	13
2.6	NITROGÊNIO NAS PLANTAS.....	14
2.7	POTÁSSIO NAS PLANTAS	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1	DESCRIÇÃO DO LOCAL	16
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	18
3.3	IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO	20
3.4	APLICAÇÃO DOS FERTILIZANTES EM COBERTURA	22
3.5	PARÂMETROS AVALIADOS.....	22
3.5.1	Monitoramento da cigarrinha-do-milho	22
3.5.2	Avaliações do período vegetativo	23
3.5.3	Avaliações do período reprodutivo.....	24
3.5.4	Avaliações pré-colheita.....	25
3.5.5	Avaliações pós-colheita	26
3.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	FLUTUAÇÃO POPULACIONAL	29
4.2	TEORES FOLHARES DE N E K.....	33
4.3	ALTURA E DIÂMETRO	34
4.4	SINTOMAS DE ENFEZAMENTO	39
4.4.1	Frequência de sintomas em R ₁	39
4.4.2	Escala de vigor em R ₃	44
4.5	PRÉ-COLHEITA	48
4.6	PÓS-COLHEITA	53

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
6	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1 INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, desempenhando papel central na segurança alimentar, na economia e na geração de energia sustentável. Originário da América Central, este cereal é cultivado em mais de 70 países (DOWSWELL et al., 2020). O Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor mundial, alcançando uma produção anual de 124 milhões de toneladas, atrás apenas dos Estados Unidos e da China (USDA, 2024). Essa cultura destaca-se não apenas pela sua adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, mas também pela sua ampla versatilidade, sendo utilizada na alimentação humana e animal, bem como na produção de etanol, contribuindo significativamente para o agronegócio brasileiro.

Apesar da sua importância econômica, a cultura do milho enfrenta inúmeros desafios fitossanitários, dentre eles, a cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), emerge como uma das principais ameaças, especialmente em regiões tropicais e subtropicais (OLIVEIRA et al., 2022). Este inseto pode causar danos diretos à planta por meio da alimentação e oviposição, mas apresenta maior importância por ser vetor de fitopatógenos associados ao complexo de enfezamentos, como o enfezamento vermelho (*Candidatus Phytoplasma asteris*) e o enfezamento pálido (*Spiroplasma kunkelii*) (NAULT, 1980; WHITCOMB et al., 1986). Essas doenças, caracterizadas por perdas significativas na produtividade que podem chegar a até 100%, desafiam a sustentabilidade da produção de milho, especialmente em cenários com redução do período de entressafra (OLIVEIRA et al., 2003).

O manejo da cigarrinha-do-milho e dos enfezamentos representa um desafio técnico e científico significativo. O controle químico, amplamente utilizado por agricultores, tem demonstrado limitações, sobretudo em casos de altas infestações e em áreas onde o milho é cultivado de forma contínua (OLIVEIRA et al., 2017; NEVES et al., 2022). Além disso, a resistência genética dos híbridos comerciais ao complexo de enfezamentos ainda é insuficiente, exigindo o desenvolvimento de abordagens integradas que combinam controle químico, biológico, práticas culturais e o uso de híbridos mais tolerantes.

Para o desenvolvimento de uma estratégia de manejo integrado, é crucial compreender os efeitos da fertilização das culturas (HAN et al., 2019). No contexto do complexo de enfezamento, ainda são necessários mais estudos para entender como

a nutrição das plantas pode influenciar suas respostas fisiológicas, sua capacidade de tolerar ou reduzir os impactos dos sintomas destas doenças, ou ainda, como pode influenciar na população dos insetos vetores.

Sabe-se que a população de insetos sugadores de seiva pode ser influenciada pelo nível nutricional das plantas hospedeiras (PRICE, 1991). Por outro lado, nutrientes essenciais, como nitrogênio e potássio, desempenham papéis fundamentais em processos-chave, como o fortalecimento das paredes celulares, a regulação hormonal e a eficiência do sistema vascular, podendo assim contribuir para a redução dos impactos negativos associados à circulação de seiva comprometida pelos molicutes.

Portanto, é essencial um esforço conjunto para aprofundar o entendimento dessa problemática, considerando tanto os possíveis efeitos nos vetores quanto nos sintomas dos patógenos observados a campo.

Embora alguns estudos tenham investigado o efeito da nutrição de plantas sobre a população de *D. maidis* e a incidência de enfezamento (POWER, 1989; BASTOS et al., 2007; MELCHERT et al., 2023; VIRLA et al., 2023), os focos das pesquisas, os nutrientes testados e os resultados obtidos mostram-se inconsistentes entre os trabalhos, evidenciando a necessidade de estudos mais abrangentes e conclusivos.

Desta forma, considerando que plantas bem nutridas tem uma maior capacidade de suporte aos insetos pragas e às doenças, e levando em consideração a crescente importância da cigarrinha-do-milho e sua veiculação de patógenos nas últimas safras, a presente contribuição parte da hipótese de que diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicadas em cobertura podem influenciar a incidência de *D. maidis* e a expressão de sintomas associados ao complexo de enfezamento na cultura do milho. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre dois híbridos comerciais de milho e as doses de nutrientes, analisando seus efeitos na incidência de *D. maidis*, na expressão dos sintomas do complexo de enfezamento, no rendimento de grão e em demais características agrônômicas, contribuindo para a manutenção da produtividade em condições brasileiras de cultivo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea anual, originária da América Central e cultivada em cerca de 70 países (DOWSWELL et al., 2020). O Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor mundial deste cereal (124 milhões de toneladas), ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China (USDA, 2024). Esta cultura assume enorme importância econômica e social, desde a geração de empregos, alimentação animal, alimentação humana, produção de etanol e na indústria de alta tecnologia (DUARTE et al., 2021).

O Brasil possui condições edafoclimáticas que contribuem para o cultivo do milho em diversas regiões o ano todo, sendo a temperatura e a água fatores imprescindíveis para a essa cultura. As temperaturas ideais variam entre 25 e 30 °C enquanto a pluviosidade fica entre 400 e 600 mm durante todo ciclo, que no Brasil varia entre 110 e 160 dias (FANCELLI, 2015). Segundo estimativas da CONAB (2024), devem ser cultivados cerca de 20,3 milhões de hectares na safra 2024/2025, sendo os principais Estados produtores: Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás, que juntos concentraram 64% da área plantada e 70% da produção nacional na última safra. Essas condições favoráveis permitem o pleno desenvolvimento da planta, cuja estrutura morfológica peculiar contribui para seu sucesso como cultura.

O milho possui caule do tipo colmo, formado por nós e entrenós. Na parte superior desse sistema, as folhas constituem um limbo foliar largo, comprido e com uma resistente nervura principal, distribuídas de forma alternada ao longo do colmo. Apresenta sistema radicular fasciculado, robusto e profundo, e raízes adventícias que ajudam no suporte e absorção dos nutrientes. É uma planta monoica com flores femininas, espigas laterais e flores masculinas apicais em panícula (FANCELLI et al., 2004).

O desenvolvimento da cultura é dividido em duas grandes fases, vegetativo e reprodutivo, o primeiro iniciando com a emergência das plântulas (V_E) e na sequência sendo determinado pelo número de folhas expandidas (V_1 até V_N), fase que se estende até o pendoamento (V_T), no qual último ramo do pendão encontra-se totalmente visível, porém, os estilo-estigmas ainda não emergiram; já os estádios

reprodutivos (R₁ até R₅) são caracterizados pelo surgimento e desenvolvimento dos grãos na espiga, período que se estende até a maturação fisiológica (R₆) (RITCHIE et al., 1982). Durante todo o seu ciclo o milho está susceptível ao ataque de pragas e doenças, sendo as falhas de manejo importantes fatores limitantes da produtividade desta cultura (ANDREA et al., 2018).

2.1.1 Exigências nutricionais

Assim como as demais culturas, o milho requer vários nutrientes específicos em cada uma de suas etapas de desenvolvimento para a expressão de todo o seu potencial produtivo. Com relação à exportação de nutrientes, a maior exigência dessa cultura se refere ao nitrogênio (N) e ao potássio (K), seguidos de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P); sendo observado um aumento linear da exportação destes nutrientes com o aumento da produtividade (COELHO, 2006).

A recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho no estado do Paraná leva em consideração à cultura anterior e varia entre 20 e 340 kg ha⁻¹, dependendo também da produtividade de grãos esperada. As recomendações de adubação de P e K variam de acordo com os teores dos nutrientes do solo e em função da produtividade esperada, ficando entre 30 e 150 kg ha⁻¹ de pentóxido de difósforo (P₂O₅) e entre 20 e 190 kg ha⁻¹ de óxido de potássio (K₂O) (PAULETTI et al., 2019).

Apesar de menores, relativamente, o milho também requer vários micronutrientes para seu desenvolvimento e manutenção dos processos metabólicos, sendo os mais importantes em termos de extração: ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu) e molibdênio (Mo) (COELHO, 2006).

2.2 CIGARRINHA-DO-MILHO: *Dalbulus maidis*

2.2.1 Origem, distribuição e aspectos bioecológicos

A cigarrinha *D. maidis* tem sua distribuição geográfica restrita ao continente americano, sendo relatada do sul da América do Norte até a América do Sul. O México é considerado o centro de origem deste inseto, compartilhando a região de origem de suas plantas hospedeiras (NAULT et al., 1980; TRIPLEHORN et al., 1985; SANTANA et al., 2019). Além do milho e do seu ancestral teosinto, espécies do gênero *Tripsacum* também podem servir como hospedeiros para todo o ciclo biológico da cigarrinha *D.*

maidis (PITRE, 1970; SCOTT, 1981; TRIPLEHORN et al., 1985; BURCKHARDT et al., 2014), no entanto, estas espécies não ocorrem naturalmente no Brasil.

Desta forma, apesar de ser encontrada em diferentes espécies de plantas comumente observadas nas proximidades das lavouras de milho, a cigarrinha *D. maidis* utiliza estas apenas para abrigo em busca de proteção e alimento (SUMMERS et al., 2004; PINEDO-ESCATTEL et al., 2018; SABATO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020). Já foi observada a oviposição de *D. maidis* em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] (WAQUIL et al., 1999) e a emergência de ninfas em milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] (ISTCHUK et al., 2023), porém, a cigarrinha não completou o ciclo nestas espécies ou em outras plantas testadas em casa de vegetação, reforçando a dependência da presença de plantas de milho para a conclusão de seu ciclo biológico (ISTCHUK et al., 2023).

A cigarrinha-do-milho é ágil e pequena (3,7 a 4,3 mm), os machos menores do que as fêmeas, apresenta coloração amarelo palha, asas transparentes, antenas setáceas, duas fileiras de espinhos nas tíbias posteriores e aparelho bucal sugador labial (TRIPLEHORN et al., 1985; ZURITA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2004). Possui ainda duas pontuações enegrecidas no dorso da cabeça com o dobro do diâmetro dos ocelos, uma particularidade que a diferencia de outras cigarrinhas do mesmo gênero (WAQUIL et al., 1999).

Ao atingir a maturidade sexual, realiza postura na epiderme da folha (endofítica). Seu desenvolvimento embrionário é dependente da temperatura e leva entre seis e oito dias até a eclosão das ninfas, que passam por cinco estádios até a fase adulta, com duração entre 25 e 30 dias. Sua longevidade é de cerca de dois meses, período em que as fêmeas podem ovipositar mais de 600 ovos (WAQUIL et al., 1999; VAN NIEUWENHOVE et al., 2016). As ninfas e adultos se alimentam pela sucção de seiva do floema preferencialmente no cartucho das plantas de milho, podendo causar danos diretos, sobretudo sob condições de estresse hídrico (VIRLA et al., 2021).

O monitoramento da presença de cigarrinhas *D. maidis* em lavouras de milho usando armadilhas adesivas é comumente utilizado no campo por técnicos e produtores, tem sua acurácia confirmada (CARMO et al., 2025) e já foi utilizado por outros autores em diferentes pesquisas visando capturar as flutuações populacionais deste vetor (CANALE et al., 2018; FORESTI et al., 2022; CANALE et al., 2023).

A dinâmica populacional de *D. maidis* está intimamente ligada aos fatores climáticos, além da presença de seu hospedeiro principal (SANTANA et al., 2019; FORESTI et al., 2022; ISTCHUK et al., 2025). A temperatura ótima para o desenvolvimento desta espécie é estimada em 29 °C (FORESTI et al., 2022), sendo que este fator pode explicar até 88% da sua variabilidade biológica (CUNHA et al., 2023). Ao contrário da temperatura, a precipitação tende a influenciar negativamente a população de *D. maidis* (FORESTI et al., 2022), sendo que este inseto se favorece de baixa precipitação anual e estações chuvosas e secas bem definidas (SANTANA et al., 2019).

2.2.2 Importância econômica, danos e controle

A cigarrinha-do-milho tornou-se uma das principais pragas do milho na América Latina (OLIVEIRA et al., 2022), e seu aumento populacional vem sendo relatado desde a última década em quase todo o território brasileiro (OLIVEIRA et al., 2013). A expansão da área plantada, períodos de semeadura prolongados, múltiplas épocas de semeadura, adoção de campos irrigados e redução do período de entressafra, têm favorecido a multiplicação deste inseto, uma vez que a cigarrinha encontra seu hospedeiro durante praticamente todo o ano (OLIVEIRA et al., 2015).

Além dos danos diretos às plântulas de milho em decorrência da alimentação da seiva e oviposição, a cigarrinha *D. maidis* pode transmitir vários patógenos (EIGENBRODE et al., 2018; VIRLA et al., 2021). Dentre eles, o enfezamento vermelho (*Candidatus Phytoplasma asteris*), o enfezamento pálido (*Spiroplasma kunkelii*), a virose-da-risca (MRFV) e mosaico estriado do milho (Maize Striate Mosaic Virus) (NAULT, 1980; WHITCOMB et al., 1986; BEDENDO et al., 1997; LOPES et al., 2004; VILANOVA et al., 2022). O modo de transmissão dos enfezamentos é do tipo persistente, ou seja, ao adquirir o fitopatógeno o inseto passa a transmiti-lo até o fim da vida (WEINTRAUB et al., 2006). É classificado ainda como propagativo pois os molicutes se multiplicam no intestino médio do inseto, atingem a hemocèle, se multiplicam e circulam pela hemolinfa. Posteriormente, infectam as glândulas salivares e são injetados na planta em mistura com a saliva enquanto o inseto se alimenta no floema (GASPARICH, 2010; AMMAR et al., 2011; GARCÍA GONZÁLEZ et al., 2016).

As cigarrinhas são insetos hemimetábolos, ou seja, possuem metamorfose incompleta possibilitando que imaturos e adultos compartilhem o mesmo nicho ecológico. Desta forma, tanto as ninfas quanto os adultos são capazes de adquirir os

fitopatógenos associados ao complexo de enfezamentos, porém, as ninfas apresentam maior eficiência de aquisição devido ao longo período de latência dos molicutes no interior do inseto, sendo a fase adulta a que mais transmite as doenças (NAULT, 1980).

Apesar da importância destes patógenos, as medidas de controle destas doenças são baseadas na supressão do inseto vetor (PÉREZ-LÓPEZ et al., 2018). Tentativas de reduzir a população de *D. maidis* são inicialmente baseadas no controle químico, por meio do tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos e posteriormente com pulverizações em pós-emergência.

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), existem 24 produtos registrados para o tratamento de sementes, envolvendo apenas cinco combinações de ingredientes ativos distintos. Além disso, estão disponíveis 47 inseticidas, compostos por 26 combinações de diferentes ingredientes ativos. No entanto, mais de 80% desses produtos pertencem aos grupos químicos dos neonicotinóides, piretróides e organofosforados (AGROFIT, 2024). Segundo a mesma fonte, existem ainda dois fungos entomopatogênicos registrados para o controle desta cigarrinha [*Cordyceps (Isaria) fumosorosea* Wize e *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill.].

O nível de controle de *D. maidis* em milho é baseado na presença de insetos no campo e o período crítico de infecção da cultura vai de V_E até o estágio V₁₀, a depender da população dos vetores (RIBEIRO et al., 2018; ALVES et al., 2020; NEVES et al., 2022). Apesar do controle químico ser o mais utilizado pelos agricultores, alguns trabalhos indicam a ineficiência destes métodos de forma isolada (OLIVEIRA et al., 2017; SILVEIRA, 2020; NEVES et al., 2022) e estas estratégias parecem ter pouco efeito sobre a incidência de enfezamento (OLIVEIRA et al., 2017).

O sucesso do controle das pragas, especialmente de vetores, deve unir várias ferramentas de manejo que auxiliem na redução dos danos provocados por estes insetos. Neste sentido, a estratégia de controle da cigarrinha-do-milho deve englobar as práticas de monitoramento da presença da cigarrinha-do-milho, tratamento de semente, uso de controle biológico e químico, eliminação de plantas de milho tigueras, escolha de híbridos com maior tolerância genética, sincronização e redução da janela de plantio e cuidados durante a colheita e transporte para reduzir o número de plantas voluntárias na entressafra (ALVES et al., 2020).

2.3 COMPLEXO DE ENFEZAMENTO

Os enfezamentos na cultura do milho foram relatados pela primeira vez em 1945 no sul dos Estados Unidos (ALTSTATT, 1945). No Brasil, os primeiros casos ocorreram no início da década de 70 (COSTA et al., 1971; COSTA et al., 1973) sendo ainda consideradas doenças de importância secundária, sem causar grandes prejuízos à produção (COSTA et al., 1971). A partir das décadas de 80 e 90 a incidência dos enfezamentos aumentou em diferentes regiões do país, principalmente nos cultivos mais tardios (FERNANDES, et al., 1990), porém, ainda sendo negligenciadas por muito tempo até ocupar lugar de destaque devido a surtos epidêmicos e às perdas consideráveis causadas por esses patógenos (TOFFANELLI et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2022).

A redução de rendimento em decorrência dos enfezamentos pode chegar a até 100%, devido a danos severos que provocam redução do porte da planta e da área foliar, encurtamento de entrenós, redução da altura de inserção da espiga, formação de espigas múltiplas, pequenas e malformadas (OLIVEIRA et al., 2003; SABATO et al., 2013; VILANOVA, 2021; OLIVEIRA et al., 2022). Os sintomas do enfezamento vermelho e enfezamento pálido são muito parecidos, sendo que ambos acarretam os sintomas já citados, diferenciando-se apenas pelo sintoma foliar, uma vez que o enfezamento vermelho (MBSP) causa um intenso avermelhamento foliar, enquanto o enfezamento pálido (CSS) leva à formação de estrias cloróticas que iniciam da base para o ápice das folhas (NAULT, 1980; OLIVEIRA et al., 2004).

O estágio de infecção das plantas reflete na severidade dos sintomas, sendo os primeiros estágios de desenvolvimento os mais críticos quanto a susceptibilidade (NEVES et al., 2022), visto que os sintomas estão diretamente relacionados às alterações bioquímicas e fisiológicas causadas pela infecção por mollicutes, como descoloração devido a danos no cloroplasto e vermelhidão devido à produção de antocianinas (OLIVEIRA et al., 2022).

A dinâmica de dispersão de fitopatógenos transmitidos por vetores necessita que os insetos entrem em contato com plantas infectadas, possibilitando a aquisição desse organismo (período de aquisição) e posteriormente, interaja com plantas não infectadas para que a inoculação aconteça (período de acesso à inoculação). Entre estes dois períodos existe ainda o período de latência, que corresponde ao tempo que o fitopatógeno leva para se propagar dentro do inseto vetor até estar apto a ser

inoculado (OLIVEIRA et al., 2004b). Os trabalhos que avaliaram cada um destes períodos para cigarrinha *D. maidis* são todos dos anos 80 e 90 e citam que o período de latência varia de 17 a 23 dias para CSS e entre 22 e 28 dias para MBSP (NAULT, 1980; ALIVIZATOS et al., 1986; LEGRAND et al., 1994).

Devido a capacidade das cigarrinhas adquirirem e transmitirem os patógenos relacionados aos enfezamentos de maneira simultânea, o resultado observado são plantas em uma mesma lavoura apresentando sintomas de CSS, MBSP ou ainda infecções mistas (GALVÃO et al., 2021). A distribuição dos enfezamentos está também relacionada às condições ambientais, principalmente à temperatura, que pode interferir tanto na eficiência de transmissão quanto na severidade das doenças, que também está estreitamente ligada à carga de mollicutes na planta (SABATO et al., 2020; GALVÃO et al., 2021).

Segundo Cota et al. (2018), temperaturas noturnas acima de 17 °C e diurnas acima de 27°C favorecem uma multiplicação mais rápida dos mollicutes, tanto nas cigarrinhas quanto nas plantas de milho. De maneira geral, no Brasil, o desenvolvimento de MBSP nas plantas prevalece em regiões com temperaturas amenas e o de CSS em regiões mais quentes do país (GALVÃO et al., 2021). Analisando a progressão da ocorrência de plantas infectadas nas lavouras, observa-se o maior incremento entre V_{10} e V_T com um aumento contínuo até a maturação dos grãos (TOLOY et al., 2024).

2.4 SELEÇÃO HOSPEDEIRA

A seleção hospedeira é um processo particularmente importante para patógenos que dependem de insetos vetores para sua disseminação (MAUCK et al., 2016). Durante este processo de escolha o inseto utiliza-se de mecanismos sensoriais e comportamentais para identificar pistas visuais, olfativas, táteis e gustativas que indiquem uma planta adequada para sua alimentação e reprodução (POWELL et al., 2006; DÖRING, 2014;). Na relação entre o milho e a cigarrinha *D. maidis*, além destas características físicas e químicas presentes na maioria das plantas, esta ainda é afetada pelas modificações causadas pelos fitoplasmas, tanto nos vetores, quanto nas plantas (RAMOS et al., 2020).

Este processo de escolha pode ser dividido em três estágios, sendo eles, comportamento pré-pouso, contato inicial e avaliação da superfície foliar, e

comportamento alimentar (BACKUS, 1988; POWELL et al., 2006). Sempre que o estímulo adequado é alcançado, o próximo estágio é iniciado. Por outro lado, uma vez que o estímulo não é alcançado, o processo é finalizado e a planta abandonada, reiniciando todo o processo (POWELL et al., 2006).

Estudando *D. maidis*, Todd et al. (1990) descobriram que há uma interação entre estímulos visuais e olfativos durante a busca do hospedeiro. Houve uma forte resposta de orientação das cigarrinhas para luz amarela e verde quando houve a adição de voláteis de milho, por outro lado, não foram observadas diferenças quando o extrato de milho foi testado na ausência do estímulo luminoso. Neste mesmo sentido, Coll Aráoz et al. (2019) sugerem que *D. maidis* podem selecionar suas plantas hospedeiras com base nos compostos voláteis emitidos (linalol), e que o olfato desempenha um papel na seleção do hospedeiro, principalmente em curtas distâncias.

A resistência das folhas do milho é outro ponto a ser considerado neste processo de seleção, ainda mais se tratando de *D. maidis*, que pode ser afetado tanto durante a penetração do aparelho bucal, quanto do aparelho ovipositor. Durante as transições históricas de vida e domesticação do milho as suas resistências das folhas foram enfraquecidas, resultando em uma maior preferência para alimentação e oviposição nas espécies mais domesticadas (BELLOTA et al., 2013). Porém, sob condições de confinamento sem escolha, a resistência das folhas de forma isolada, não se mostrou uma barreira eficaz para alimentação e oviposição, incluindo as espécies perenes e selvagens do milho (BELLOTA et al., 2013; BELLOTA et al., 2018).

Por fim, como citado anteriormente, a interação entre *D. maidis* e milho não pode deixar de incluir a presença dos fitopatógenos relacionadas ao enfezamento, visto que ao promoverem mudanças fisiológicas e no desenvolvimento de suas plantas hospedeiras também podem provocar alterações no comportamento e desenvolvimento do vetor que terão impacto sobre seu próprio desempenho e disseminação, e consequentemente na epidemiologia da doença (MAUCK et al., 2016; EIGENBRODE et al., 2018). A atratividade de *D. maidis* (bacterilíferos e não bacterilíferos) por plantas de milho sadias e infectadas com fitoplasma é diferente durante a fase assintomática da infecção do milho em comparação com plantas infectadas com sintomas avançados (GARCÍA GONZALEZ et al., 2018). Existem ainda diferenças entre machos e fêmeas (bacterilíferas e não bacterilíferas) quanto a

seleção de hospedeiros, sendo que durante o estágio assintomático da infecção do milho, fêmeas bacterilíferas preferem folhas de plantas saudáveis, ampliando a complexidade do comportamento dos insetos em plantas de milho infectadas pelo fitoplasma (RAMOS, 2021).

2.5 EFEITO DA NUTRIÇÃO DAS PLANTAS SOBRE OS INSETOS

De forma geral, plantas que recebem altas doses de fertilizantes normalmente crescem mais rápido, produzem mais tecido foliar, tendem a apresentar um elevado teor de nutrientes nas folhas, e geralmente apresentam menores concentrações de compostos provenientes do metabolismo secundário envolvidos na resistência das plantas aos insetos (HARTVIGSEN et al., 1995). Além de influenciar a qualidade nutricional da planta, os fertilizantes podem afetar as populações de insetos pragas, aumentando as suas taxas de crescimento, desenvolvimento e sobrevivência, resultando em uma maior densidade de insetos em plantas fertilizadas em comparação com plantas não fertilizadas (HANOVER et al., 1993; HARTVIGSEN et al., 1995).

A fertilização com N pode ter efeitos significativos sobre a densidades populacionais insetos que se alimentam de seiva (PRESTIDGE, 1982; DOUGLAS, 2006), como pulgões e cigarrinhas, visto que pode levar ao aumento de aminoácidos livres que funcionariam como estímulo alimentar (PARRA, 1990), ou ainda causando uma redução do teor de lignina nas folhas, tornando o tecido vegetal mais macio (SALIM et al., 1991). Da mesma forma, a nutrição de plantas com K tem impacto em uma série de aspectos fisiológicos e processos bioquímicos que possuem relevância para a suscetibilidade das plantas à patógenos e insetos, sendo que na maioria dos casos a fertilização leva a uma redução na incidência de doenças (AMTMANN et al., 2008).

Diferentes autores analisaram o impacto dos fertilizantes na cultura do milho em relação às populações de *D. maidis*, e não há um consenso sobre o assunto. Enquanto Power (1989) verificou que a adubação com N não afeta a população de cigarrinha e nem a incidência de enfezamento nas plantas de milho, Bastos et al. (2007) observaram um aumento no número de cigarrinhas à medida que os teores de N, Enxofre (S), Ca e Cu nas folhas aumentaram. Por outro lado, Virla et al. (2023)

verificaram um aumento na população de cigarrinha duas semanas após a aplicação de N, não afetando a incidência de enfezamento, porém, reduzindo a severidade dos sintomas. Melchert et al. (2023) por sua vez, verificaram que a resposta olfativa das cigarrinhas fêmeas foi influenciada pela fertilização com N, visto que elas se orientaram para plantas com maiores níveis de fertilização, e estas plantas foram as mais escolhidas para oviposição.

2.6 NITROGÊNIO NAS PLANTAS

O N é um dos principais nutrientes para praticamente todas as culturas e para o milho, causando grande impacto no desenvolvimento e produtividade. Desempenha um papel fundamental na parte estrutural das plantas, atua como constituinte de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas e coenzimas, além de alguns pigmentos e produtos secundários, atuando em vários processos como a fotossíntese, respiração, sínteses em geral e multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006).

A adubação com N pode ser realizada com fertilizantes minerais e orgânicos, por meio da água da chuva (combinado com descargas elétricas) e pela fixação biológica (MALAVOLTA, 2006). Este nutriente é absorvido por fluxo de massa pelas raízes das plantas, sendo posteriormente reduzido à forma amoniacal e transformado em compostos orgânicos (MARSCHNER, 1995). Por ser o nutriente responsável pelo crescimento vegetativo, o suprimento de N reflete no índice de área foliar, na produção de gemas vegetativas, no perfilhamento e no teor de proteína dos grãos (MALAVOLTA, 2006). A redistribuição do N é facilmente realizada na planta, via floema, e consequentemente aparecem primeiramente nas folhas mais velhas (MENGEL et al., 2001).

A deficiência de N induz a redução da síntese de clorofila, interferindo diretamente nos mecanismos de fotossíntese e, consequentemente, reduzindo o crescimento vegetal (ANDRADE et al., 2003). No milho, as folhas apresentam amarelecimento que começa da ponta para a base das folhas ao longo da nervura central, podendo levar a necrose e morte dos tecidos em estágios avançados (COELHO et al., 1995).

2.7 POTÁSSIO NAS PLANTAS

O K é o segundo nutriente de maior exigência pelo milho, participando direta ou indiretamente de diversos processos bioquímicos das plantas. O K não faz parte de nenhum componente estrutural, sendo encontrado predominantemente na forma iônica de K^+ nos tecidos vegetais, retornando ao solo rapidamente após a senescência das plantas (PETTIGREW, 2008). Este nutriente tem ação fundamental no metabolismo vegetal, atuando na fotossíntese, translocação e armazenamento de carboidratos e açúcares, no controle da abertura e fechamento dos estômatos, contribuindo para a manutenção da água na planta, e como ativador de várias enzimas (MALAVOLTA et al., 1997; MEURER, 2006). Na cultura do milho, verificou-se o aumento do diâmetro do colmo com a adubação potássica, tornando as plantas mais resistentes ao acamamento e ao quebramento (KARLEN et al., 1987).

As plantas absorvem o K da solução, a qual é tamponada pelas formas trocáveis e prontamente disponíveis, não sofrendo alterações em sua forma no interior das plantas (MARSCHNER, 1995; CURI et al., 2005). Devido a sua mobilidade, o K é facilmente perdido pelas folhas e pelas raízes, e o conteúdo deste nutriente diminui com o avanço da idade da planta (MALAVOLTA, 2006).

A deficiência de K no milho é caracterizada por sintoma de clorose nas folhas mais velhas, começada das bordas para o centro da folha, seguida por necrose (FERREIRA, 2012). Devido ao carregamento insuficiente de sacarose no floema, a deficiência de K leva à redução do suprimento de sacarose para formar tecidos como sementes, grãos e frutos, podendo reduzir o tamanho dos internódios, a dominância apical e o crescimento das plantas (ERNANI et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

Os estudos foram realizados em condições de campo, na estação experimental da Corteva agriscience™ em Toledo, Paraná (24° 40' 21.30" S; 53° 45' 35.80" W) com altitude de 540 metros, durante a safra de milho verão 2022/2023 (Experimento 1) e 2023/2024 (Experimento 2). O solo da área classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico – LVef (SANTOS et al., 2018).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é o mesotérmico subtropical úmido (Cfa), com verões quentes, temperaturas médias acima de 24 °C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 17 °C. A precipitação média anual é de 1800 a 2000 mm (NITSCHKE et al., 2019). As informações meteorológicas do período correspondente à condução dos experimentos foram coletadas a partir de uma estação meteorológica automatizada da marca Davis (modelo Vantage Pro2), localizada a 400m de distância da área dos experimentos, e apresentadas na Figura 1.

Durante a primeira época de condução dos experimentos houve a precipitação de 865 mm, enquanto na segunda época a precipitação acumulada durante o ciclo da cultura foi de 860 mm. O volume e a distribuição da precipitação em ambos os experimentos foram adequados, não havendo nenhum momento crítico que exigisse o uso do sistema de irrigação (FANCELLI, 2015).

Apesar da precipitação total muito próxima nos dois experimentos, na safra 2022/2023 o maior volume se concentrou no final de fevereiro e início de março (R₁–R₂), com volumes constantes durante todo período de enchimento de grãos. Na safra 2023/2024, o maior volume de precipitação se concentrou no primeiro mês após a implantação da cultura, fato que, combinado com dias mais quentes resultou em um desenvolvimento inicial mais acelerado em comparação com o plantio anterior (Figura 2). Durante o final do enchimento dos grãos e maturidade fisiológica das plantas no segundo experimento houve uma redução no volume de precipitação resultando em uma redução mais acentuada da umidade dos grãos e colheita antecipada em relação ao primeiro experimento.

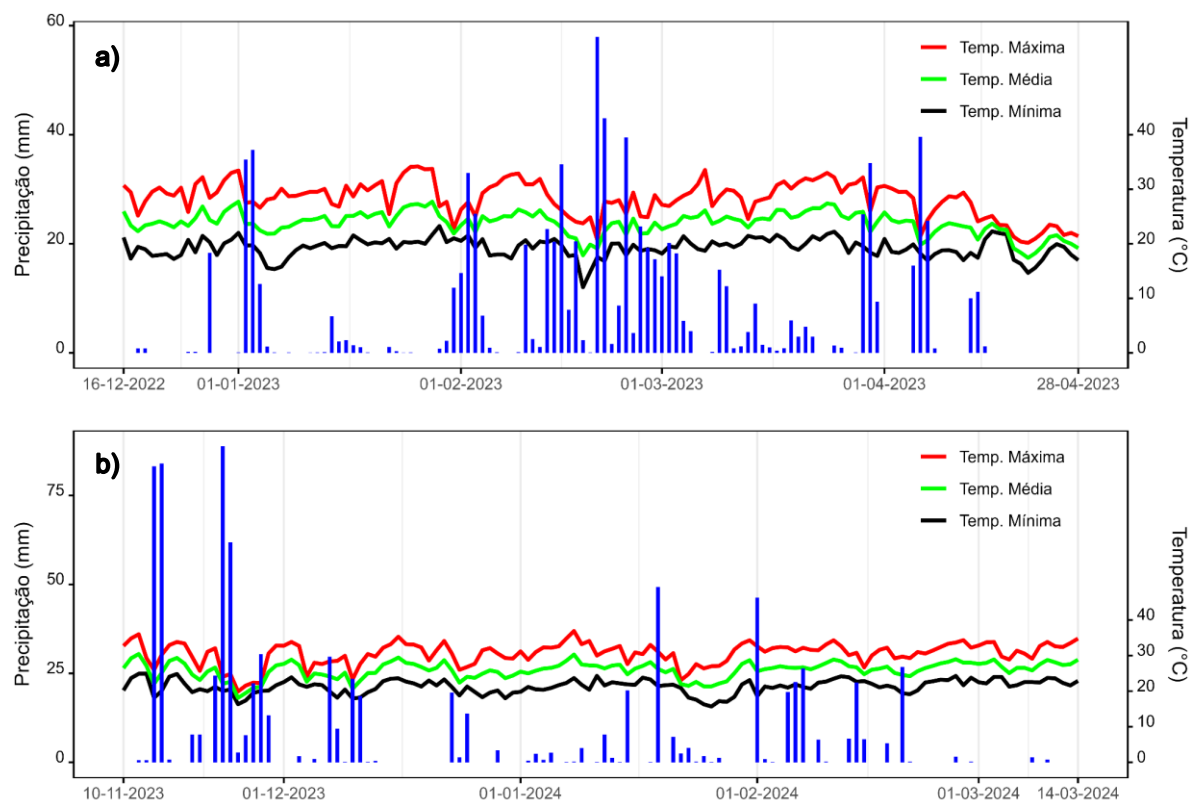


Figura 1 - Dados meteorológicos registrados durante a condução do Experimento 1 (a) e Experimento 2 (b) na Estação Experimental da CorteveTM agriscience, Toledo, Paraná.

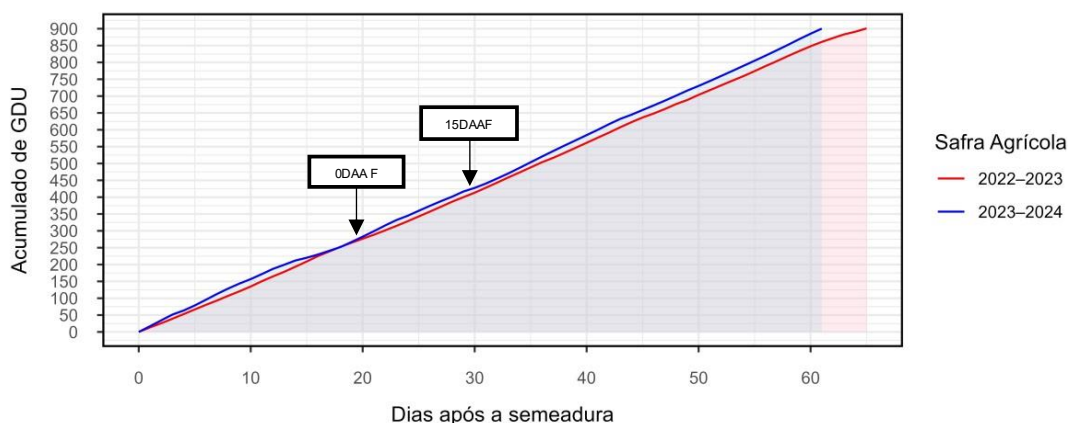


Figura 2 - Acúmulo de graus dia (GDU) da data de semeadura até a data de florescimento de cada uma das safras agrícolas na Estação Experimental da CorteveTM agriscience, Toledo, PR.

Em ambas as safras a cultura antecessora à implantação do experimento foi aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), utilizada com finalidade de cobertura verde.

Durante a semeadura e a condução dos experimentos, não havia outros plantios de milho nas proximidades, e a área estava livre de plantas voluntárias de milho.

O solo da área experimental foi coletado com auxílio de um trado tipo sonda e analisado para determinação de suas características físico-químicas antes da implantação do experimento (Tabela 1).

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo na camada de 0 a 20 cm, realizada na área de implantação do experimento. Estação Experimental da Corteva™ agriscience, Toledo, PR, 2022.

Prof. cm	P mg dm ⁻³	pH CaCl ₂	H+Al -----	Al ³⁺ -----	K ⁺ cmol _c	Ca ²⁺ dm ⁻³ -----	Mg ²⁺ -----	CTC -----	SB -----	S mg dm ⁻³
0-20	16,8	6,1	2,0	0,0	0,3	5,4	1,5	9,1	7,2	10,9
Prof. cm	V %	MO g dm ⁻³	Argila -----		Silte -----		Areia -----		g kg ⁻¹ -----	
0-20	78,2	32	651		175		174			

Prof.: profundidade. P e K – Extrator Mehlich⁻¹; Al, Ca e Mg – Extrator KCl 1 mol L⁻¹ H+Al – pH SMP (7,5). Análises realizadas no Laboratório Preciza.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios foram executados no esquema fatorial 2 × 3 × 3, sendo dois híbridos comerciais de milho (P3016VYHR e P3223VYH), três níveis de N aplicados em cobertura (zero, 50 e 100 kg N ha⁻¹) e três níveis de K aplicados em cobertura (zero, 40 e 80 kg K₂O ha⁻¹), totalizando 18 tratamentos (Tabela 2). Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com seis repetições, totalizando 108 parcelas. A escolha das doses de N e K foi realizada com base em um potencial produtivo de 7,5 t ha⁻¹ de grãos, e uma necessidade total (aplicação na semeadura + cobertura) de 100 a 120 kg ha⁻¹ de N e 50 a 70 kg ha⁻¹ de K₂O. A partir deste ponto, as doses de K₂O serão referidas apenas como doses de K, para fins de simplificação.

Tabela 2 - Combinação de híbridos e doses de nitrogênio e potássio aplicadas em cobertura na cultura do milho (*Zea mays*), nas duas safras de condução dos experimentos em Toledo, PR.

Trat.	Híbrido	Dose kg ha ⁻¹		Trat.	Híbrido	Dose kg ha ⁻¹	
		Nitrogênio	Potássio			Nitrogênio	Potássio
1	P3016VYHR	0	0	10	P3223VYH	0	0
2	P3016VYHR	50	0	11	P3223VYH	50	0
3	P3016VYHR	100	0	12	P3223VYH	100	0
4	P3016VYHR	0	40	13	P3223VYH	0	40
5	P3016VYHR	50	40	14	P3223VYH	50	40
6	P3016VYHR	100	40	15	P3223VYH	100	40
7	P3016VYHR	0	80	16	P3223VYH	0	80
8	P3016VYHR	50	80	17	P3223VYH	50	80
9	P3016VYHR	100	80	18	P3223VYH	100	80

Trat.: tratamento. Potássio – K₂O.

O híbrido P3016VYHR é exigente em fertilidade, apresenta ciclo precoce, altura média de plantas de 2,7 m, excelente qualidade de colmo e raiz e boa qualidade de grão. Em contrapartida, é susceptível à ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), mancha-branca (complexo microbiano) e cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*). O híbrido P3223VYH apresenta alta resposta à adubação, ciclo super precoce, altura média de 2,3 m, boa qualidade de colmo e raiz, ótima qualidade de grãos e sanidade foliar. Por outro lado, apresenta susceptibilidade moderada à mancha-branca e turcicum (*Exserohilum turcicum*). Ambos os híbridos são classificados como moderadamente susceptíveis ao complexo de enfezamento (Dados internos Corteva™ agriscience).

Cada unidade experimental correspondeu a uma área de quatro metros de largura (oito linhas) e cinco metros de comprimento, totalizando 20 m². Para as avaliações morfológicas foram utilizadas as seis linhas centrais (L2–L7), sendo as duas linhas das extremidades da parcela utilizadas apenas para coleta de tecido foliar. Entre os blocos três e quatro, foi adicionado um corredor de manejo utilizado para irrigação (conforme demanda) e pulverizações contendo oito linhas cultivadas com híbrido comercial diferente dos materiais testados. O mesmo híbrido também foi utilizado na bordadura externa do experimento (Figura 3).

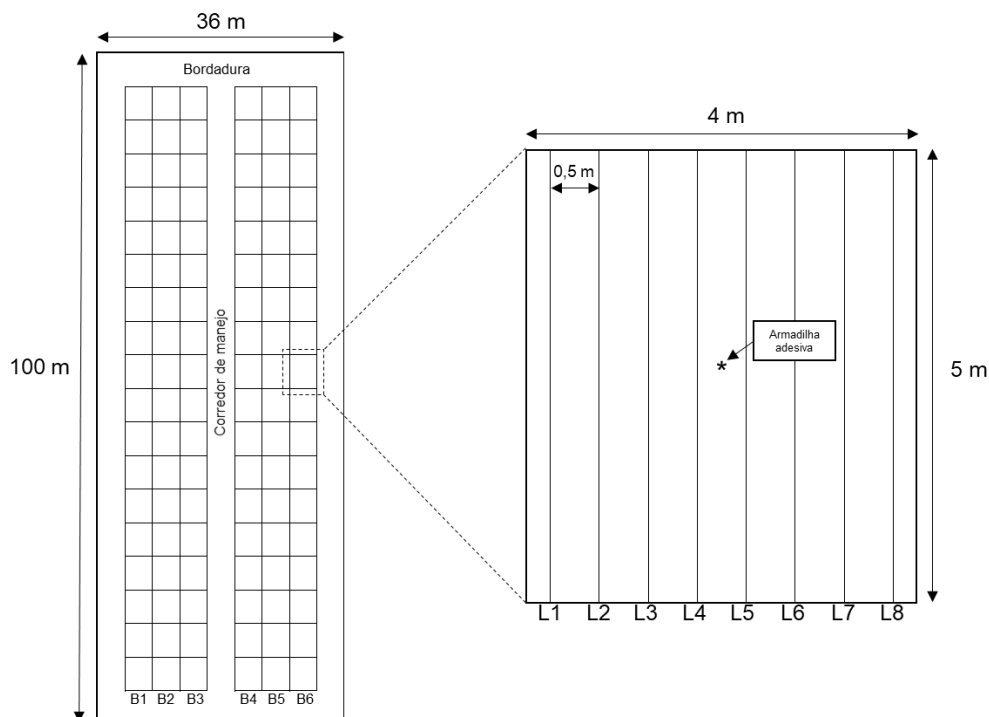


Figura 3 - Croqui representativo do experimento e detalhe de uma unidade experimental (parcela). B = Bloco, L = Linha.

3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

A semeadura foi realizada no dia 16 de dezembro de 2022 (Experimento 1), e no dia 10 de novembro de 2023 (Experimento 2). Em ambas as safras foram semeadas 70.000 sementes ha^{-1} para os dois híbridos testados. A semeadura foi realizada com semeadora adubadora de oito linhas, espaçamento de 50 cm entre linhas e com sistema para a semeadura de parcelas (SEEDPRO 360). Foi utilizado o tratamento industrial de sementes contendo os produtos: Dermacor® (Clorantraniliprole – 625 g L^{-1}) na dose de 48 mL kg^{-1} de sementes; Poncho® (Clotianidina – 600 g L^{-1}) na dose de 70 mL kg^{-1} de sementes; Rancona® (Epiconazole + 450 g L^{-1}) na dose de 0,056 mL kg^{-1} de sementes; e Maxim® XL (Fludioxonil + Metalaxil-M – 25 g L^{-1} + 10 g L^{-1}) na dose de 1,5 mL kg^{-1} de sementes. A adubação de base, independente do híbrido e adubação de cobertura (tratamento), foi realizada com 200 kg ha^{-1} do formulado Unifertil 07–39–06 (N, P_2O_5 e K_2O + Ca – 3,2%).

O manejo fitossanitário da cultura seguiu as recomendações da bula quanto ao número máximo de aplicações, dose e intervalo de segurança. As pulverizações foram realizadas com pulverizador autopropelido John Deere 4730, com barras de 36 m e

pontas adequadas para a vazão e classe dos produtos. A necessidade de aplicações foi avaliada tecnicamente em cada experimento, e o detalhamento encontra-se apresentado nas Tabelas 3 e 4. De maneira geral, em ambas as safras o controle das plantas daninhas com realizado em pré e pós-emergência da cultura e dos alvos; foram realizadas duas aplicações de fungicida por experimento, padronizando os produtos e épocas de aplicação.

Visando o controle de pragas foram realizadas 7 aplicações de inseticidas na primeira época e 6 aplicações na segunda. Além das aplicações em pós emergência, o tratamento de sementes com Poncho® apresenta efeito sobre a cigarrinha-do-milho nos primeiros dias após a emergência. As aplicações em cobertura foram realizadas visando o controle de percevejos (*Diceraeus* spp.) e de *D. maidis*. Em nenhuma das safras houve necessidade de realizar aplicações para *Spodoptera frugiperda* (Smith), visto que o nível de controle não foi atingido para as tecnologias *Bt* presentes nos híbridos testados.

Tabela 3 - Descrição do manejo fitossanitário realizado durante a condução da primeira época do experimento, safra 2022/2023 em Toledo, PR.

Classe	Ingrediente ativo (Concentração)	Marca comercial	Dose ¹	Fabricante	Estádio
Herbicida	S-Metolacoloro (960 g L ⁻¹)	Dual Gold®	1,75 L ha ⁻¹	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	Pré emergente
Inseticida	Sulfoxaflor (100 g L ⁻¹) + Lambda cialotrina (150 g L ⁻¹)	Expedition®	0,3 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	V _E
Inseticida	Acefato (970 g kg ⁻¹)	Perito®	1,2 kg ha ⁻¹	UPL do Brasil S/A	V ₁
Inseticida	Metomil (215 g L ⁻¹)	Lannate® BR	0,6 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	V ₃
Herbicida	Atrazina (500 g L ⁻¹) + Tembotriona (420 g L ⁻¹)	Atrazina 500 SC + Soberan®	3,0 L ha ⁻¹ + 0,25 L ha ⁻¹	Nortox S/A + Bayer S.A	V ₃
Inseticida	Sulfoxaflor (100 g L ⁻¹) + Lambda cialotrina (150 g L ⁻¹)	Expedition®	0,3 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	V ₄
Inseticida	Acetamiprido (250 g L ⁻¹) + Bifentrina (250 g L ⁻¹)	Sperto®	0,3 kg ha ⁻¹	UPL do Brasil S/A	V ₅
Inseticida	Bifentrina (50 g L ⁻¹) + Carbosulfano (150 g L ⁻¹)	Talisman®	0,7 L ha ⁻¹	FMC Corporation	V ₇
Fungicida	Trifloxistrobina (100 g L ⁻¹) + Tebuconazol (200 g L ⁻¹)	Nativo	0,75 L ha ⁻¹	Bayer S.A	V ₁₀
Inseticida	Metomil (215 g L ⁻¹)	Lannate® BR	0,6 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	V ₁₀
Fungicida	Picoxistrobina (90 g L ⁻¹) + Ciproconazol (40 g L ⁻¹)	Aproach® Power	0,8 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	R ₂

¹Dose do produto comercial.

Tabela 4 - Descrição do manejo fitossanitário realizado durante a condução da segunda época do experimento, safra 2023/2024, em Toledo, PR.

Classe	Ingrediente ativo (Concentração)	Marca comercial	Dose ¹	Fabricante	Estádio
Herbicida	S-Metolacoloro (960 g L ⁻¹)	Dual Gold®	1,75 L ha ⁻¹	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	Pré emergente
Inseticida	Acefato (970 g kg ⁻¹)	Perito®	1,2 kg ha ⁻¹	UPL do Brasil S/A	V _E
Inseticida	Sulfoxaflor (100 g L ⁻¹) + Lambda cialotrina (150 g L ⁻¹)	Expedition®	0,3 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	V ₁
Inseticida	Metomil (215 g L ⁻¹)	Lannate® BR	0,6 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	V ₃
Herbicida	Atrazina (500 g L ⁻¹) + Tembotriona (420 g L ⁻¹)	Atrazina 500 SC + Soberan®	3,0 L ha ⁻¹ + 0,25 L ha ⁻¹	Nortox S/A + Bayer S.A	V ₃
Inseticida	Acetamiprido (75 g L ⁻¹) + Fenpropatrina (112,5 g L ⁻¹)	Bold®	0,5 kg ha ⁻¹	IHARABRAS S.A	V ₅
Inseticida	Metomil (215 g L ⁻¹)	Lannate® BR	0,6 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	V ₇
Inseticida	Bifentrina (50 g L ⁻¹) + Carbosulfano (150 g L ⁻¹)	Talisman®	0,7 L ha ⁻¹	FMC Corporation	V ₉
Fungicida	Trifloxistrobina (100 g L ⁻¹) + Tebuconazol (200 g L ⁻¹)	Nativo	0,75 L ha ⁻¹	Bayer S.A	V ₁₀
Fungicida	Picoxistrobina (90 g L ⁻¹) + Ciproconazol (40 g L ⁻¹)	Aproach® Power	0,8 L ha ⁻¹	Corteva Agriscience do Brasil Ltda.	R ₂

¹Dose do produto comercial.

3.4 APLICAÇÃO DOS FERTILIZANTES EM COBERTURA

Para o fornecimento de N foi utilizado o produto formulado Sulfammo MeTA 29 (29% N, 4% Ca, 2% Mg, e 6% S). A adubação potássica foi realizada com Cloreto de Potássio (60% K₂O). Os níveis de fertilizantes testados foram previamente pesados na quantidade necessária para cada linha de plantio, e foram armazenados em sacos plásticos vedados até o momento da aplicação.

No estágio vegetativo V₃ (terceira folha com lígula visível), aproximadamente 15 dias após a semeadura, foram aplicados os níveis de fertilizantes em cobertura. A aplicação foi realizada individualmente (por fertilizante) com o auxílio de uma jarra dosadora, distribuindo a quantidade apropriada por linha de plantio e por parcela, sendo realizada das linhas mais externas e seguindo para o centro de cada parcela.

3.5 PARÂMETROS AVALIADOS

3.5.1 Monitoramento da cigarrinha-do-milho

O monitoramento da população de *D. maidis* foi realizado por meio de armadilhas adesivas instaladas no centro de cada parcela. Utilizou-se armadilhas comerciais BIOTRAP da marca Biocontrole. As armadilhas foram fixadas em estacas de madeira e a sua altura ajustada de acordo com a altura das plantas de milho (Figura 4). Semanalmente as armadilhas eram substituídas e a altura de instalação ajustada (se necessário). O monitoramento foi realizado durante todo o período vegetativo da cultura, iniciando em V_E até o pré florescimento. Ao todo foram realizadas sete coletas semanais em cada safra.

As armadilhas retiradas do campo foram envoltas em plástico filme transparente e transportadas ao laboratório para a quantificação das cigarrinhas coletadas. A contagem foi realizada com auxílio de lupa e marcador permanente. Em cada data de coleta, durante a contagem das cigarrinhas foram retiradas 10 amostras contendo um adulto de *D. maidis* para realização de análise molecular de reação em cadeia da polimerase (PCR), com o objetivo de verificar a presença de MBSP e CSS nos vetores.

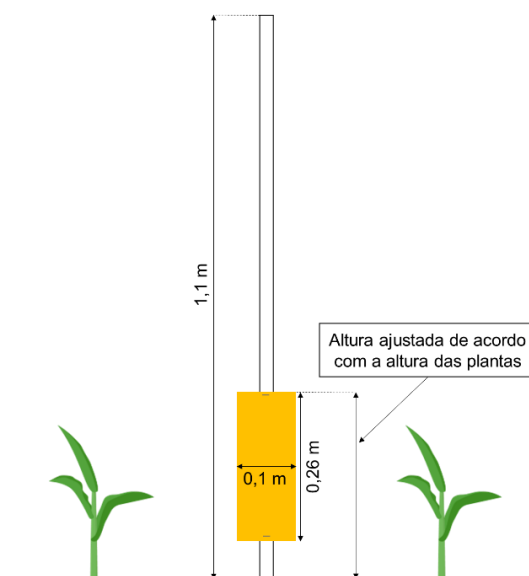


Figura 4 - Esquema de instalação das armadilhas adesivas para coleta de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) em milho.

3.5.2 Avaliações do período vegetativo

Foram realizadas duas aferições de altura inicial das plantas e diâmetro do colmo, uma no dia da aplicação dos fertilizantes (0DAAF) e a segunda 15 dias após a aplicação (15DAAF). Dez plantas foram avaliadas por parcela, cinco plantas sequenciais em cada uma das linhas centrais (L4 e L5). A altura de planta foi medida da superfície do solo até a folha mais nova com uma superfície paralela à superfície do solo. O diâmetro foi medido com paquímetro digital, acima do nível do solo, e considerando o maior diâmetro do colmo, conforme ilustrado na Figura 5.



Figura 5 - Esquema de aferição da altura inicial (cm) e diâmetro do colmo (mm) das plantas de milho.

Aos 15DAAF foram retiradas amostras foliares para a quantificação do teor de nutrientes. Foram coletadas 30 folhas por amostra composta, contendo 15 folhas de cada híbrido. A última folha com a bainha totalmente visível foi amostrada, sempre nas linhas mais extremas das parcelas (L1 ou L8). Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos de papel, identificadas e enviadas para o laboratório.

3.5.3 Avaliações do período reprodutivo

No estágio R₁ foram coletadas seis amostras foliares por parcela (totalizando 36 amostras por tratamento) com o objetivo de quantificar a presença de MBSP e CSS nas plantas via PCR. O terço médio da segunda folha abaixo do pendão foi utilizado para a amostragem. As amostras foram armazenadas em tubo Falcon® de 50 mL contendo álcool 98% e enviado posteriormente para o laboratório.

O sintoma visual do complexo de enfezamento foi avaliado em todas as plantas das seis ruas centrais da parcela (L2–L7). No estágio R₁ as plantas foram quantificadas quanto a presença de danos leves (sintomas foliares), sintomas severos (encurtamento dos entrenós) e presença de multiespigamento. Na segunda avaliação, realizada em R₃ foi atribuída uma nota de vigor (sintomas) para medir a resposta de cada planta aos patógenos transmitidos por *D. maidis* seguindo escala proposta por Neves et al. (2022), apresentada na Tabela 5.

A altura final das plantas e a altura de inserção da espiga principal foram mensuradas no estágio R₂, sendo avaliadas 20 plantas por parcela nas linhas L4 e L5. A medida do solo até a base da folha bandeira foi considerada como altura final da planta, enquanto a medida do solo até o entrenó de inserção da espiga principal foi considerada como altura da espiga. A altura de planta e altura de inserção de espiga foram realizadas nas mesmas plantas, em uma única operação.

Tabela 5 - Escala de avaliação do vigor visual (sintomas) usada para medir a resposta das plantas aos patógenos do milho transmitidos por *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), cigarrinha-do-milho.

Nota	Descrição do sintoma
1	Planta morta;
2	Sem desenvolvimento de espigas; sintomas mais graves que os da nota 3;
3	Sintomas severos, incluindo encurtamento de entrenós, desenvolvimento comprometido, proliferação ou malformação de espigas;
4	Encurtamento dos entrenós, vermelhidão ou amarelecimento das folhas, com proliferação e desenvolvimento anormal de espigas;
5	Planta com coloração avermelhada ou amarelada e encurtamento de entrenós; espiga com problemas de desenvolvimento;
6	Clorose, atraso no desenvolvimento das plantas e espigas malformadas;
7	Clorose foliar (avermelhada ou amarelada) e leve atraso no crescimento e desenvolvimento da planta;
8	Leve clorose nas folhas, sem afetar o crescimento das plantas e o desenvolvimento das espigas;
9	Planta sem sintomas de enfezamento.

3.5.4 Avaliações pré-colheita

Momentos antes da colheita quantificou-se o número total de plantas nas quatro linhas centrais (L3–L6), classificando-as quanto a sua integridade em: plantas quebradas, quando o colmo da planta estava quebrado em algum ponto abaixo da espiga principal; plantas acamadas, quando as plantas estavam inclinadas em um ângulo maior que 30% em relação ao solo, porém com o colmo íntegro; e plantas íntegras, quando não se enquadravam nos demais sintomas. As porcentagens de colmos quebrados, plantas acamadas e plantas íntegras foram estimadas com base no número total de plantas da área útil de cada parcela.

A colheita foi realizada manualmente após a maturação fisiológica em quatro linhas por parcela (L3–L6). Todas as espigas de todas as plantas, independentemente de sua condição foram retiradas, armazenadas, identificadas e posteriormente submetidas a secagem com ventilação forçada (secador de caixas). O número de

espigas (NE) por planta foi obtido dividindo-se o número de espigas colhidas pelo número de plantas existentes na área útil das unidades experimentais.

3.5.5 Avaliações pós-colheita

Primeiramente as espigas secas foram contadas e classificadas quanto a sua qualidade em: espigas malformadas (EMF) ou com problemas de polinização, quando as mesmas apresentavam poucos grãos, tamanho reduzido ou estavam retorcidas; espigas malgranadas (EMG), quando houve a polinização normal dos grãos, porém foi observado a presença de porções da espiga com grãos chochos, possivelmente relacionados a morte prematura das plantas; e espigas normais, quando a formação e enchimento das espigas não foram prejudicados. A porcentagem de espigas em cada uma das categorias foi estimada com base no número total de espigas da parcela.

Após a classificação das espigas, elas foram ordenadas e uma subamostra com 10 espigas foi retirada. As espigas foram escolhidas aleatoriamente com o auxílio da função “*ALEATÓRIOENTRE*” no Excel, que gerou 10 números aleatórios para cada parcela, a depender do número total de espigas.

A subamostra de espigas foi utilizada para a determinação da média do número de fileiras de grãos (NFG) por espiga e comprimento (CE) médio das espigas (cm), considerando a medida entre o primeiro até último grão polinizado.

Todas as espigas colhidas foram debulhadas utilizando debulhador elétrico de espigas individuais, da marca Agriculex (modelo SCS-2). A massa colhida de grãos foi obtida em balança analítica (kg) e foi determinada a umidade (%) usando analisador Ohaus modelo G610i. A massa de mil grãos (g) foi obtida a partir de uma subamostra contendo a quantidade exata de grãos. Todas as massas de grãos foram padronizadas para a umidade padrão de 13%, usando a fórmula a seguir:

$$\text{Massa corrigida (13\%)} = \text{Massa colhida} \times \frac{100 - \text{Umidade de colheita}}{100 - 13\%}$$

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os procedimentos, incluindo análises e figuras foram realizados utilizando o software R versão 4.2.2 e RStudio versão 2023.06.0 (R CORE TEAM, 2023). Para avaliar a distribuição dos dados de cada variável, foram ajustados modelos probabilísticos às distribuições normal, log-normal, gama, Poisson e binomial negativa (função *fitdist*, pacote *fitdistrplus*). Os ajustes foram avaliados visualmente por meio de histogramas sobrepostos às funções teóricas ajustadas e gráficos diagnósticos. A comparação dos ajustes foi realizada com base nas funções de distribuição cumulativa (CDF) teóricas (função *cdfcomp*, pacote *fitdistrplus*). As métricas de qualidade do ajuste, incluindo Critério de Informação de Akaike (AIC) e o Critério de Informação Bayesiano foram calculadas (função *gofstat*, pacote *fitdistrplus*), e os menores valores usados para identificar distribuição que melhor representou os dados.

Dependendo da distribuição dos dados, foram ajustados modelos lineares generalizados mistos ou modelos lineares mistos para as variáveis resposta (funções *glmer.nb*, *lmer*, *glmmTMB*; pacotes *lme4*, *glmmTMB*). Como preditores fixos, incluíram-se as variáveis Safra, Híbrido, Nitrogênio e Potássio, com interações de todas as combinações possíveis (Safra * Híbrido * N * K). Os blocos foram incluídos como efeito aleatório (1|Bloco) para considerar a variação entre blocos experimentais. Para a estimativa da abundância de *D. maidis*, além do bloco, as coletas semanais também foram incluídas como efeito aleatório no modelo (1|Semana/Bloco).

A singularidade dos efeitos aleatórios foi avaliada com a função *isSingular* (pacote *lme4*). A validação dos resíduos dos modelos foi realizada utilizando a função *simulateResiduals* (pacote *DHARMA*), que permite verificar as suposições fundamentais do modelo ajustado, incluindo normalidade, homoscedasticidade e independência dos resíduos.

As previsões dos modelos ajustados foram geradas utilizando a função *ggpredict* (pacote *ggeffects*) que calcula os valores preditos e os intervalos de confiança. As visualizações gráficas foram criadas com a biblioteca *ggplot2*. Nos casos em que houve efeito significativo de uma interação envolvendo os dois fatores quantitativos testados (dose de N e dose de K), superfícies de resposta foram utilizadas como visualização gráfica, estimando-se neste caso 100 valores intermediários para cada fator quantitativo (função *surf3D*, pacote *plot3D*).

As notas dos sintomas visuais do complexo de enfezamento foram agrupadas por tratamento e os valores individuais por planta foram apresentados na forma de frequência de ocorrência, com base no número total de plantas na área útil da parcela. Para fins de comparação entre grupos, as frequências de notas foram agrupadas por safra agrícola, híbrido, dose de N e dose de K. As categorias de notas de cada grupo foram confrontadas com a escala de notas proposta por Neves et al. (2022).

A correlação de Pearson e os valores de p foram calculados (função *rcorr*, pacote *Hmisc*) para algumas variáveis de interesse visando identificar associações significativas e a validação de hipóteses. Quando a correlação envolveu o número de cigarrinhas por parcela, utilizou-se o somatório de todas as coletas semanais na respectiva safra.

Sempre que necessário o arredondamento de casas decimais para a apresentação dos dados, foi utilizado o critério de arredondamento ao par mais próximo proposto pela Norma ABNT NBR 5891.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FLUTUAÇÃO POPULACIONAL

O monitoramento de *D. maidis* realizado por meio de armadilhas adesivas se mostrou efetivo para representar as flutuações populacionais desta praga ao longo do tempo conforme já destacado por outros autores (CANALE et al., 2018; FORESTI et al., 2022; CANALE et al., 2023). Houve diferença na abundância de *D. maidis* entre as duas safras, conforme apresentado na Tabela 6 e Figura 6.

O número absoluto de cigarrinhas coletadas durante a safra 2022/2023 (65.711) foi quase duas vezes superior em comparação ao número coletado durante o segundo experimento (33.781). O maior número de *D. maidis* coletadas durante o Experimento 1 pode estar relacionado a uma maior migração de insetos nesta safra e, ainda, às menores precipitações na fase inicial da cultura, que poderiam levar à redução da população de *D. maidis* (FORESTI et al., 2022).

Embora alguns trabalhos cite que a população de *D. maidis* em lavouras de milho apresenta seu pico em torno do estágio R₆ (OLIVEIRA et al., 2013; MENESES et al., 2016), no presente trabalho o monitoramento foi realizado até o florescimento da cultura, visto que este período compreende o mais susceptível da cultura em relação aos danos causados pelos patógenos do complexo de enfezamento (NEVES et al., 2022).

Tabela 6 - Sumário do modelo linear generalizado misto (GLMM com distribuição binomial negativa, função de ligação log e aproximação de Laplace) para a abundância de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.

Resposta (y)	Termo	Inclinação ± EP	z	P
Abundância de <i>Dalbulus maidis</i>	Intercepto	4,312 ± 0,191	22,536	<0,001
	Safra	-0,631 ± 0,02	-32,071	<0,001
	Híbrido	-0,015 ± 0,019	-0,778	0,437
	Nitrogênio	0,001 ± 0,001	0,250	0,802
	Potássio	0,001 ± 0,001	0,475	0,635

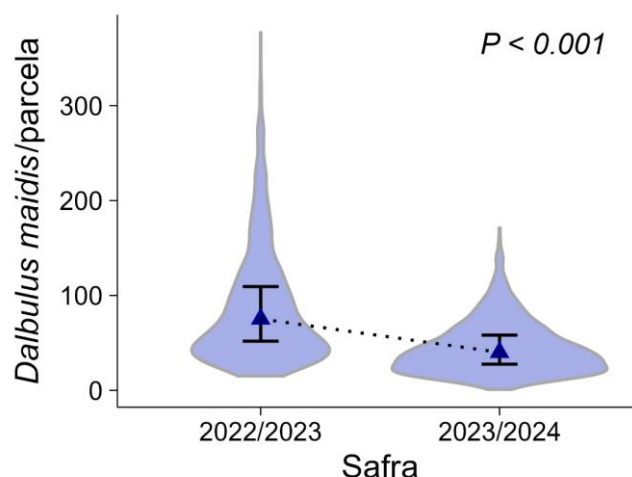


Figura 6 - Distribuição e predição da abundância de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) por parcela experimental durante a safra verão 2022/2023 e 2023/2024 em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.

Na primeira safra de condução do experimento, o pico de coleta de cigarrinhas aconteceu em V₉, enquanto na segunda safra esse pico foi observado em V₅ (Figura 7). A antecipação do pico populacional no Experimento 2 pode estar relacionada ao melhor desenvolvimento inicial das plantas em decorrência da maior precipitação e temperaturas mais elevadas. Este conjunto de fatores pode ter favorecido a atratividade das plantas, o estabelecimento das cigarrinhas migrantes e consequentemente o aumento populacional mais rápido na segunda safra de condução do experimento.

Por outro lado, a menor precipitação durante as primeiras semanas após o plantio na safra 2022/2023 pode ter contribuído para o aumento gradativo da população na fase inicial da cultura, resultando em um maior número de ninfas viáveis e adultos fecundos nas primeiras gerações. Em contraste, as chuvas observadas no segundo experimento podem ter reduzido a curva de aumento da população, resultando em uma redução e antecipação do pico populacional (SANTANA, et al., 2019; FORESTI et al., 2022).

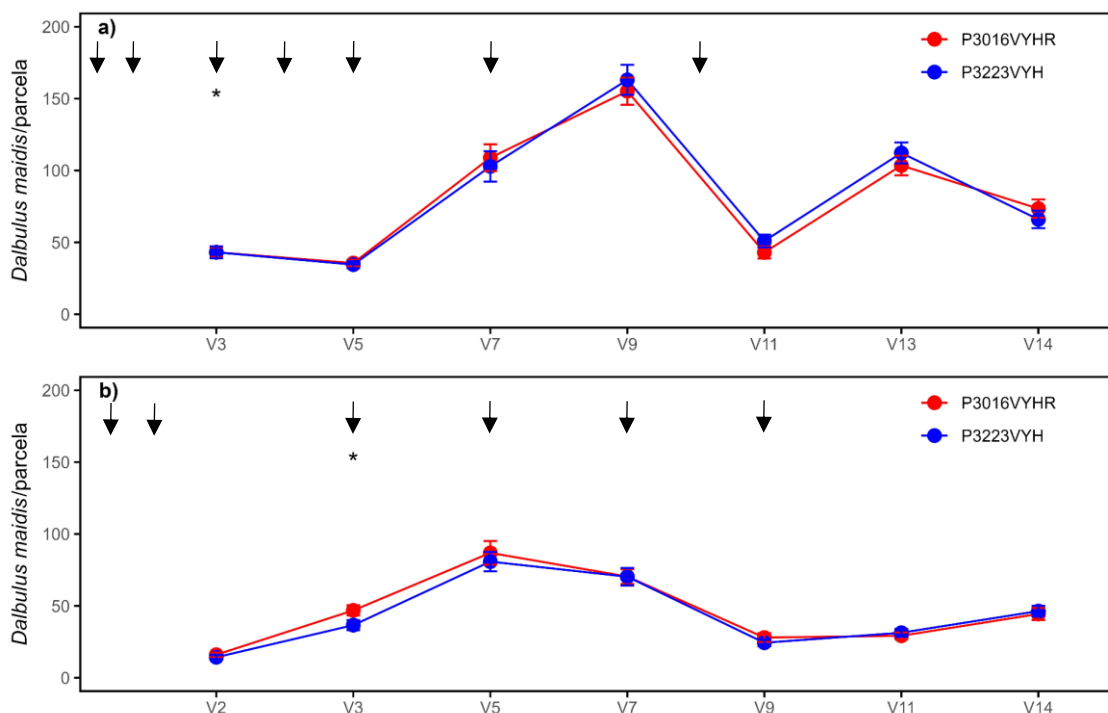


Figura 7 - Flutuação populacional de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) coletados semanalmente em armadilhas adesivas durante a safra verão 2022/2023 (a) e durante a safra verão 2023/2024 (b); * = aplicação dos fertilizantes; ↓ aplicações de inseticidas.

Mesmo considerando a habilidade da cigarrinha *D. maidis* em identificar plantas com diferentes níveis nutricionais, e ainda de ovipositar mais ovos em plantas que recebem uma maior fertilização prévia com N (MELCHERT et al., 2023), no presente trabalho, em condições de campo, não houve diferença na população de *D. maidis* nas parcelas de milho submetidas à diferentes níveis de N e K em cobertura, e entre os híbridos testados.

A alta população em cigarrinhas coletadas em ambas as safras pode ter mitigado as diferenças entre os tratamentos testados, visto que outros autores que estudaram o efeito da fertilização de plantas de milho com N reportaram um aumento populacional de cigarrinhas em plantas após a aplicação em cobertura (BASTOS et al., 2007; VIRLA et al., 2023).

A presença de molicutes nas cigarrinhas determinada por análise de PCR esta apresentada na Figura 8. Em ambas as safras a contaminação das cigarrinhas por MBSP foi superior à contaminação por CSS, confirmando os dados observados por outros autores que citam uma maior frequência de MBSP em regiões mais amenas do Brasil (GALVÃO et al., 2021). Em ambas as safras o pico de contaminação por

MBSP ocorreu em V₇, sendo de 50% na safra 2022/2023 e de 60% na segunda safra de condução do experimento. A maior frequência de fitoplasma em *D. maidis* observado em V₇ pode explicar o maior incremento de plantas infectadas entre V₁₀ e V_T relatado recentemente por Toloy et al. (2024).

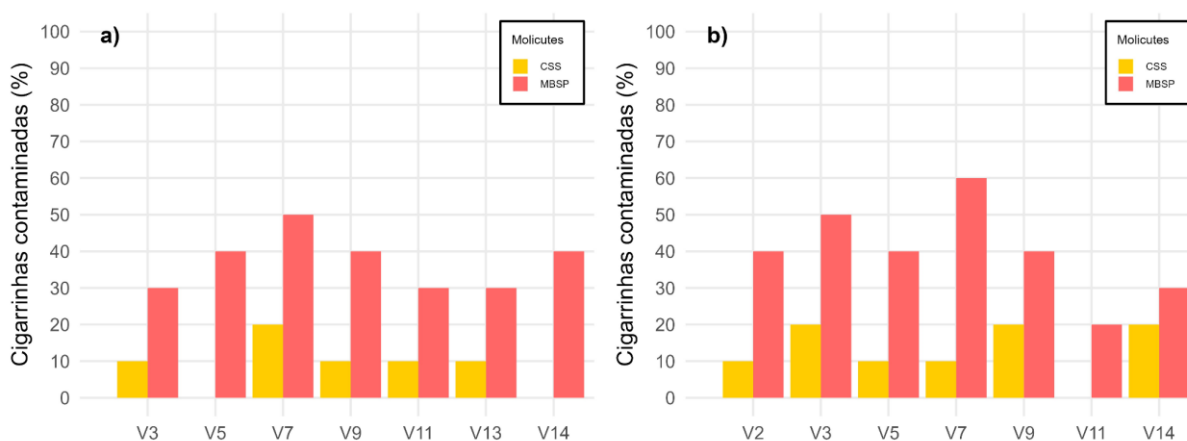


Figura 8 - Presença de mollicutes em *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) coletados em diferentes estádios vegetativos do milho (*Zea mays*) na safra verão 2022/2023 (a) e 2023/2024 (b) em Toledo, PR.

As cigarrinhas contaminadas no início de estabelecimento da cultura provavelmente são insetos que migraram após a colheita da safrinha, se reproduziram em plantas de milho tiguera, em outros plantios de milho verão ou silagem, ou ainda se abrigaram e sobreviveram por algum período em hospedeiros alternativos (OLIVEIRA, et al., 2013; ISTCHUK et al., 2025).

O pico de contaminação da cigarrinha-do-milho observado aproximadamente 35 DAE (V₇) possivelmente reflete a contaminação de novas gerações de cigarrinhas em plantas assintomáticas do próprio experimento, visto que as primeiras plantas contaminadas na lavoura passam a transmitir o MBSP para novas cigarrinhas com eficiência moderada a partir do quinto dia após sua inoculação (GARCÍA GONZALEZ et al., 2018).

Após esse período, a redução da porcentagem de cigarrinhas contaminadas provavelmente se deve a baixa representatividade da amostragem aliada ao aumento populacional devido a redução das aplicações de inseticidas para o controle dos vetores, e de novas gerações dos vetores, ou seja, decorrente da diluição das

cigarrinhas contaminadas na população, o que tende a aumentar até o momento da colheita (ISTCHUK et al., 2025).

4.2 TEORES FOLHARES DE N E K

Os teores de N e K em amostras de folhas de milho foram influenciados pela interação entre dose de nutrientes aplicados em cobertura e safra agrícola (Tabela 7). Para ambos os nutrientes, os teores folares 15DAAF foram superiores na safra 2022/2023 em comparação com 2023/2024 (Figura 9). Os menores teores foliares na segunda safra de condução do experimento pode ser um reflexo das maiores precipitações ocorridas nesta safra, o que pode ter aumentado a lixiviação dos fertilizantes e consequentemente reduzido a sua disponibilidade para as plantas.

Tabela 7 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para os teores de Nitrogênio e Potássio em amostras de folhas de milho submetidas a diferentes doses de nutrientes em cobertura em duas safras.

Resposta (y)	Termo	Inclinação $\pm$ EP	<i>t</i>	<i>P</i>
Teor de Nitrogênio	Intercepto	44,68 $\pm$ 1,10	40,632	<0,001
	Dose	0,078 $\pm$ 0,017	4,597	<0,001
	Safra	-3,838 $\pm$ 0,695	-5,519	<0,001
	Dose x Safra	-0,030 $\pm$ 0,011	-2,767	0,012
Teor de Potássio	Intercepto	42,283 $\pm$ 0,866	48,823	<0,001
	Dose	-0,002 $\pm$ 0,013	-0,129	0,899
	Safra	-7,979 $\pm$ 0,548	-14,567	<0,001
	Dose x Safra	0,027 $\pm$ 0,008	3,149	0,005

Nas duas safras e para os dois nutrientes estudados, houve um aumento dos teores foliares com o aumento das doses dos fertilizantes aplicados em cobertura, confirmando a eficácia da adubação de cobertura na melhoria da nutrição das plantas e a efetividade dos tratamentos testados. Independente da dose de N e K em cobertura, os teores foliares destes nutrientes estão dentro da faixa apropriada para o estágio de desenvolvimento da cultura do milho, que variam entre 28 e 35 g kg⁻¹ de N e entre 20 e 30 g kg⁻¹ de K (PAULETTI et al., 2019). Portanto, apesar das diferentes doses aplicadas, em nenhum dos casos as plantas apresentaram níveis deficientes nas folhas.

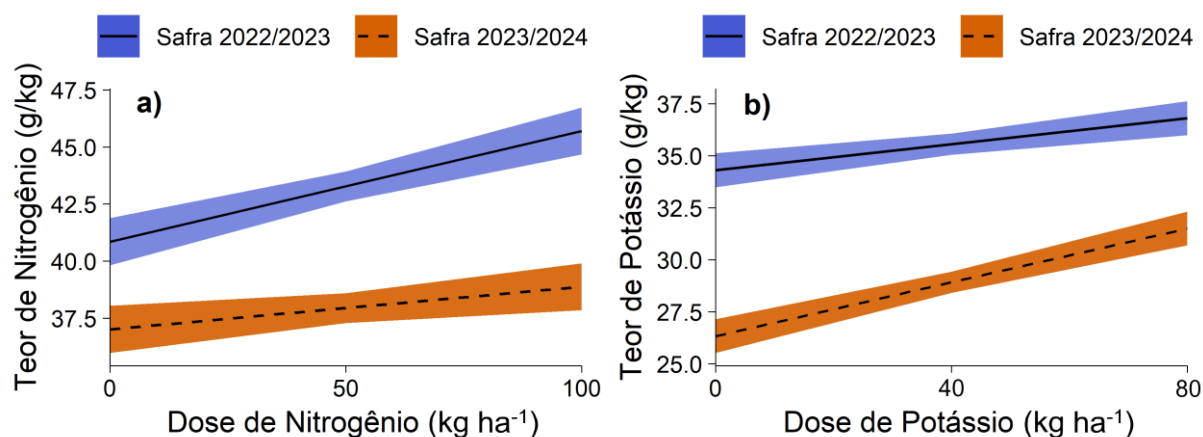


Figura 9 - Predição dos teores de Nitrogênio (a) e Potássio (b) em amostras de folhas de milho (*Zea mays*) em função das doses de nutrientes em cobertura (kg ha⁻¹) em duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.

4.3 ALTURA E DIÂMETRO

O incremento da altura inicial de planta entre 0DAAF e 15DAAF foi significativa para a interação entre os híbridos de milho testados e as doses de K em cobertura (Tabela 8). Os híbridos responderam de maneira distinta com relação ao incremento em altura nas diferentes doses de K. Enquanto o híbrido P3016VYHR apresentou um maior incremento nas maiores doses de K, o híbrido P3223VYH registrou os maiores incrementos nas menores doses de K em cobertura (Figura 10).

Levando em consideração que o K não apresenta nenhuma função estrutural nas plantas, a resposta distinta entre os híbridos pode estar ligada a características metabólicas específicas de cada híbrido, como a eficiência no uso de nutrientes, a capacidade de absorção de K pelas raízes ou o metabolismo energético. De maneira geral, o maior incremento observado no híbrido P3016VYHR reflete sua característica de maior altura final de planta.

Tabela 8 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para incremento em altura de plantas e no diâmetro do colmo em função do híbrido de milho e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.

Termo	Incremento em altura (y)			Incremento em diâmetro (y)		
	Inclinação $\pm$ EP	<i>t</i>	<i>P</i>	Inclinação $\pm$ EP	<i>t</i>	<i>P</i>
Intercepto	24,11 $\pm$ 0,9	26,782	<0,001	14,09 $\pm$ 0,358	39,42	<0,001
Safra	13,58 $\pm$ 1,106	12,282	<0,001	2,035 $\pm$ 0,501	4,062	<0,001
Híbrido	-3,357 $\pm$ 1,106	-3,036	0,002	-0,26 $\pm$ 0,501	-0,518	0,604
N	0,001 $\pm$ 0,012	0,101	0,92	-0,005 $\pm$ 0,005	-0,956	0,339
K	0,032 $\pm$ 0,015	2110	0,035	-0,004 $\pm$ 0,007	-0,516	0,606
Safra x Híbrido	-1,373 $\pm$ 1,563	-0,878	0,38	-0,101 $\pm$ 0,709	-0,142	0,887
Safra x N	-0,004 $\pm$ 0,017	-0,248	0,804	0,007 $\pm$ 0,008	0,910	0,363
Híbrido x N	-0,008 $\pm$ 0,017	-0,465	0,642	0,003 $\pm$ 0,008	0,348	0,728
Safra x K	-0,003 $\pm$ 0,021	-0,121	0,904	0,001 $\pm$ 0,01	0,099	0,921
Híbrido x K	-0,065 $\pm$ 0,021	-3,020	0,003	-0,007 $\pm$ 0,01	-0,765	0,444
Nitrogênio x K	-0,001 $\pm$ 0,001	-1,084	0,279	0,001 $\pm$ 0,001	0,394	0,694
Safra x Híbrido x N	0,031 $\pm$ 0,024	1,286	0,199	0,008 $\pm$ 0,011	0,729	0,466
Safra x Híbrido x K	0,052 $\pm$ 0,03	1,731	0,084	0,017 $\pm$ 0,014	1,265	0,206
Safra x N x K	0,001 $\pm$ 0,001	0,351	0,726	0,001 $\pm$ 0,001	0,193	0,847
Híbrido x N x K	0,001 $\pm$ 0,001	1,131	0,258	-0,001 $\pm$ 0,001	-0,079	0,937
Safra x Híbrido x N x K	-0,001 $\pm$ 0,001	-1,267	0,205	-0,001 $\pm$ 0,001	-0,397	0,692

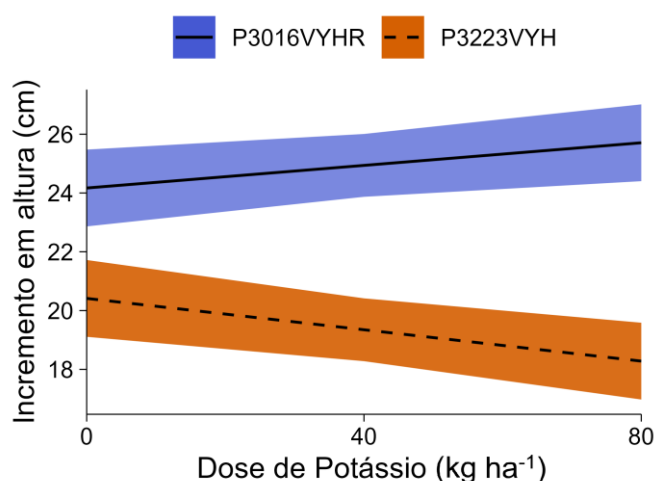


Figura 10 - Predição do incremento em altura de plantas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Potássio (kg ha^{-1}) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.

O incremento no diâmetro do colmo das plantas foi distinto entre as safras (Tabela 8). Na safra verão 2023/2024 o incremento médio do diâmetro foi superior em comparação ao da safra anterior, conforme apresentado na Figura 11. Provavelmente a diferença observada entre as safras está relacionada às diferenças climáticas durante a condução dos experimentos, principalmente com relação ao acúmulo de GDU, que foi levemente maior na segunda safra. As doses de N e K e o híbrido não influenciaram incremento no diâmetro do colmo das plantas 15DAAF.

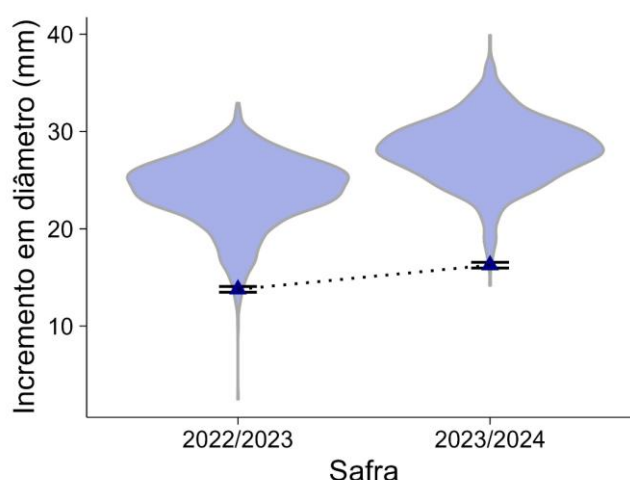


Figura 11 - Distribuição e predição do incremento em diâmetro do colmo em diferentes safras agrícolas após a fertilização com nitrogênio e potássio em dois híbridos de milho (*Zea mays*). As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.

A altura final das plantas realizada pós florescimento, e altura de inserção da espiga principal foram afetadas pela interação entre o híbrido de milho e as doses de N e K, sendo que a altura de inserção da espiga também foi influenciada pela interação entre safra, híbrido e dose de N (Tabela 9).

Plantas do híbrido P3016VYHR apresentaram maior altura quando submetidas a menores doses de N e K, enquanto as maiores plantas do híbrido P3223VYH foram as submetidas às menores doses de N e maiores doses de K em cobertura (Figura 12). As menores plantas do híbrido P3016VYHR foram às submetidas a dose de 100 kg ha⁻¹ de N e ausência de K, e do híbrido P3223VYH a ausência de fertilização em cobertura resultou em plantas menores. Apesar de ser uma característica genética, a altura de planta é muito susceptível a variações ambientais e épocas de semeadura

(ONER, 2024), ou ainda relacionadas ao reflexo dos sintomas de enfezamento devido ao encurtamento dos entrenós.

Tabela 9 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para a altura final de plantas e altura de inserção da espiga principal em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras agrícolas.

Termo	Altura de planta (y)			Inserção da espiga (y)		
	Inclinação $\pm$ EP	t	P	Inclinação $\pm$ EP	t	P
Intercepto	221,71 $\pm$ 1,816	122,07	<0,001	117,49 $\pm$ 1,323	88,79	<0,001
Saфра	6,965 $\pm$ 1,901	3,665	<0,001	15,87 $\pm$ 1,147	13,84	<0,001
Híbrido	-33,07 $\pm$ 1,901	-17398	<0,001	-17,99 $\pm$ 1,147	-15,68	<0,001
N	-0,089 $\pm$ 0,021	-4,284	<0,001	-0,061 $\pm$ 0,013	-4,831	<0,001
K	-0,066 $\pm$ 0,026	-2,528	0,011	-0,052 $\pm$ 0,016	-3,283	0,001
Saфра x Híbrido	-7,091 $\pm$ 2,688	-2,638	0,008	-1,724 $\pm$ 1,622	-1,063	0,288
Saфра x N	0,017 $\pm$ 0,029	0,575	0,566	0,024 $\pm$ 0,018	1,365	0,172
Híbrido x N	0,117 $\pm$ 0,029	3,961	<0,001	0,081 $\pm$ 0,018	4,550	<0,001
Saфра x K	0,051 $\pm$ 0,037	1,386	0,166	0,065 $\pm$ 0,022	2,914	0,004
Híbrido x K	0,039 $\pm$ 0,037	1,050	0,294	0,045 $\pm$ 0,022	2,044	0,041
Nitrogênio x K	0,001 $\pm$ 0,001	2,951	0,003	0,001 $\pm$ 0,001	3,750	<0,001
Saфра x Híbrido x N	-0,01 $\pm$ 0,042	-0,241	0,809	-0,05 $\pm$ 0,025	-2,005	0,045
Saфра x Híbrido x K	0,094 $\pm$ 0,052	1,812	0,070	0,001 $\pm$ 0,031	0,042	0,966
Saфра x N x K	-0,001 $\pm$ 0,001	-1,297	0,195	-0,001 $\pm$ 0,001	-1,496	0,135
Híbrido x N x K	-0,002 $\pm$ 0,001	-2,790	0,005	-0,001 $\pm$ 0,001	-4,005	<0,001
Saфра x Híbrido x N x K	0,001 $\pm$ 0,001	0,140	0,889	0,001 $\pm$ 0,001	1,695	0,090

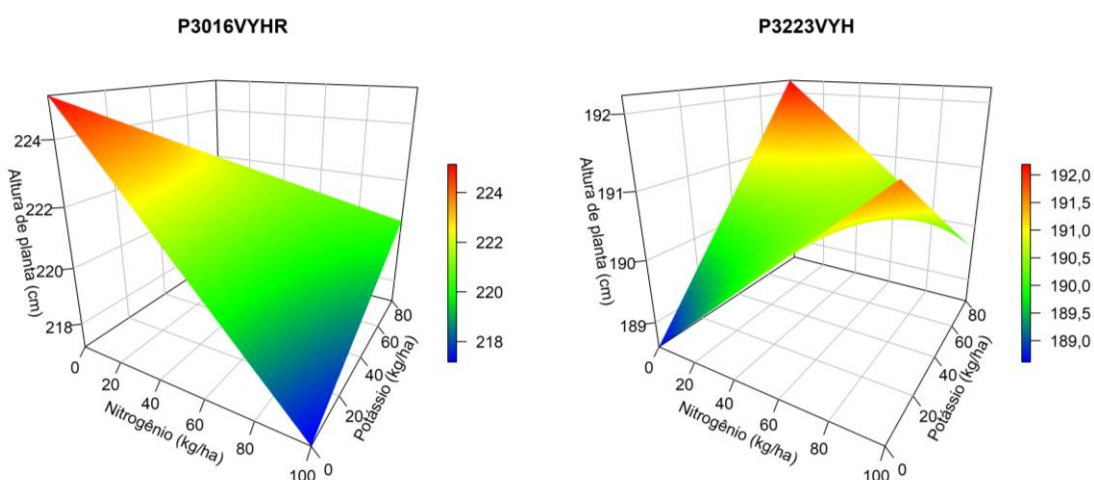


Figura 12 - Predição da altura de plantas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.

A interação entre altura de inserção de espiga e doses de N e K apresentou comportamento similar ao de altura de planta com relação aos valores máximos e mínimos observados (Figura 13). De fato, devido a características fisiológicas da planta estas duas variáveis são fortemente relacionadas, o que pode ser confirmado pela alta correlação de Pearson apresentada na Figura 14.

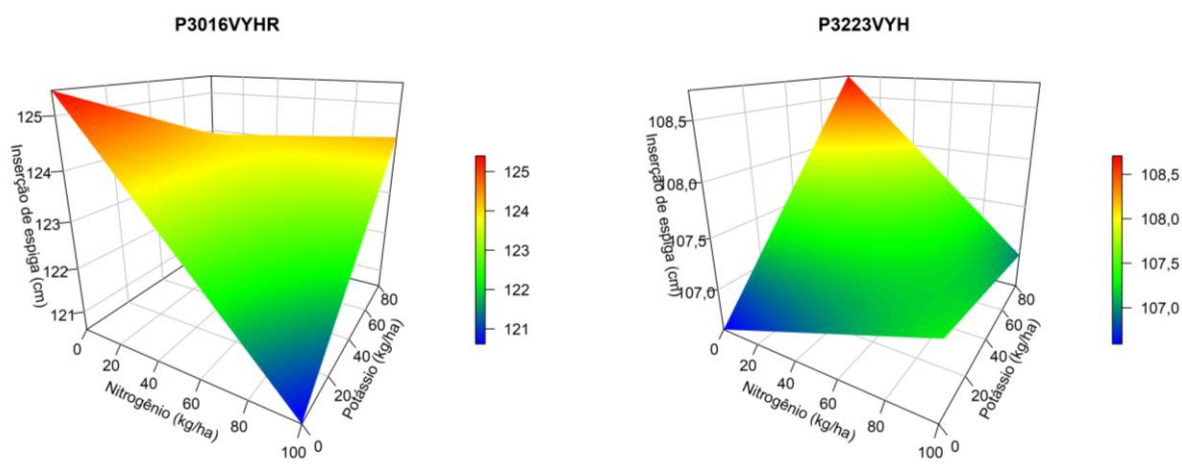


Figura 13 - Predição da altura de inserção da espiga principal de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.

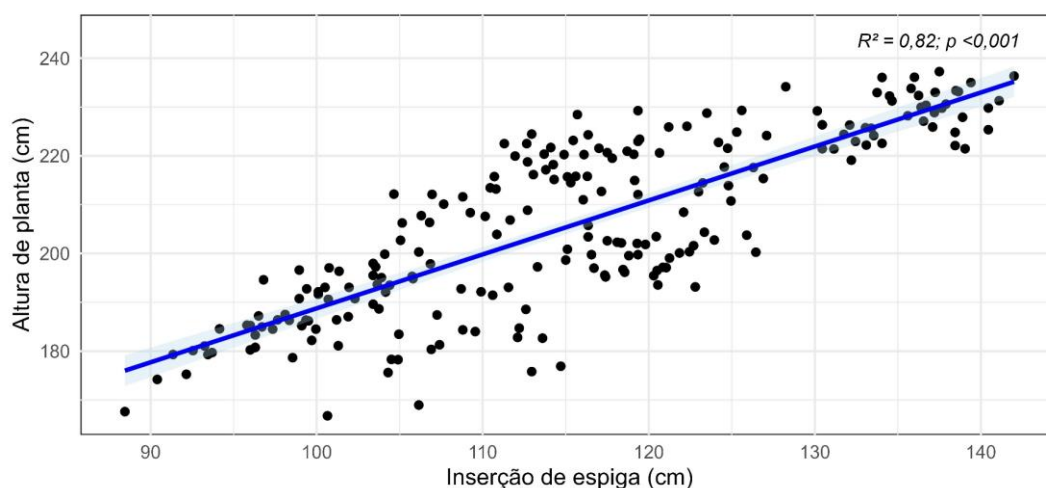


Figura 14 - Relação entre a altura final de plantas de milho (*Zea mays*) e a altura de inserção de espiga (cm). Os pontos representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).

O comportamento da altura de inserção de espiga dos híbridos testados foi similar nas duas safras de condução do experimento (Figura 15). De maneira geral,

houve uma redução na altura de inserção da espiga principal em plantas fertilizadas com maiores doses de N em cobertura, sendo que o híbrido P3016VYHR apresentou maior altura comparado ao híbrido P3223VYH, sendo essa uma característica ligada à genética dos híbridos.

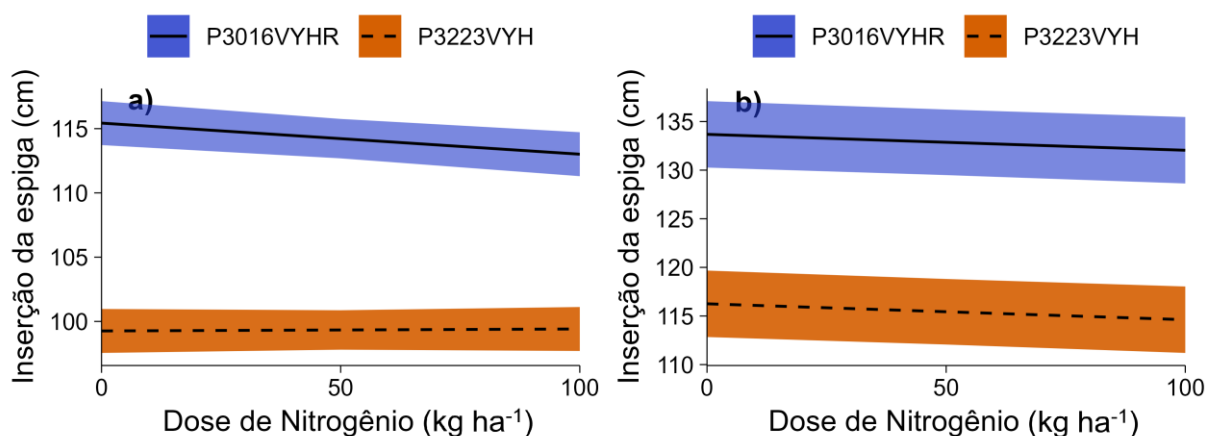


Figura 15 - Predição da altura de inserção da espiga principal de dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha⁻¹) na safra 2022/2023 (a) e na safra 2023/2024 (b) em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.

4.4 SINTOMAS DE ENFEZAMENTO

4.4.1 Frequência de sintomas em R₁

Em média 79 plantas foram observadas e classificadas quanto a presença de sintomas iniciais do complexo de enfezamento por parcela. A porcentagem de plantas assintomáticas e plantas com sintomas foliares foram afetadas pela interação entre safra agrícola e doses de N (Tabela 10).

Na ausência de N em cobertura, a porcentagem de plantas assintomáticas foi similar entre as safras, sendo que as doses crescentes deste nutriente ocasionaram um aumento de plantas assintomáticas na safra 2022/2023, e uma redução na porcentagem durante a safra 2023/2024 (Figura 16a). O mesmo comportamento entre as safras foi observado para a porcentagem de plantas com sintoma foliar (Figura 16b), sendo que na safra 2022/2023 houve uma redução na quantidade de plantas com sintomas foliares nas maiores doses de N, enquanto em 2023/2024 houve um aumento do número de plantas nesta categoria. A menor ocorrência de sintomas

observada na primeira safra pode estar relacionada aos maiores teores foliares de N após a aplicação dos fertilizantes nesta safra.

Na comparação entre as safras, as plantas de milho apresentaram menores frequências de sintomas foliares de enfezamento em R₁ durante a safra 2022/2023, apesar do maior número de cigarrinhas coletadas, sendo essa redução observada em todas as doses de N em cobertura. Na primeira safra de condução do experimento onde a frequência de sintomas leves foi menor, foi possível observar resultados similares aos de Virla et al. (2023), ou seja, uma redução dos sintomas aparentes de enfezamento em plantas que receberam adubação com N.

A ausência de relação direta entre a população de cigarrinhas e a incidência de sintomas de enfezamento também foi observada por outros autores (OLIVEIRA et al., 2023), porém, a exposição das plantas a um número maior de *D. maidis*, pode aumentar as chances da transmissão dos patógenos pelo aumento da probabilidade de uma cigarrinha contaminada se alimentar por tempo suficiente para a inoculação.

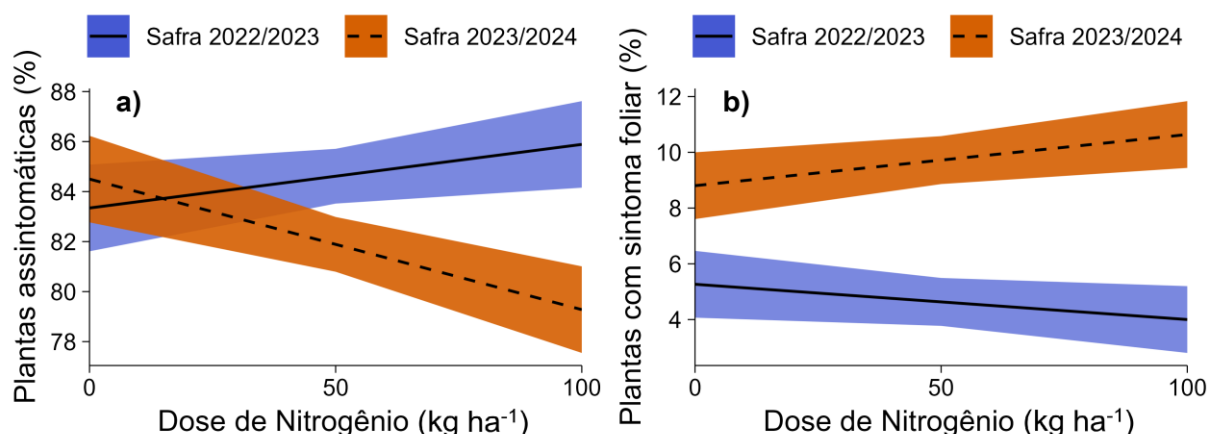


Figura 16 - Predição da porcentagem de plantas assintomáticas (a) e com sintomas foliares (b) no estágio reprodutivo R₁ em dois híbridos de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha⁻¹) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.

Tabela 10 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para porcentagem de plantas assintomáticas e porcentagem de plantas com sintomas foliares; e do modelo linear generalizado misto (GLMM com distribuição gama, função de ligação log e aproximação de Laplace) para porcentagem de plantas com sintomas severos em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.

Termo	Plantas assintomáticas (y)			Plantas com sintoma foliar (y)			Plantas com sintoma severo (y)		
	Inclinação ± EP	<i>t</i>	<i>P</i>	Inclinação ± EP	<i>t</i>	<i>P</i>	Inclinação ± EP	<i>z</i>	<i>P</i>
Intercepto	83,81 ± 1,388	60,390	<0,001	5,59 ± 0,903	6,141	<0,001	2,36 ± 0,118	19,942	<0,001
Safra	0,94 ± 1,963	0,479	0,633	2,997 ± 1,221	2,454	0,015	-0,455 ± 0,17	-2,669	0,008
Híbrido	2,24 ± 1,963	1,144	0,254	-1,24 ± 1,221	-1,015	0,311	-0,029 ± 0,172	-0,166	0,868
N	0,023 ± 0,022	1,070	0,286	-0,017 ± 0,013	-1,239	0,217	-0,001 ± 0,001	-0,365	0,715
K	-0,012 ± 0,027	-0,439	0,661	-0,007 ± 0,017	-0,423	0,673	0,002 ± 0,002	0,965	0,335
Safra x Híbrido	-0,993 ± 2,776	-0,358	0,721	0,203 ± 1,727	0,117	0,907	0,007 ± 0,248	0,028	0,978
Safra x N	-0,085 ± 0,03	-2,782	0,006	0,04 ± 0,019	2,103	0,037	0,005 ± 0,002	2,402	0,016
Híbrido x N	0,032 ± 0,03	1,037	0,301	0,024 ± 0,019	1,286	0,200	-0,01 ± 0,002	-4,662	<0,001
Safra x K	0,005 ± 0,038	0,142	0,887	0,014 ± 0,024	0,571	0,569	-0,002 ± 0,003	-0,632	0,528
Híbrido x K	0,032 ± 0,038	0,835	0,405	-0,001 ± 0,024	-0,025	0,980	-0,003 ± 0,003	-1,066	0,286
Nitrogênio x K	0,001 ± 0,001	0,146	0,884	0,001 ± 0,001	0,378	0,706	-1 ± 0,001	-1,086	0,278
Safra x Híbrido x N	0,05 ± 0,043	1,167	0,244	-0,048 ± 0,027	-1,795	0,074	0,002 ± 0,003	0,597	0,551
Safra x Híbrido x K	0,03 ± 0,054	0,555	0,580	-0,032 ± 0,033	-0,961	0,338	-0,003 ± 0,004	-0,675	0,499
Safra x N x K	0,001 ± 0,001	0,295	0,768	-0,001 ± 0,001	-0,599	0,550	0,001 ± 0,001	0,068	0,946
Híbrido x N x K	-0,001 ± 0,001	-0,256	0,798	-0,001 ± 0,001	-0,291	0,771	0,001 ± 0,001	0,611	0,541
Safra x Híbrido x N x K	-0,001 ± 0,001	-0,793	0,429	0,001 ± 0,001	0,958	0,339	0,001 ± 0,001	1,458	0,145

A frequência de plantas com sintomas visuais severos resultantes do complexo de enfezamento, como encurtamento dos entrenós, redução da altura de planta e presença de multiespigamento, foi influenciada pelos híbridos, doses de N e pela interação entre safras e doses de N (Tabela 10). Plantas de milho que receberam N em cobertura, independente da dose, apresentaram menor incidência de sintomas severos de enfezamento do que as plantas que não receberam essa adubação, sendo esta redução mais evidente no híbrido P3223VYH (Figura 17a).

Os sintomas severos de enfezamento (R_1) nas plantas que receberam 50 e 100 kg ha⁻¹ de N foram menores no híbrido P3223VYH em comparação com o P3016VYHR, evidenciando que a fertilização com N em cobertura potencializa a diferença dos genótipos quanto à presença de sintomas severos, facilitando a visualização de diferenças de susceptibilidade ao complexo de enfezamento neste estágio de desenvolvimento das plantas. De qualquer forma, a fertilização com N pode reduzir a quantidade de plantas de milho com sintomas visuais do complexo de enfezamento nos dois híbridos testados, confirmando resultados anteriores que estudaram essa relação (VIRLA et al., 2023), e somando aos resultados observados para os sintomas foliares em condições de menores frequências de sintomas.

Durante a safra 2023/2024, em comparação com o primeiro experimento, houve uma menor frequência de sintomas severos nas plantas que não receberam fertilização de N e nas plantas que receberam 50 kg ha⁻¹ em cobertura (Figura 17b). O comparativo entre as safras mostra mais uma vez que a redução dos sintomas de enfezamento nas plantas que receberam N ocorre especialmente em condições de menores frequências de sintomas (Experimento 1).

A determinação analítica da infecção das plantas por MBSP e CSS realizada via PCR em R_1 sugere uma elevada taxa de plantas com a presença de mollicutes, porém não apresentando sintomas visuais aparentes (Tabela 11). Esta subestimativa do número real de plantas afetadas por mollicutes também foi observada por outros autores, e se deve principalmente pela detecção prematura das plantas infectadas antes que os sintomas sejam visíveis (GARCÍA GONZALEZ et al., 2018; RAMOS et al., 2020; VIRLA et al., 2022).

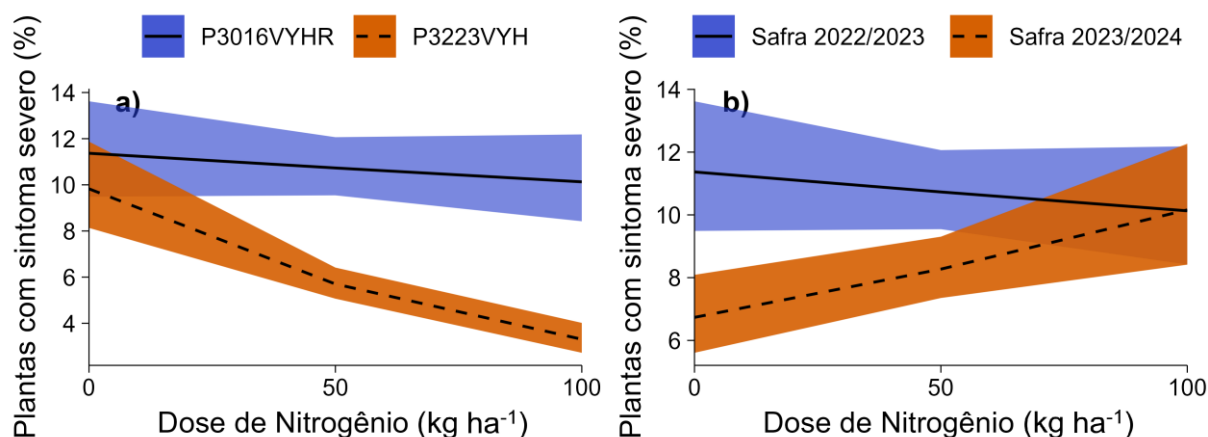


Figura 17 - Predição da porcentagem de plantas com sintomas severos no estágio reprodutivo R₁ em dois híbridos de milho (a) e em duas safras (b) em função da dose de Nitrogênio (kg ha⁻¹) em cobertura, Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.

A incidência de CSS e MBSP nas plantas com base na determinação analítica não foi afetada pelos níveis de fertilização e pelos híbridos de milho testados. Visto que não houve efeito da fertilização sobre a colonização das parcelas, presume-se que as cigarrinhas infectivas colonizaram as parcelas de maneira similar e aleatória. Este ponto, somando à alta população de cigarrinha nas duas safras, bem como pela capacidade desses vetores de se alimentarem e, conseqüentemente infectarem múltiplas plantas de milho ao longo do ciclo, pode explicar os resultados obtidos.

Tabela 11 - Resultados da determinação analítica (PCR) da contaminação de plantas de milho por MBSP e CSS no estádio reprodutivo R₁, e a avaliação visual dos sintomas de enfezamento em dois híbridos de diferentes doses de nitrogênio e potássio em cobertura, em duas safras agrícolas em Toledo, PR.

Tratamento			Safr 2022/2023						Safr 2023/2024							
			PCR (%)			Estimativa visual (%)			PCR (%)			Estimativa visual (%)				
Híbrido	N	K	<i>n</i>	MBSP	CSS	Plantas afetadas	<i>n</i>	Com sintomas	Sem sintomas	<i>n</i>	MBSP	CSS	Plantas afetadas	<i>n</i>	Com sintomas	Sem sintomas
P3016VYHR	0	0	36	47	31	69	480	17	83	36	67	36	75	526	15	85
P3016VYHR	50	0		56	25	64	493	13	87		83	42	94	528	21	79
P3016VYHR	100	0		50	33	72	485	18	82		78	42	83	532	20	80
P3016VYHR	0	40		47	39	72	509	19	81		72	44	86	529	14	86
P3016VYHR	50	40		44	36	67	505	15	85		83	39	92	529	16	84
P3016VYHR	100	40		47	25	58	473	14	86		81	42	86	531	23	77
P3016VYHR	0	80		50	33	61	490	17	83		89	42	97	534	17	83
P3016VYHR	50	80		56	25	72	466	17	83		81	42	97	526	19	81
P3016VYHR	100	80		53	36	67	488	14	86		72	39	83	523	19	81
P3223VYH	0	0		50	33	64	409	12	88		69	42	81	494	14	86
P3223VYH	50	0		47	31	69	417	10	90		75	42	92	489	14	86
P3223VYH	100	0		50	33	64	416	9	91		78	42	83	488	13	87
P3223VYH	0	40		53	36	69	411	11	89		67	47	78	483	11	89
P3223VYH	50	40		44	36	67	389	10	90		78	39	81	478	12	88
P3223VYH	100	40		47	28	61	395	8	92		81	36	86	487	10	90
P3223VYH	0	80		47	36	69	405	11	89		75	42	89	488	9	91
P3223VYH	50	80		53	28	64	387	10	90		72	42	86	487	13	87
P3223VYH	100	80		50	28	67	381	7	93		72	33	81	482	12	88

4.4.2 Escala de vigor em R₃

Apesar do maior número de adultos de *D. maidis* coletados durante a condução do primeiro experimento, a severidade dos sintomas do complexo de enfezamento em R₃ foi inferior nesta safra (Figura 18), reforçando que os danos causados por patógenos de plantas transmitidos por vetores, não são necessariamente proporcionais ao tamanho da população de insetos, mas sim à taxa de infectividade da população de vetores (GOODWIN et al., 1999; TOFFANELLI et al., 2002; CUNHA et al., 2023).

Neste sentido, o nível de dano econômico e o nível de controle dos insetos vetores não podem ser determinados com base na abundância populacional destes vetores. Na segunda safra, por exemplo, apesar da menor população de cigarrinhas coletadas, a severidade dos sintomas foi maior, o que reforça a necessidade de controle efetivo dos vetores independentemente da densidade populacional. Analisando a correlação de Pearson entre as notas de vigor das plantas em função da população de cigarrinhas, confirma-se o aumento da escala de vigor (redução da severidade) com o aumento do número de cigarrinhas coletadas, considerando as duas safras de condução dos experimentos (Figura 19).

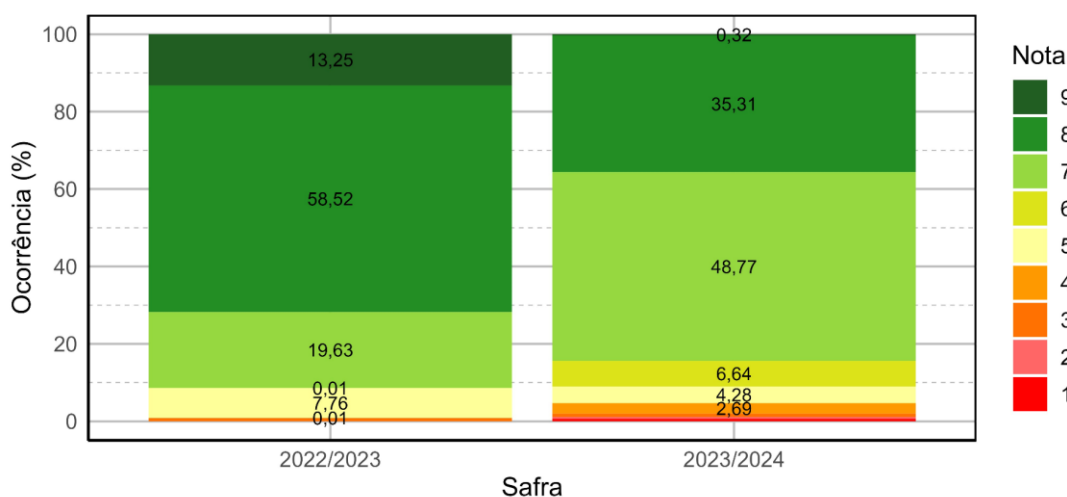


Figura 18 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta das plantas aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas.

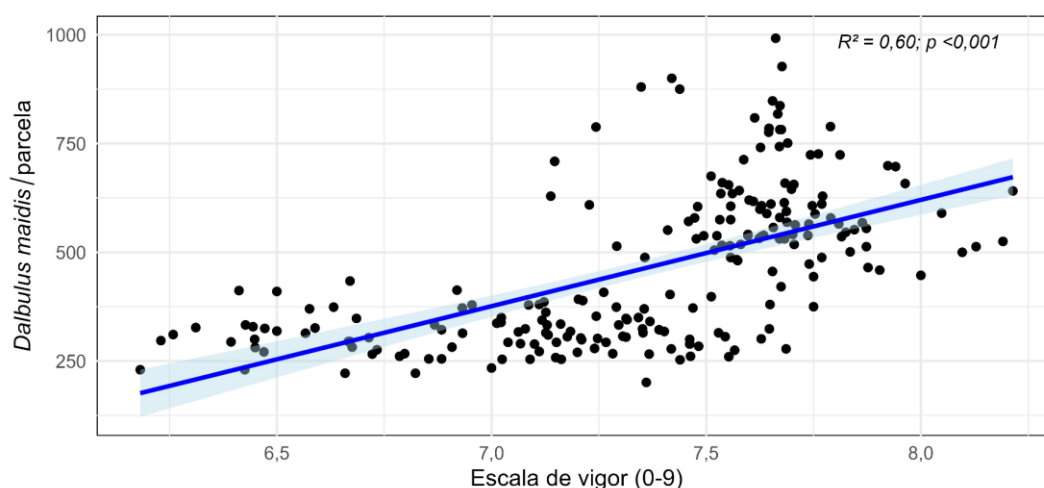


Figura 19 - Relação entre as notas de vigor (sintomas) de plantas de milho (*Zea mays*) e a abundância de cigarrinhas *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) por parcela. Os pontos representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).

Na safra 2022/2023, 91,3% das plantas apresentaram notas de vigor iguais ou superiores a “sete”, caracterizada por clorose foliar (avermelhada ou amarelada) e leve atraso no crescimento e desenvolvimento da planta. Enquanto isso, na safra seguinte, apenas 84% das plantas receberam essa mesma classificação, somado a uma maior frequência de ocorrência de plantas com sintomas inferiores a “cinco” representados por encurtamento de entrenós, proliferação anormal e malformação das espigas. As maiores temperaturas observadas durante a safra 2023/2024 aliadas com o menor volume de chuvas durante o enchimento de grão nesta safra em comparação com a safra anterior pode ter aumentado os danos causados pelo complexo de enfezamento (SABATO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2022).

Isolando o efeito dos híbridos de milho nas duas safras, observamos que em R₃, o híbrido P3223VYH apresentou uma maior quantidade de plantas com notas de vigor iguais ou superiores a “sete” (91,7%) quando comparado com o híbrido P3016VYHR que teve 84,1% das plantas nesta categoria de notas (Figura 20), uma redução comparativa de 7,6 pontos percentuais. Diferentes respostas de híbridos aos patógenos relacionados ao complexo de enfezamento já foram relatadas por outros autores, sendo um ponto importante a ser considerado no momento da escolha dos híbridos (COSTA et al., 2019; CASTILHOS et al., 2022; CANALE et al., 2023).

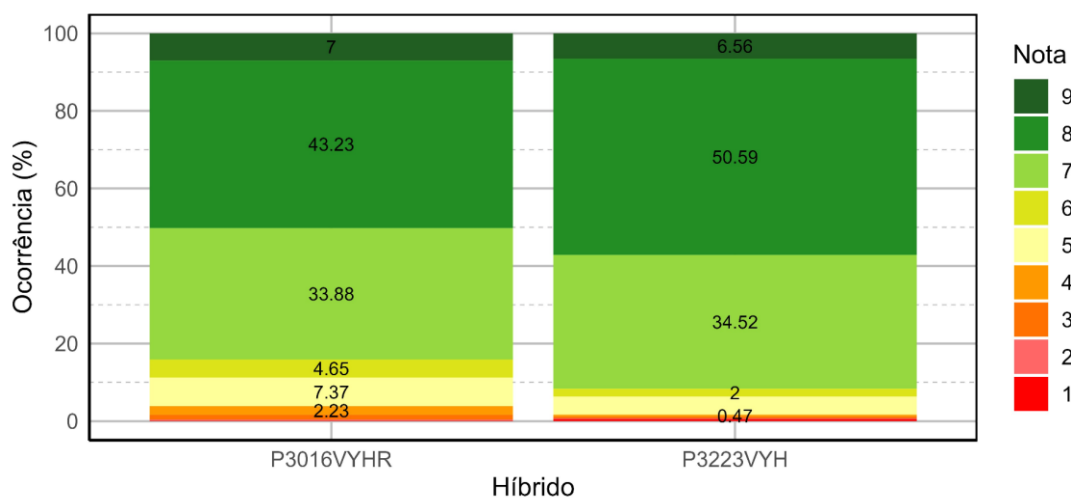


Figura 20 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta de dois híbridos de milho (*Zea mays*) aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas.

Considerando as duas safras e isolando o efeito das doses de N sobre os diferentes híbridos, verificou-se uma resposta distinta dos genótipos com o aumento das doses de N em cobertura (Figura 21). Nas plantas do híbrido P3016VYHR, com exceção da categoria de nota “nove” (ausência de sintomas) onde notou-se um aumento da frequência de plantas sem sintomas em plantas que receberam 100 kg ha⁻¹ de N, nas demais categorias de notas, houve um aumento da frequência dos sintomas em R₃ nas plantas que receberam uma adubação maior de N.

Por outro lado, o híbrido P3223VYH apresentou uma redução na severidade dos sintomas do complexo de enfezamento com o aumento das doses de N em cobertura. A redução da severidade ocorreu devido ao maior número de plantas sem a presença de sintomas, e ainda resultado de uma menor frequência de plantas com notas inferiores a “cinco”.

A menor presença de sintomas severos no híbrido P3223VYH nas maiores doses de N segue os resultados observados em R₁, lembrando que este híbrido apresentou um menor número de plantas com sintomas severos nas doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N (Figura 17). O híbrido P3016VYHR por outro lado, apresentou maior ocorrência de sintomas severos nas maiores doses de N em cobertura. Apesar das diferenças entre os híbridos testados, ambos apresentaram uma maior parcela de plantas consideradas assintomáticas quando receberam o maior nível de fertilização

com N, sugerindo que este nutriente pode mitigar os sintomas leves de enfezamento nas plantas de milho.

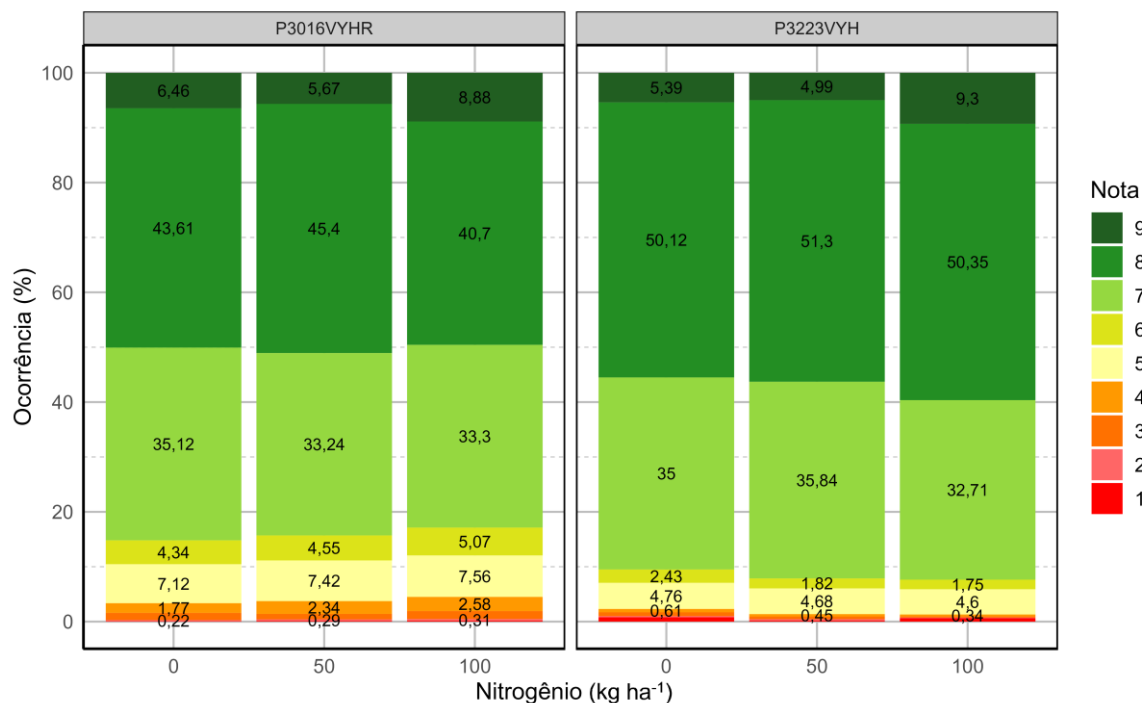


Figura 21 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta de dois híbridos de milho (*Zea mays*) submetidos a diferentes níveis de nitrogênio em cobertura aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas.

Realizando a mesma comparação entre os híbridos e as doses crescentes de K, também se observou redução dos sintomas com o aumento do teor de K aplicado em cobertura (Figura 22). O híbrido P3016VYHR apresentou um aumento de 2,5% de plantas sem sintomas do complexo de enfezamento na dose de 80 kg ha⁻¹ de K, porém, observando a frequência de notas iguais ou acima de “sete” nas doses de 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de K, não houve diferença entre as doses (83,7%; 84% e 83,7% respectivamente).

No híbrido P3223VYH, assim como para o aumento das doses de N e para a porcentagem de dano severo em R₁, ficou mais evidente a redução da severidade dos sintomas em R₃ com o aumento das doses de K. Esta diferença pode ser observada tanto para a frequência de plantas com nota “oito”, tanto para maiores ou iguais a “sete” e ainda para menores ou iguais a “seis”. Este é o primeiro resultado indicando que a adubação com K em cobertura pode reduzir a presença de sintomas visuais do

complexo de enfezamento em R₃, com a ressalva de que a maior fertilização não evita a infecção das plantas, mas limita a expressão dos sintomas. Este fato pode ser atribuído aos sistemas imunológicos mais robustos das plantas de milho submetidas a níveis mais altos de fertilização; portanto, elas poderiam tolerar melhor a presença dos patógenos. A diferença observada entre os híbridos pode estar relacionada a uma melhor eficiência de uso dos nutrientes, visto que o P3223VYH apresenta uma alta resposta à adubação.

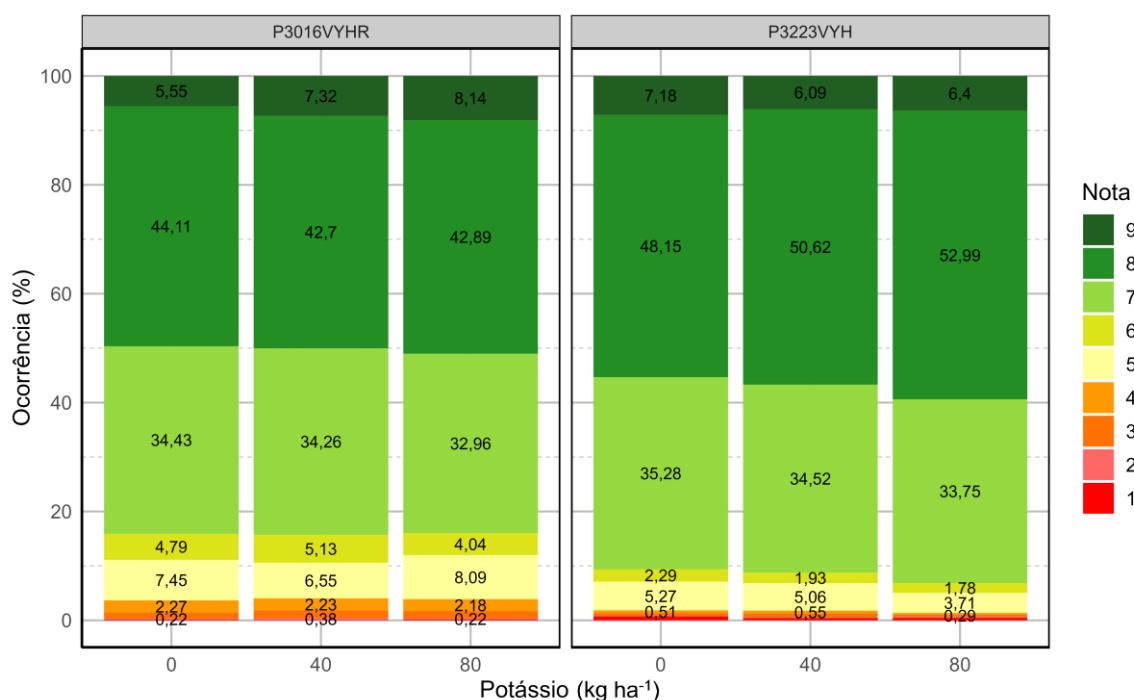


Figura 22 - Frequência de notas de vigor (sintomas) usada para medir a resposta de dois híbridos de milho (*Zea mays*) submetidos a diferentes níveis de potássio em cobertura aos patógenos do complexo de enfezamento, em duas safras agrícolas.

4.5 PRÉ-COLHEITA

A porcentagem de plantas consideradas íntegras no momento da colheita, ou seja, plantas que não estavam quebradas ou acamadas, foi influenciada pelas interações entre safra agrícola e híbrido, híbrido e doses de N e pela interação entre safra e doses de K (Tabela 12). As porcentagens de plantas quebradas e acamadas foram influenciadas pela interação entre safra e híbrido (Tabela 12).

Tabela 12 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para porcentagem de plantas íntegras, porcentagem de plantas quebradas e porcentagem de plantas acamadas em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.

Termo	Plantas íntegras (y)			Plantas quebradas (y)			Plantas acamadas (y)		
	Inclinação ± EP	<i>t</i>	<i>P</i>	Inclinação ± EP	<i>t</i>	<i>P</i>	Inclinação ± EP	<i>z</i>	<i>P</i>
Intercepto	52,11 ± 3,079	16,925	<0,001	14,11 ± 2,902	4,861	<0,001	33,79 ± 4,231	7,986	<0,001
Safra	43,28 ± 4,34	9,972	<0,001	-14,22 ± 3,714	-3,830	<0,001	-29,05 ± 5,812	-4,999	<0,001
Híbrido	-34,48 ± 4,34	-7,946	<0,001	-12,00 ± 3,714	-3,232	0,001	46,49 ± 5,812	7,998	<0,001
N	0,134 ± 0,048	2,823	0,005	-0,038 ± 0,041	-0,924	0,357	-0,097 ± 0,064	-1,518	0,131
K	0,132 ± 0,059	2,219	0,028	-0,022 ± 0,051	-0,425	0,671	-0,11 ± 0,08	-1,385	0,168
Safra x Híbrido	35,87 ± 6,138	5,844	<0,001	12,77 ± 5,252	2,432	0,016	-48,64 ± 8,22	-5,917	<0,001
Safra x N	-0,109 ± 0,067	-1,627	0,105	0,039 ± 0,058	0,677	0,499	0,07 ± 0,09	0,782	0,435
Híbrido x N	-0,178 ± 0,067	-2,652	0,009	0,077 ± 0,058	1,330	0,185	0,102 ± 0,09	1,130	0,260
Safra x K	-0,185 ± 0,084	-2,198	0,029	0,028 ± 0,072	0,391	0,696	0,157 ± 0,113	1,391	0,166
Híbrido x K	-0,062 ± 0,084	-0,741	0,460	0,134 ± 0,072	1,859	0,065	-0,071 ± 0,113	-0,635	0,526
Nitrogênio x K	-0,002 ± 0,001	-1,843	0,067	0,001 ± 0,001	0,746	0,457	0,001 ± 0,001	0,900	0,369
Safra x Híbrido x N	0,124 ± 0,095	1,308	0,193	-0,075 ± 0,081	-0,926	0,355	-0,049 ± 0,127	-0,384	0,701
Safra x Híbrido x K	0,11 ± 0,119	0,922	0,358	-0,137 ± 0,102	-1,345	0,180	0,027 ± 0,159	0,171	0,864
Safra x N x K	0,002 ± 0,001	1,322	0,188	-0,001 ± 0,001	-0,495	0,621	-0,001 ± 0,002	-0,670	0,503
Híbrido x N x K	0,002 ± 0,001	1,256	0,211	-0,001 ± 0,001	-0,789	0,431	-0,001 ± 0,002	-0,434	0,665
Safra x Híbrido x N x K	-0,001 ± 0,002	-0,556	0,579	0,001 ± 0,002	0,445	0,657	0,001 ± 0,002	0,131	0,896

Houve diferença na porcentagem de plantas íntegras entre as safras para os dois híbridos testados, sendo que na safra 2022/2023 houve uma menor quantidade de plantas consideradas íntegras na colheita, sendo que o P3016VYHR apresentou uma maior quantidade de plantas íntegras nesta safra em comparação com o híbrido P3223VYH (Figura 23a).

Provavelmente a diferença entre as safras está relacionada ao maior acúmulo de precipitações nas semanas que antecederam a colheita do primeiro experimento, que pode ter comprometido a integridade do colmo das plantas, e ainda, ao maior volume de precipitação durante o enchimento de grãos na primeira safra, resultado em espigas mais pesadas, podendo tornar as plantas mais propensas ao acamamento

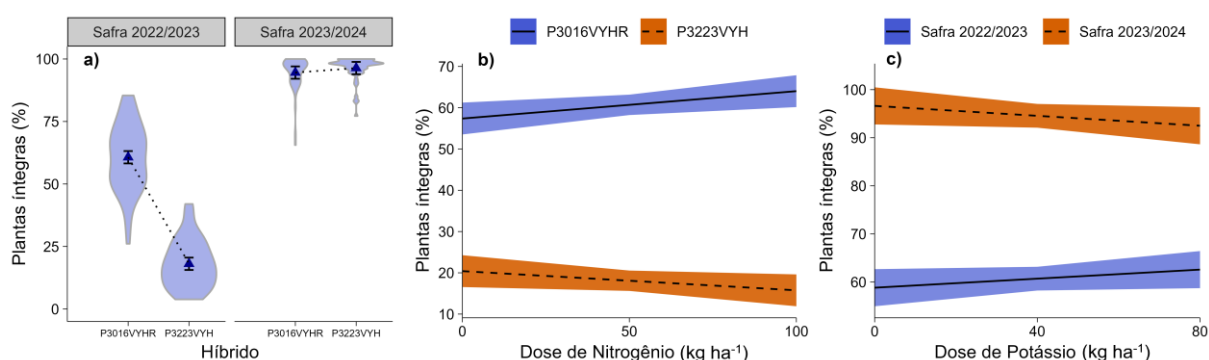


Figura 23 - Porcentagem de plantas íntegras em dois híbridos de milho (*Zea mays*) em duas safras (a), dois híbridos nas diferentes doses de N (b) e nas duas safras agrícolas e diferentes doses de K (c).

O híbrido P3223VYH apresentou menor quantidade de plantas íntegras em comparação com o P3016VYHR em todas as doses de N em cobertura (Figura 23b), e comportamento dos híbridos nas doses crescentes desse nutriente foi diferente, visto que houve um aumento de plantas íntegras do P3016VYHR nas maiores doses de N, enquanto para o P3223VYH foi observada uma redução na porcentagem dessas plantas. A quantidade de plantas íntegras em cada safra nas doses crescentes de K também diferiu, na safra 2022/2023 houve um aumento no número de plantas íntegras nas maiores doses, enquanto no segundo experimento houve uma redução de plantas íntegras nas parcelas que receberam a adubação com K em cobertura (Figura 23c).

À primeira vista, estes resultados se contradizem aos dados de severidade de sintomas visuais no estágio R₃, porém, considerando que as plantas com sintomas mais leves de enfezamento possuem maior capacidade para formação e enchimento

das espigas, estas plantas tornam-se mais propensas ao tombamento devido a necessidade de suportar maior peso. De maneira geral, verificou-se uma maior concentração de plantas íntegras em parcelas com menor média de vigor das plantas em R₃, conforme correlação apresentada na Figura 24. Neste contexto, a porcentagem de plantas íntegras no momento da colheita não deve ser considerada de maneira isolada como um efeito resultante de sintomas severos de enfezamento nas plantas.

Porém, alguns autores citam que o acamamento e quebramento de plantas pode estar relacionado à incidência de enfezamentos, uma vez que são doenças sistêmicas que comprometem a circulação de seiva. Isso pode levar ao acúmulo de sacarose no colmo, favorecendo infecções fúngicas que reduzem sua integridade, causando morte prematura das plantas e resultando em tombamento (SILVA et al., 2017; COTA et al., 2018).

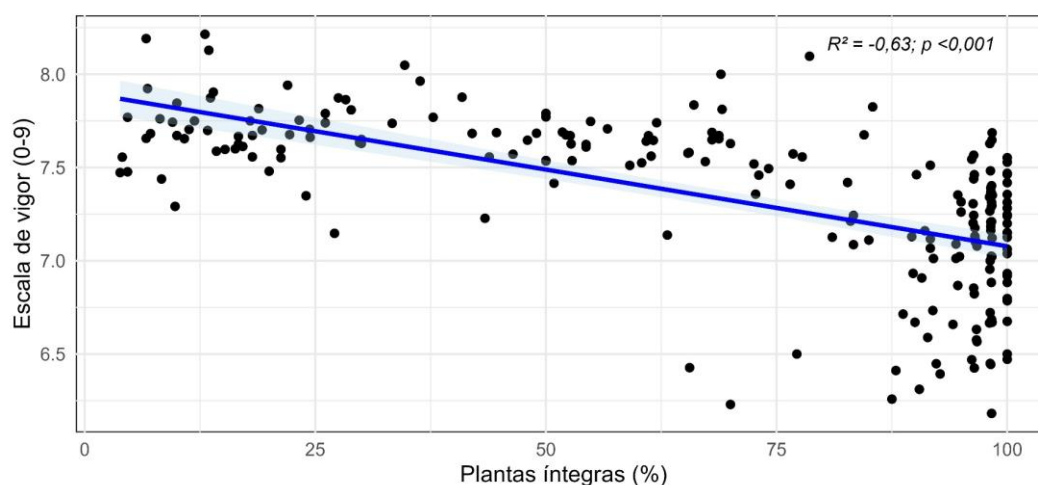


Figura 24 - Relação entre a porcentagem de plantas íntegras de milho (*Zea mays*) no momento da colheita e escala de vigor (sintomas) das plantas no estágio reprodutivo R₃. Os pontos representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).

A porcentagem de plantas quebradas foi superior na safra 2022/2023, sendo que nesta safra, o híbrido P3016VYHR apresentou mais plantas quebradas em comparação com o híbrido P3223VYH (Figura 25). O mesmo resultado entre as safras foi observado para a porcentagem de plantas acamadas, porém, neste caso, o híbrido com maior número de plantas acamadas na safra 2022/2023 foi o P3223VYH (Figura

26). Somando as suas categorias de dano, o híbrido P3016VYHR apresentou menor quantidade de plantas “quebradas ou acamadas”, reflexo da sua característica de maior qualidade de colmo e raiz.

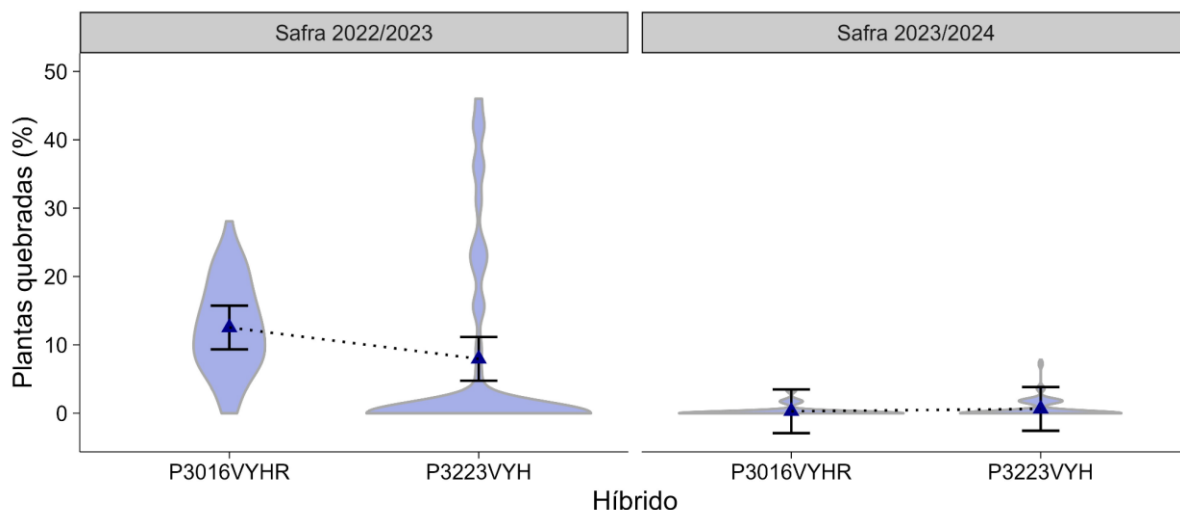


Figura 25 - Distribuição e predição da porcentagem de plantas quebradas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.

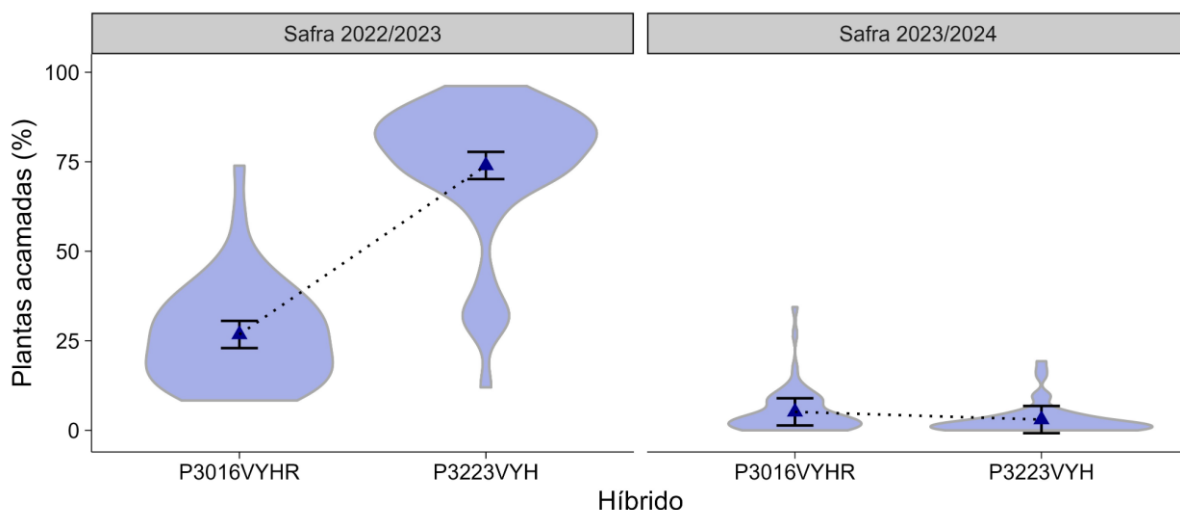


Figura 26 - Distribuição e predição da porcentagem de plantas acamadas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.

A susceptibilidade das plantas ao acamamento e quebramento do colmo apresenta grande variabilidade entre os híbridos de milho, sendo que estes fatores são afetados significativamente pelo ambiente (GOMES et al., 2010). O quebramento e acamamento de plantas muitas vezes estão relacionados à colmos frágeis, podendo provocar perdas de produtividade ou qualidade de grãos em função do contato da espiga com o solo que pode provocar a brotação de grãos e entrada de patógenos que geram grãos ardidos, tudo isso somado à dificuldade de colheita (COSTA et al., 2011).

Mais uma vez, observa-se que a maior diferença no número de plantas quebradas e acamadas está relacionada à safra de condução dos experimentos. A precipitação acumulada próximo a maturidade fisiológica na safra 2022/2023, pode ter aumentado o risco de acamamento devido ao encharcamento do solo, reduzindo a estabilidade das raízes, e ao aumentar o peso das plantas devido à umidade. Ventos que podem estar associados à chuva amplificam esse problema e o atraso ocorrido na colheita desta safra prolongou a exposição a estas condições adversas. Por fim, na safra 2023/2024, as plantas apresentaram um maior incremento no diâmetro do colmo após a aplicação dos fertilizantes, o que pode ter resultado em um maior diâmetro final, protegendo-as contra o quebramento.

4.6 PÓS-COLHEITA

As espigas consideradas normais diferiram entre as safras e entre os híbridos de milho, enquanto a porcentagem de espigas malformadas (EMF) no momento da colheita foi influenciada pela interação entre safra e híbrido (Tabela 13). A porcentagem de espigas malgranadas (EMG) não foi influenciada pelas doses de N ou K, pelos híbridos testados e pelas safras agrícolas (Tabela 13).

Tabela 13 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para porcentagem de espigas normais, porcentagem de espigas malformadas e porcentagem de espigas malgranadas em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.

Termo	Espiga normal (y)			Espiga malformada – EMF (y)			Espiga malgranada – EMG (y)		
	Inclinação ± EP	t	P	Inclinação ± EP	t	P	Inclinação ± EP	z	P
Intercepto	7,48 ± 3,994	1,873	0,063	64,57 ± 4,018	16,069	<0,001	27,95 ± 3,339	8,371	<0,001
Safra	47,34 ± 5,425	8,727	<0,001	-44,37 ± 5,505	-8,061	<0,001	-2,97 ± 4,689	-0,633	0,527
Híbrido	37,38 ± 5,425	6,891	<0,001	-29,89 ± 5,505	-5,430	<0,001	-7,49 ± 4,689	-1,597	0,112
N	0,051 ± 0,059	0,858	0,392	-0,01 ± 0,06	-0,163	0,870	-0,041 ± 0,051	-0,801	0,424
K	0,082 ± 0,074	1,101	0,272	-0,079 ± 0,075	-1,047	0,296	-0,003 ± 0,064	-0,045	0,964
Safra x Híbrido	-7,423 ± 7,671	-0,968	0,334	17,71 ± 7,785	2,275	0,024	-10,29 ± 6,631	-1,551	0,122
Safra x N	-0,112 ± 0,084	-1,332	0,185	0,07 ± 0,085	0,824	0,411	0,042 ± 0,073	0,573	0,567
Híbrido x N	-0,045 ± 0,084	-0,534	0,594	0,044 ± 0,085	0,515	0,607	0,001 ± 0,073	0,014	0,989
Safra x K	-0,098 ± 0,105	-0,932	0,353	0,184 ± 0,107	1,727	0,086	-0,086 ± 0,091	-0,950	0,343
Híbrido x K	-0,038 ± 0,105	-0,366	0,714	0,11 ± 0,107	1,028	0,305	-0,071 ± 0,091	-0,782	0,435
Nitrogênio x K	-0,001 ± 0,001	-0,723	0,471	0,001 ± 0,001	0,551	0,582	0,001 ± 0,001	0,189	0,850
Safra x Híbrido x N	0,018 ± 0,119	0,154	0,878	-0,046 ± 0,121	-0,381	0,704	0,028 ± 0,103	0,269	0,788
Safra x Híbrido x K	0,002 ± 0,149	0,013	0,989	-0,172 ± 0,151	-1,141	0,255	0,17 ± 0,128	1,324	0,187
Safra x N x K	0,001 ± 0,002	0,450	0,653	-0,002 ± 0,002	-1,213	0,227	0,001 ± 0,001	0,903	0,368
Híbrido x N x K	-0,001 ± 0,002	-0,350	0,727	-0,001 ± 0,002	-0,351	0,726	0,001 ± 0,001	0,816	0,415
Safra x Híbrido x N x K	0,002 ± 0,002	0,812	0,418	0,001 ± 0,002	0,600	0,549	-0,003 ± 0,002	-1,643	0,102

O híbrido P3223VYH apresentou maior quantidade de espigas normais comparado com o P3016VYHR (Figura 27a). Entre as safras, o maior número de espigas normais ocorreu na safra 2023/2024 (Figura 27b). A porcentagem de espigas normais apresentou correlação negativa com os sintomas de enfezamento, tanto com os sintomas severos em R₁ ($R^2 = -0,47$; $p < 0,001$) quanto com a média das notas em R₃ ($R^2 = -0,33$; $p < 0,001$). Isto explica a maior quantidade de espigas normais no híbrido que apresentou menos sintomas de enfezamento (P3223VYH). A correlação mais forte com os sintomas em R₁ possivelmente está ligada à maior expressão dos sintomas em plantas que são infectadas em estágios mais precoces, possibilitando a manifestações mais sistêmicas (NEVES et al., 2022).

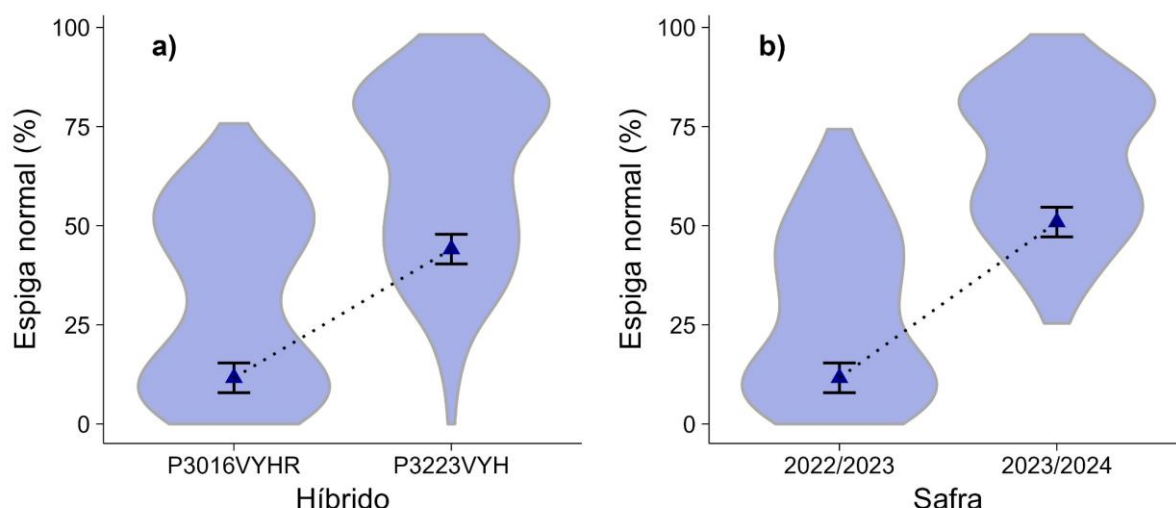


Figura 27 - Distribuição e predição da porcentagem de espigas normais de dois híbridos de milho (*Zea mays*) (a), e a porcentagem de espigas normais em duas safras agrícolas (b) em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.

A porcentagem de EMF, ou seja, com poucos grãos, tamanho reduzido ou retorcidas foi superior no híbrido P3016VYHR em comparação ao P3223VYH nas duas safras e de maneira geral, superior na safra de 2022/2023 em comparação à safra 2023/2024 (Figura 28). Da mesma forma, o maior número de EMF ocorreu no híbrido que apresentou maiores sintomas de enfezamento, na safra em que as condições de climáticas foram mais adversas.

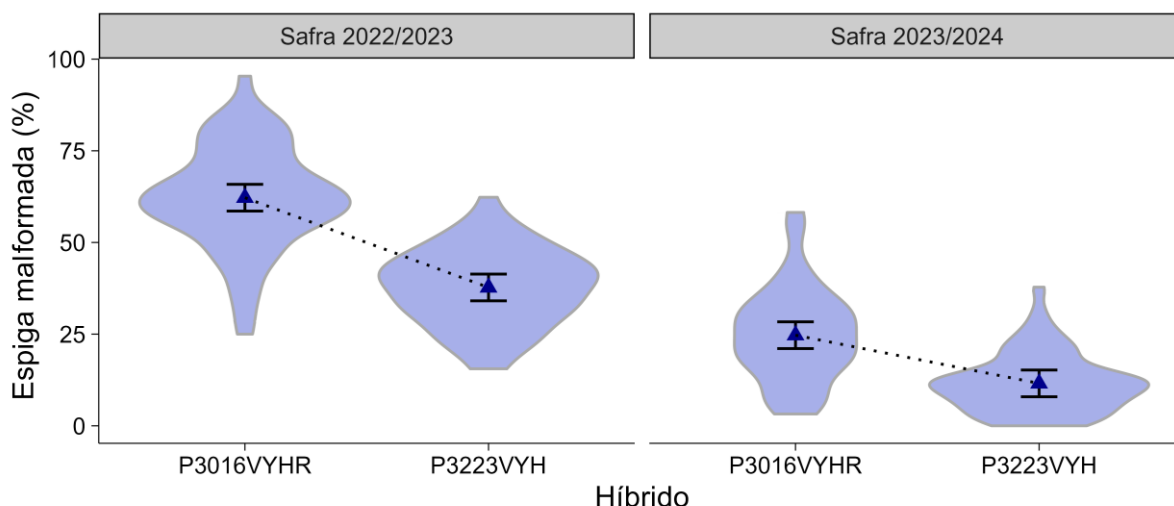


Figura 28 - Distribuição e predição da porcentagem de espigas malformadas de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.

O número de espiga (NE) por planta e o número de fileiras (NF) de grãos por espiga foram afetados pela interação entre safra, doses de N e K em cobertura (Tabela 14). O CE não foi influenciado pelos híbridos, safras e doses dos fertilizantes (Tabela 14).

Durante a safra 2022/2023 a maior prolificidade das plantas foi observada nas maiores doses de N combinadas com a ausência de K em cobertura, enquanto na safra 2023/2024 o maior NE por planta foi observado na ausência de N e K em cobertura (Figura 29). Se considerarmos que para os dois híbridos o aumento da fertilização com K reduziu a visualização dos sintomas nas plantas, a redução do NE plantas nestes tratamentos podem estar relacionado a uma menor expressão de sintomas severos, neste caso, menor presença de plantas com multiespigamento.

De maneira geral, a quantidade de espigas por planta de milho é uma característica importante e muitas vezes ligada à genética do material, visto que alguns híbridos possuem a capacidade de produzir mais de uma espiga viável. Esta variável pode estar relacionada a produtividade, mas não necessariamente, uma vez que pode ser influenciada por diversos outros fatores externos como ataque de pragas, doenças ou pelo desbalanceamento na relação fonte/dreno, competindo por fotoassimilados e reduzindo a produtividade (MAGALHÃES et al., 1999).

Tabela 14 - Sumário do linear generalizado misto (GLMM com distribuição gaussiana, função de ligação log e aproximação de Laplace) para o número de espigas por planta, e dos modelos lineares mistos (LMM) para o número de fileiras de grãos por espiga e comprimento de espigas de milho (*Zea mays*) em função do híbrido e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.

Termo	Espigas por planta – NE (y)			Número de fileiras – NFG (y)			Comprimento de espiga – CE (y)		
	Inclinação ± EP	<i>z</i>	<i>P</i>	Inclinação ± EP	<i>t</i>	<i>P</i>	Inclinação ± EP	<i>z</i>	<i>P</i>
Intercepto	0,329 ± 0,039	8,340	<0,001	15,57 ± 0,29	53,672	<0,001	13,70 ± 0,388	35,338	<0,001
Safra	-0,169 ± 0,053	-3,199	0,001	0,375 ± 0,405	0,927	0,355	0,68 ± 0,548	1,241	0,216
Híbrido	-0,223 ± 0,053	-4,209	<0,001	-1,542 ± 0,405	-3,808	<0,001	-0,851 ± 0,548	-1,552	0,122
N	0,001 ± 0,001	2,004	0,045	-0,006 ± 0,004	-1,440	0,151	-0,01 ± 0,006	-1,628	0,105
K	0,001 ± 0,001	0,465	0,642	-0,008 ± 0,006	-1,465	0,145	-0,008 ± 0,008	-1,013	0,312
Safra x Híbrido	0,089 ± 0,081	1,094	0,274	-0,052 ± 0,573	-0,090	0,928	0,221 ± 0,776	0,285	0,776
Safra x N	-0,002 ± 0,001	-2,951	0,003	0,015 ± 0,006	2,395	0,018	0,014 ± 0,008	1,640	0,103
Híbrido x N	0,001 ± 0,001	0,996	0,319	0,002 ± 0,006	0,244	0,807	0,017 ± 0,008	1,943	0,053
Safra x K	-0,002 ± 0,001	-1,767	0,077	0,015 ± 0,008	1,882	0,061	0,009 ± 0,011	0,855	0,394
Híbrido x K	0,002 ± 0,001	1,870	0,061	0,008 ± 0,008	0,956	0,340	0,015 ± 0,011	1,437	0,152
Nitrogênio x K	-0,001 ± 0,001	-2,034	0,042	0,001 ± 0,001	2,085	0,038	0 ± 0	1,594	0,113
Safra x Híbrido x N	0,001 ± 0,001	0,289	0,772	-0,011 ± 0,009	-1,203	0,231	-0,014 ± 0,012	-1,183	0,238
Safra x Híbrido x K	-0,001 ± 0,002	-0,403	0,687	-0,014 ± 0,011	-1,268	0,206	-0,007 ± 0,015	-0,469	0,639
Safra x N x K	0,001 ± 0,001	2,319	0,020	-0,001 ± 0,001	-2,898	0,004	0 ± 0	-1,881	0,061
Híbrido x N x K	0,001 ± 0,001	-0,960	0,337	-0,001 ± 0,001	-1,166	0,245	0 ± 0	-1,141	0,255
Safra x Híbrido x N x K	0,001 ± 0,001	0,133	0,894	0,001 ± 0,001	1,613	0,108	0 ± 0	0,946	0,346

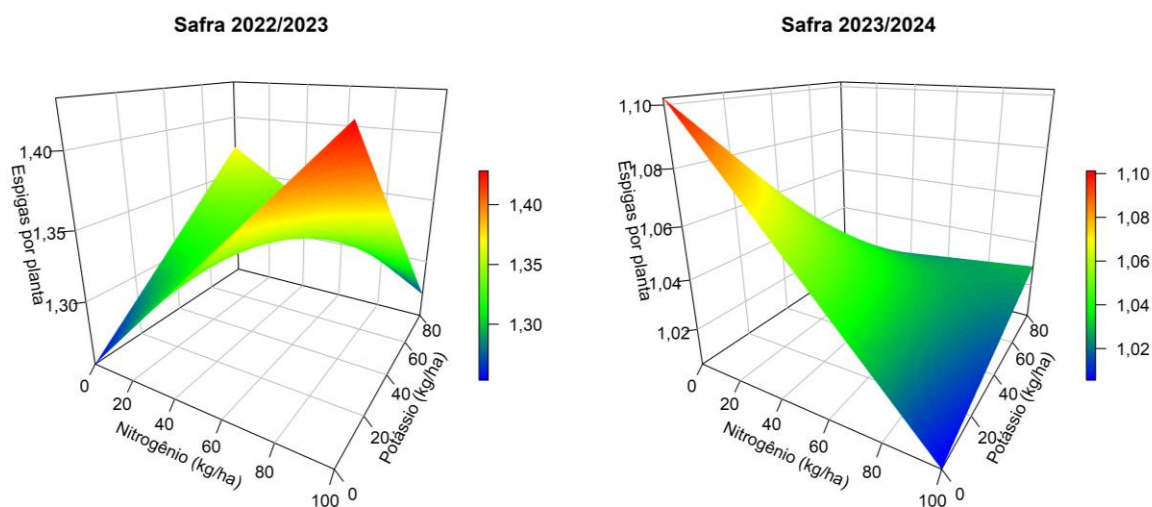


Figura 29 - Predição do número de espigas por planta de dois híbridos de milho em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.

O maior número de fileiras de grãos (NFG) por espiga durante a safra 2022/2023 foi observado na ausência de N e K em cobertura, e na safra 2023/2024 na dose de 100 kg ha^{-1} de N e ausência de K (Figura 30). Este é um parâmetro fortemente ligado ao genótipo das plantas, portanto, não se espera que sofra muita alteração em decorrência do ambiente (BERGAMASCHI et al., 2014).

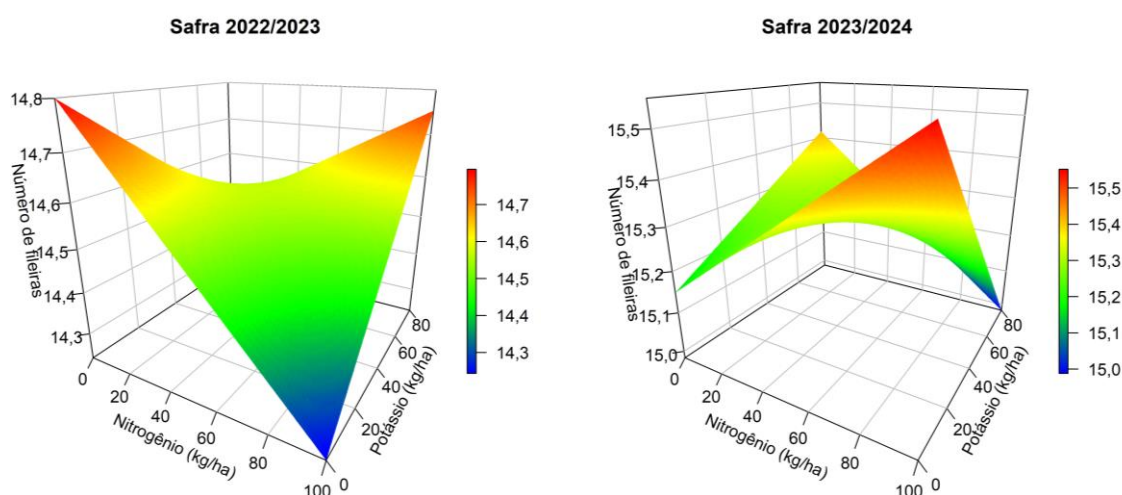


Figura 30 - Predição do número de fileiras de grãos por espiga de dois híbridos de milho em função da dose de Nitrogênio (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) em duas safras em Toledo, PR.

Adicionalmente, não foi observada uma alta correlação entre o número de fileiras e a porcentagem de espigas normais ($R^2 = -0,15$; $p = 0,034$), com a porcentagem de plantas com dano severo R_1 ($R^2 = 0,27$; $p < 0,001$) e com a média das notas de vigor em R_3 ($R^2 = -0,37$; $p < 0,001$). Assim sendo, possivelmente as alterações no número de fileiras não foram causadas pelos sintomas de enfezamento das plantas.

No comparativo geral entre as safras, observa-se um menor NFG por espiga na safra 2022/2023, o que pode ser explicado pelo menor acúmulo de precipitação durante os estádios vegetativos críticos da cultura para definição desse parâmetro, que compreende o período entre V_6 e V_{12} (RITCHIE et al., 1982).

A massa de mil grãos diferiu entre as safras e híbridos testados (Tabela 15). A massa de mil grãos do híbrido P3223VYH foi superior à do híbrido P3016VYHR na segunda safra de condução do experimento, sendo ainda superior à massa de mil grãos do próprio híbrido na safra 2022/2023 (Figura 31).

Tabela 15 - Sumário dos modelos lineares mistos (LMM) para massa de mil grãos (g) e massa de grãos (kg) em função do híbrido de milho (*Zea mays*) e doses de nitrogênio e potássio em duas safras.

Termo	Massa de mil grãos (y)			Massa de grãos (y)		
	Inclinação $\pm$ EP	<i>t</i>	<i>P</i>	Inclinação $\pm$ EP	<i>t</i>	<i>P</i>
Intercepto	228,80 $\pm$ 7,526	30,401	<0,001	5,68 $\pm$ 0,305	18,61	<0,001
Safra	12,32 $\pm$ 9,393	1,312	0,191	1,41 $\pm$ 0,377	3,735	<0,001
Híbrido	10,61 $\pm$ 9,393	1,129	0,260	-0,633 $\pm$ 0,377	-1,678	0,095
N	0,109 $\pm$ 0,103	1,062	0,290	-0,001 $\pm$ 0,004	-0,016	0,987
K	0,105 $\pm$ 0,129	0,816	0,416	0,005 $\pm$ 0,005	0,910	0,364
Safra x Híbrido	40,99 $\pm$ 13,284	3,086	0,002	0,343 $\pm$ 0,533	0,642	0,521
Safra x N	-0,138 $\pm$ 0,146	-0,951	0,343	-0,012 $\pm$ 0,006	-2,059	0,041
Híbrido x N	-0,076 $\pm$ 0,146	-0,523	0,601	0,005 $\pm$ 0,006	0,785	0,433
Safra x K	-0,239 $\pm$ 0,182	-1,313	0,191	-0,013 $\pm$ 0,007	-1,795	0,074
Híbrido x K	0,194 $\pm$ 0,182	1,066	0,288	0,006 $\pm$ 0,007	0,825	0,411
Nitrogênio x K	-0,001 $\pm$ 0,002	-0,384	0,701	0 $\pm$ 0,001	-0,058	0,954
Safra x Híbrido x N	-0,014 $\pm$ 0,206	-0,068	0,946	0,005 $\pm$ 0,008	0,652	0,515
Safra x Híbrido x K	0,109 $\pm$ 0,257	0,422	0,674	0,01 $\pm$ 0,01	0,982	0,327
Safra x N x K	0,002 $\pm$ 0,003	0,610	0,543	0,001 $\pm$ 0,001	0,915	0,361
Híbrido x N x K	-0,002 $\pm$ 0,003	-0,749	0,455	-0,001 $\pm$ 0,001	-1,410	0,160
Safra x Híbrido x N x K	0,003 $\pm$ 0,004	0,657	0,512	0,001 $\pm$ 0,001	0,376	0,707

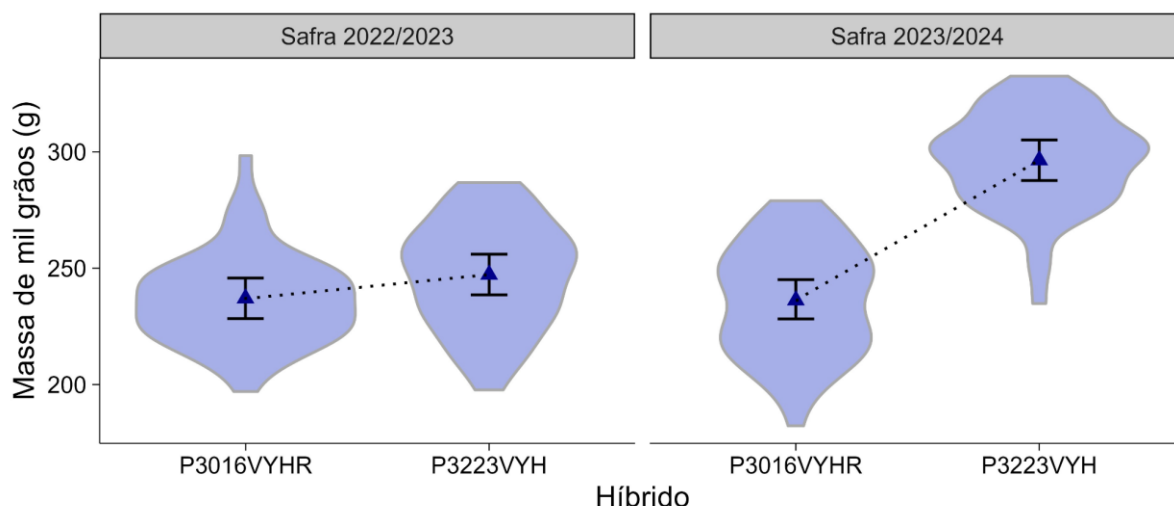


Figura 31 - Distribuição e predição da massa de mil grãos (g) de dois híbridos de milho (*Zea mays*) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas mostram a distribuição dos dados observados, enquanto os pontos e linhas representam os valores preditos e seus intervalos de confiança.

Na primeira safra de condução do experimento, o P3223VYH apresentou um elevado número de plantas quebradas e acamadas no momento da colheita, fato que, dependendo da antecedência da ocorrência até a colheita, pode ter levado a uma granação deficiente dos grãos, resultando em menor acúmulo de massa seca.

A massa de mil grãos é uma variável que está diretamente correlacionada à produtividade (SOUZA et al., 2014), sendo que no presente trabalho a correlação entre esses fatores foi de 0,54 ($p < 0,001$), ficando atrás apenas da correlação entre a massa de mil grãos e a porcentagem de espigas normais ($R^2 = 0,63$; $p < 0,001$). Conforme esperado, espigas consideradas normais apresentaram maior massa de mil grãos do que as espigas que sofreram algum problema de formação ou enchimento.

A massa de grãos por parcela foi afetada pela interação entre safra agrícola e doses de N (Tabela 15). Houve diferenças entre as safras apenas na ausência de fertilização com N em cobertura (Figura 32), nas demais doses a produção de grãos não diferiu entre os experimentos. Durante a safra 2022/2023 a produção foi constante nas doses crescentes de N, enquanto na safra 2023/2024 as maiores doses deste nutriente resultaram em uma menor massa de grãos.

Mesmo observando diferenças quanto ao nível de enfezamento nas duas safras, a produção de grãos foi praticamente constante. Isso pode estar relacionado com a resposta dos híbridos à infecção, dependendo das características do ambiente

e do momento de infecção em si, as plantas podem ser mais ou menos afetadas em seu rendimento final de grãos (SILVA et al., 2017). Ou seja, os mesmos híbridos submetidos a condições distintas podem apresentar níveis de sintomas diferentes e não sofrer interferência em sua produtividade, ou ainda, ter sua produção afetada mesmo em condições de menor incidência de sintomas.

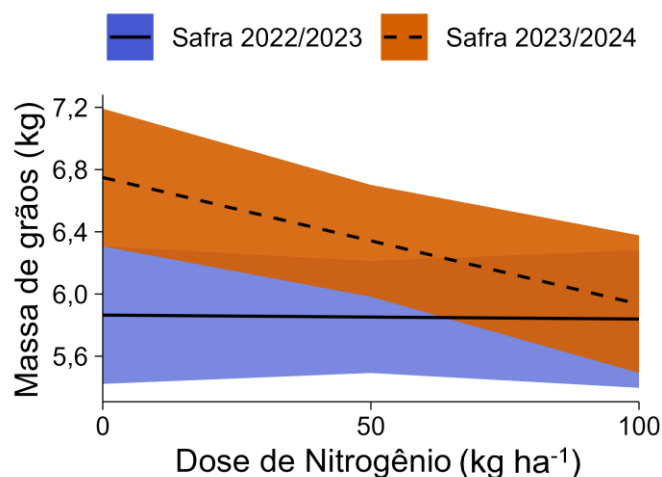


Figura 32 - Predição da massa de grãos por parcela (kg) de plantas de milho (*Zea mays*) em função da dose de Nitrogênio (kg ha⁻¹) durante duas safras em Toledo, PR. As regiões sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% para as predições.

Apesar de outros autores reportarem maior rendimento de grãos em plantas com notas de vigor mais elevadas (TOFFANELLI et al., 2002; COSTA et al., 2019; CASTILHOS et al., 2022; NEVES et al., 2022), no presente trabalho, considerando ambas as safras, houve uma correlação fraca entre a massa de grãos e a média do vigor das plantas em R₃ ($R^2 = -0,18$; $p = 0,008$). A baixa correlação entre estes fatores pode ser explicada pelo método de colheita manual adotado, visto que todas as plantas, independente da integridade foram colhidas. Se considerássemos uma situação de colheita mecânica, em que as plantas quebradas e acamadas apenas seriam colhidas parcialmente, provavelmente encontraríamos uma correlação mais forte entre os sintomas e a produção das parcelas.

Por outro lado, houve uma correlação significativa entre a produção de grãos e a população de *D. maidis*, sendo que as maiores massas de grãos foram colhidas em parcelas com menores populações de cigarrinha durante o ciclo (Figura 33).

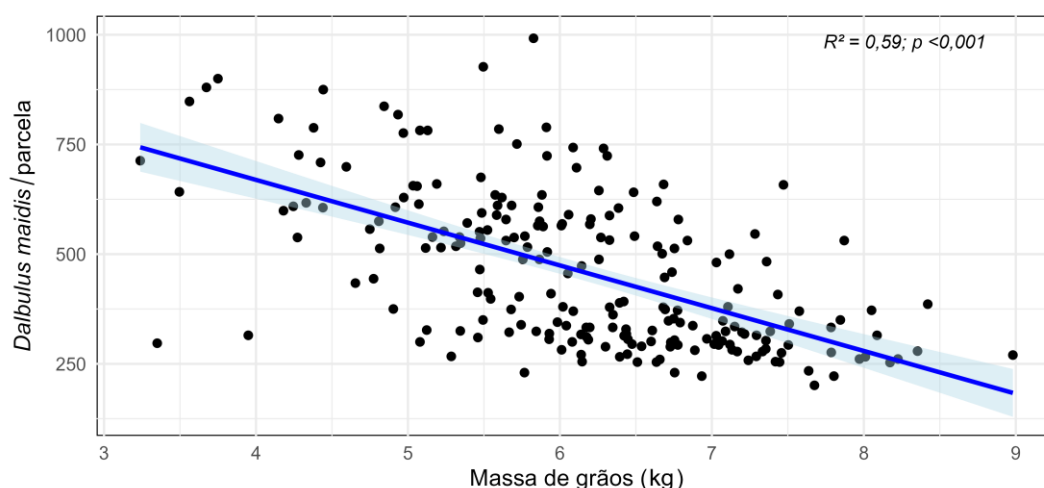


Figura 33 - Relação entre a produção de plantas de milho (*Zea mays*) e a abundância de cigarrinhas *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) por parcela. Os pontos representam os dados observados, enquanto a linha azul mostra o ajuste da regressão linear com a área de confiança sombreada (IC de 95%).

Mesmo não sendo observado no presente trabalho uma correlação direta entre o número de cigarrinhas e a severidade dos sintomas de enfezamento nas plantas, o aumento da produção de grãos em parcelas com menores densidades de *D. maidis* merece mais estudos, uma vez que sob condições normais de disponibilidade hídrica, os danos diretos causados por esse vetor são muito pequenos (VIRLA et al., 2021). Esta correlação reforça a premissa da necessidade de controle dos vetores mesmo em condições de baixa ocorrência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios de campo permitem a validação de hipóteses em condições reais, muitas vezes mais representativas em comparação com experimentos de laboratório. Estes estudos são particularmente interessantes devido à sua aplicabilidade direta para os agricultores e à possibilidade de avaliação dos impactos econômicos das práticas de manejo.

Por outro lado, as grandes variações encontradas entre as safras na condução dos experimentos dificultam o alinhamento de conclusões mais amplas sobre o tema principal deste trabalho, que, por si só, apresenta elevada complexidade devido à necessidade de considerar as múltiplas interações possíveis entre a planta, os vetores e os patógenos envolvidos nessa problemática. Desta forma, a fim de detalhar o real efeito da nutrição de plantas sobre a cigarrinha *D. maidis*, não se deve descartar a possibilidade de realização de testes em laboratório, ou em sistema de cultivo protegido.

Outro ponto que pode ter dificultado o entendimento dos resultados coletados, no sentido de uma correlação óbvia entre diferentes variáveis mensuradas foi o método de colheita adotado. Buscando representar o que realmente é encontrado no campo, sobretudo se tratando do complexo de enfezamento do milho, uma colheita mecânica que poderia replicar de maneira mais fiel os efeitos indiretos da infecção das plantas por esse patógeno, poderia trazer mais informações para enriquecer a discussão do tema.

Em ensaios futuros, também seria interessante testar a resposta da fertilização das plantas em condições de solo mais deficiente nutricionalmente, o que em teoria, pode facilitar a observação dos efeitos sobre os vetores e sintomas de enfezamento. Por fim, em ensaios visando a caracterização de híbridos, a avaliação de R_3 é mais representativa do que R_1 visto que os sintomas já estão mais evidentes e são mais passíveis de classificação.

6 CONCLUSÕES

Não foi observado efeito da adubação em cobertura com N e K sobre a população de *D. maidis*.

A frequência e severidade dos sintomas de enfezamento nas plantas não são proporcionais ao número de cigarrinhas coletadas durante o ciclo da cultura.

A incidência e severidade do complexo de enfezamento do milho é variável ao longo das safras.

A adubação não evita a infecção das plantas, mas pode limitar a expressão dos sintomas, especialmente em condições de sintomas mais leves.

O efeito da adubação com N em cobertura sobre a presença de sintomas visuais do complexo de enfezamento em R3 varia entre híbridos e, de maneira geral, aumenta o número de plantas assintomáticas.

A adubação com K em cobertura reduz a presença de sintomas visuais do complexo de enfezamento em R3.

A produção de milho não foi influenciada pelas doses dos nutrientes nos híbridos P3223VYH e P3016VYHR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>. Acesso em: 1 mar. 2024.

ALIVIZATOS, A. S.; MARKHAN, 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.

ALTSTATT, G. E. A new corn disease in the Rio Grande valley. **Plant Disease Reporter**, v. 29, p. 533–534, 1945.

ALVES, A.; PARODY, B.; BARBOSA, C. M.; OLIVEIRA, C. M.; SACHS, C.; SABATO, E. O.; GAVA, F.; DANIEL, H.; OLIVEIRA, I. R.; FORESTI, J.; COTA, L. V.; CAMPANTE, P.; PALATNIK, P.; ARAUJO, R. **Guia de boas práticas para o manejo dos enfezamentos e da cigarrinha-do-milho**. São Paulo: Crop Life Brasil; Brasília: EMBRAPA, 2020.

AMMAR, E. D.; GASPARICH, G. E.; HALL, D. G.; HOGENHOUT, S. A. Spiroplasma-like organisms closely associated with the gut in five leafhopper species (Hemiptera: Cicadellidae). **Archives of Microbiology**, v. 193, n. 1, p. 35–44, 2011.

AMTMANN, A.; TROUFFLARD, S.; ARMENGAUD, P. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 133, n. 4, p. 682–691, 2008.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECOM, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial, p. 1643–1651, dez., 2003.

ANDREA, M. C. da S.; BOOTE, K. J.; SENTELHAS, P. C.; ROMANELLI, T. L. Variability and limitations of maize production in Brazil: Potential yield, water-limited yield and yield gaps. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 264–273, 2018.

BACKUS, E. A. Sensory systems and behaviors which mediate hemipteran plant-feeding: A taxonomic overview. **Journal of Insect Physiology**, v. 34, n. 3, p. 151–165, 1988.

BASTOS, C. S.; GALVÃO, J. C. C.; PICANÇO, M. C.; PEREIRA, P. R. G.; CECOM, P. R. Nutrient content affecting *Spodoptera frugiperda* and *Dalbulus maidis* occurrence in corn. **Insect Science**, v. 14, n. 2, p. 117–123, 2007.

BEDENDO, I. P.; DAVIS, R. E.; DALLY, E. L. Molecular evidence for the presence of maize bushy stunt Phytoplasma in corn in Brazil. **Plant Disease**, v. 81, n. 8, p. 957, 1997.

BELLOTA, E.; DÁVILA-FLORES, A.; BERNAL, J. S. A bird in the hand versus two in the bush? The specialist leafhopper *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) does not discriminate against sub-optimal host plants (*Zea* spp.). **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 2, p. 171–180, 2018.

BELLOTA, E.; MEDINA, R. F.; BERNAL, J. S. Physical leaf defenses - altered by *Zea* life-history evolution, domestication, and breeding - mediate oviposition preference of a specialist leafhopper. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 149, n. 2, p. 185–195, 2013.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS, 2014.

BURCKHARDT, D.; OUVREARD, D.; QUEIROZ, D.; PERCY, D. *Psyllid* host-plants (Hemiptera: Psylloidea): Resolving a semantic problem. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 1, p. 242–246, 2014.

CANALE, M. C.; LOPES, J. R. S.; NESI, C. N.; PRADO, S. de S. Role of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) gender on maize bushy stunt phytoplasma transmission. **Phytopathogenic Mollicutes**, v. 8, n. 1, p. 32, 2018.

CANALE, M. C.; NESI, C. N.; CASTILHOS, R. V. Abundance of *Dalbulus maidis* and impact of maize rayado fino disease on different genotypes in field conditions in Santa Catarina, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 48, n. 6, p. 675–684, 2023.

CARMO, D. G.; PINTO, C. B.; LOPES, P. H. Q.; PAES, J. S.; SOUZA, H. D. D.; SANTOS, A. A.; CECON, P. R.; SARMENTO, R. A.; PIKANÇO, M. C. The first standardised sampling plan designed to scout *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) adults in corn crops using yellow sticky traps. *Journal of Applied Entomology*. v. 149, n. 1, p. 111–120, 2025.

CASTILHOS, R. V.; PARIZOTTO, C.; BERMUDEZ, F.; RIBEIRO, L. D. P.; CANALE, M. C. Severity of corn stunt disease in the midwest of the Brazilian state of Santa Catarina. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 21, e1278, 2022.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do solo**. Circular Técnica 78 – Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2024.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho - Nutrição e Adubação. Em: **Arquivo do agrônomo**. Piracicaba: 1995.

COLL ARÁOZ, M. V.; JACOBI, V. G.; FERNANDEZ, P. C.; LUFT ALBARRACIN, E.; VIRLA, E. G.; HILL, J. G.; CATALÁN, C. A. N. Volatiles mediate host-selection in the corn hoppers *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and *Peregrinus maidis* (Hemiptera: Delphacidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 109, n. 5, p. 633–642, 2019.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10 abr. 2024.

COSTA, A. S.; KITAJIMA, E. W. Ocorrência do enfezamento do milho em plantações de Petrolina, PE. **Fitopatologia**, v. 8, p. 7, 1973.

COSTA, A. S.; KITAJIMA, E. W.; ARRUDA, S. C. Moléstias de vírus e de micoplasma no milho em São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v. 4, p. 39–41, 1971.

COSTA, R. V. da; SILVA, D. D. da; COTA, L. V.; CAMPOS, L. J. M.; ALMEIDA, R. E. M. De; BERNARDES, F. P. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; CASELA, C. R. Manejo de doenças. Em: CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. (Eds.). **Milho o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p. 1–338.

COTA, L. V.; SILVA, D. D.; AGUIAR, F. M.; COSTA, R. V. **Resistência de genótipos de milho aos enfezamentos**. Circular técnica 247, EMBRAPA: Sete Lagoas, 11p. 2018.

CUNHA, T. G. Da; VELOSO, R. V. dos S.; ARAÚJO, M. M. M. De; TAVARES, L. G.; RIBEIRO, L. F. B.; TORMEN, G. P.; CAMPOS, D. S.; PICANÇO, M. C.; LOPES, E. A.; PEREIRA, R. R.; SOARES, M. A.; DA SILVA, R. S. Distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae) and incidence of maize rayado fino virus and *Candidatus* Phytoplasma asteris in corn succession planting systems. **Pest Management Science**, v. 79, n. 7, p. 2325–2337, 2023.

CURI, N.; KAMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. Em: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na Agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa e do Fosfato, v. 63, 2005, p. 71–86.

DÖRING, T. F. How aphids find their host plants, and how they don't. **Annals of Applied Biology**, v. 165, n. 1, p. 3–26, 2014.

DOUGLAS, A. E. Phloem-sap feeding by animals: problems and solutions. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 4, p. 747–754, 2006.

DOWSWELL, C. R.; PALIWAL, R. L.; CANTRELL, R. P. **Maize in the Third World**. 1. ed.: CRC Press, 2020.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C. (ed.). **Milho: importância socioeconômica**. EMBRAPA: Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 7 jan. 2025.

EIGENBRODE, S. D.; BOSQUE-PÉREZ, N. A.; DAVIS, T. S. Insect-borne plant pathogens and their vectors: ecology, evolution, and complex interactions. **Annual Review of Entomology**, v. 63, n. 1, p. 169–191, 2018.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. De; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 393–401, 2007.

FANCELLI, A. F.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 4. ed. Piracicaba: Ceres, 2004.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 13, p. 24–29, 2015.

FERNANDES, F. T.; BALMER, E. Situação das doenças de milho no Brasil. **Informativo Agropecuário**, v. 14, n. 165, p. 40–45, 1990.

FERREIRA, M. M. M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 1, p. 74, 2012.

FORESTI, J.; PEREIRA, R. R.; SANTANA, P. A.; NEVES, T. N. C.; SILVA, P. R.; ROSSETO, J.; ISTCHUK, A. N.; ISHIZUKA, T. K.; HARTER, W.; SCHWERTNER, M. H.; PICANÇO, M. C. Spatial-temporal distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and factors affecting its abundance in Brazil corn. **Pest Management Science**, v. 78, n. 6, p. 2196–2203, 2022.

GALVÃO, S. R.; SABATO, E. O.; BEDENDO, I. P. Occurrence and distribution of single or mixed infection of phytoplasma and Spiroplasma causing corn stunting in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, n. 2, p. 152–155, 2021.

GARCÍA GONZALEZ, J.; GIRALDO JARAMILLO, M.; ROBERTO SPOTTI LOPES, J. Undetected infection by maize bushy stunt Phytoplasma enhances host-plant Preference to *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Environmental Entomology**, v. 47, n. 2, p. 396–402, 2018.

GARCÍA GONZÁLEZ, J.; OSSAMU TANAKA, F. A.; SPOTTI LOPES, J. R. First findings in the route of the maize bushy stunt Phytoplasma within its vector *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 2, p. 966–968, 2016.

GASPARICH, G. E. Spiroplasmas and phytoplasmas: Microbes associated with plant hosts. **Biologicals**, v. 38, n. 2, p. 193–203, 2010.

GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; BRITO, C. H. De; MORAES, D. F. De; LOPES, M. T. G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 140–145, 2010.

GOODWIN, P. H.; MAHUKU, G. S.; LIU, H.; XUE, B. G. Monitoring phytoplasma in populations of aster leafhoppers from lettuce fields using the polymerase chain reaction. **Crop Protection**, v. 18, n. 2, p. 91–99, 1999.

HAN, P.; DESNEUX, N.; BECKER, C.; LARBAT, R.; LE BOT, J.; ADAMOWICZ, S.; ZHANG, J.; LAVOIR, A. V. Bottom-up effects of irrigation, fertilization and plant resistance on *Tuta absoluta*: implications for Integrated Pest Management. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 4, p. 1359–1370, 2019.

HANOVER, L.; WHITE, J. Manufacturing, composition, and applications of fructose. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 58, n. 5, p. 724S-732S, 1993.

HARTVIGSEN, G.; WAIT, D. A.; COLEMAN, J. S. Tri-trophic interactions influenced by resource availability: predator effects on plant performance depend on plant resources. **Oikos**, v. 74, n. 3, p. 463, 1995.

ISTCHUK, A. N.; DA SILVA, P. R.; BORGES, A. R. P.; NEVES, T. C. N. Das; RAMOS PEREIRA, R.; SCHWERTNER, M. H.; ISHIZUKA, T. K.; PIETROWSKI, V. Does the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) reproduce in hosts other than maize? **EntomoBrasilis**, v. 16, p. 1044, 2023.

ISTCHUK, A. N.; FARIAS, E. S.; FORESTI, J.; SANTANA, P. A.; PEREIRA, R.R.; ISHIZUKA, T. K.; SILVA, P. R. DA.; SCHWERTNER, M. H.; PIETROWSKI, V. Forewarning the seasonal dynamics of corn leafhopper and mollicutes through neural networks. **International Journal of Biometeorology**, 2025. Submetido para publicação.

KARLEN, D. E.; SADLER, E. J.; CAMP, C. R. Dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium accumulation rates by corn on Norfolk loamy sandy. **Agronomy Journal**, v. 79, p. 649–656, 1987.

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.

LOPES, J. R. S.; OLIVEIRA, C. M. Vetores de vírus e mollicutes em milho. Em: OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M. (Eds.). **Doenças em milho: mollicutes, vírus, vetores e mancha por Phaeosphaeria**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 35–60, 2004.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C. De; GAMA, E. E. G. e. Efeitos de diferentes técnicas de despendoamento na produção de milho. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 1, p. 77–82, 1999.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.

MAUCK, K. E.; DE MORAES, C. M.; MESCHER, M. C. Effects of pathogens on sensory-mediated interactions between plants and insect vectors. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 32, p. 53–61, 2016.

MELCHERT, N. A.; MANZANO, C.; VIRLA, E. G.; LUFT-ALBARRACIN, E. On how nitrogen fertilization affects the host election and oviposition behavior of the corn stunt spiroplasma vector, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 17, n. 5, p. 621–628, 2023.

MENESES, A. R.; QUERINO, R. B.; OLIVEIRA, C. M.; MAIA, A. H. N.; SILVA, P. R. R. Seasonal and vertical distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazilian corn fields. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 4, p. 750–754, 2016.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001.

MEURER, E. J. Potássio. Em: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira Ciência de Solo, 2006, p. 215–252.

NAULT, L. R. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. **Phytopathology**, v. 70, n. 7, p. 659–662, 1980.

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

NEVES, T. N.; FORESTI, J.; SILVA, P. R.; ALVES, E.; ROCHA, R.; OLIVEIRA, C.; PICANÇO, M. C.; PEREIRA, E. J. Insecticide seed treatment against corn leafhopper: helping protect grain yield in critical plant growth stages. **Pest Management Science**, v. 78, n. 4, p. 1482–1491, 2022.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.; DE OLIVEIRA, E. 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, n. 4, p. 1105–1111, 2020.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S. Cigarrinha-do-milho: aspectos taxonômicos e ecológicos, sobrevivência na entressafra. Em: OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M. (Eds.). **Doença em milho: mollicutes, vírus, vetores e mancha por *Phaeosphaeria***. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004b, p. 61–88.

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

OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. Chemical control of leafhopper *Dalbulus maidis* and effect on incidence of corn stunting diseases. Em: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O.

(Eds.). **Disease in maize: insect vectors, mollicutes and viruses**. 1. ed. Brasília: Embrapa, v. 1, 2017, p. 111–118.

OLIVEIRA, C. M. De; DE OLIVEIRA SABATO, E.; BARROS, B. A. Natural infectivity of *Dalbulus maidis* populations and incidence of corn stunt and virus diseases in maize over time. **Tropical Plant Pathology**, v. 48, n. 5, p. 575–580, 2023.

OLIVEIRA, C. M. De; FRIZZAS, M. R. Eight decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazil: What we know and what we need to know. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 1, p. 1–17, 2022.

OLIVEIRA, C. M. De; OLIVEIRA, E. De; SOUZA, I. R. P. De; ALVES, E.; DOLEZAL, W.; PARADELL, S.; LENICOV, A. M. M. D. R.; FRIZZAS, M. R. Abundance and species richness of leafhoppers and planthoppers (Hemiptera: Cicadellidae and Delphacidae) in Brazilian maize crops. **Florida Entomologist**, v. 96, n. 4, p. 1470–1481, 2013.

OLIVEIRA, E. De; RESENDE, R. de O.; GIMÉNEZ PECCI, M. de la P.; LAGUNA, I. G.; HERRERA, P.; CRUZ, I. Incidência de viroses e enfezamentos e estimativa de perdas causadas por mollicutes em milho no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 19–25, 2003.

OLIVEIRA, E. De; TERNES, S.; VILAMIU, R.; LANDAU, E. C.; MARTINS DE OLIVEIRA, C. Abundance of the insect vector of two different Mollicutes plant pathogens in the vegetative maize cycle. **Phytopathogenic Mollicutes**, v. 5, n. 1s, p. S117, 2015.

OLIVEIRA, E.; PAIVA, F. A. Diagnose e manejo dos enfezamentos causados por mollicutes. Em: OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M. (Eds.). **Doença em milho: mollicutes, vírus, vetores e mancha por *Phaeosphaeria***. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 133–46.

ONER, F. Effects of different sowing dates in some agronomic and morphologic characteristics in maize (*Zea mays* L.). **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 22, n. 5, p. 3993–4003, 2024.

PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. Em: PANIZZU, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole/CNPq, 1990, p. 9–65.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.

PÉREZ-LÓPEZ, E.; WIST, T.; RODRÍGUEZ, Y.; LUNA-RODRÍGUEZ, M.; OLIVIER, C. Y. Maize bushy stunt in native corn: implications for Mexican “subsistence farmers”. **Environment, Development and Sustainability**, v. 20, n. 4, p. 1797–1805, 2018.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, v. 133, n. 4, p. 670–681, 2008.

PINEDO-ESCATTEL, J. A.; MOYA-RAYGOZA, G. Diversity of leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) associated with border grasses and maize during the wet and dry seasons in Mexico. **Environmental Entomology**, v. 47, n. 2, p. 282–291, 2018.

PITRE, H. N. Observations on the life cycle of *Dalbulus maidis* on three plant species. **The Florida Entomologist**, v. 53, n. 1, p. 33–37, 1970.

POWELL, G.; TOSH, C. R.; HARDIE, J. Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives. **Annual Review of Entomology**, v. 51, n. 1, p. 309–330, 2006.

POWER, A. G. Influence of plant spacing and nitrogen fertilization in maize on *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae), vector of corn stunt. **Environmental Entomology**, v. 18, n. 3, p. 494–498, 1989.

PRESTIDGE, R. A. The influence of nitrogenous fertilizer on the grassland Auchenorrhyncha (Homoptera). **The Journal of Applied Ecology**, v. 19, n. 3, p. 735, 1982.

PRICE, P. W. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. **Oikos**, v. 62, n. 2, p. 244–251, 1991.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.**, R Foundation for Statistical Computing, 2023.

RAMOS, A. **Respostas comportamentais da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis*, a plantas infectadas pelo fitoplasma do milho.** 2021. 73p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 2021.

RAMOS, A.; ESTEVES, M. B.; CORTÉS, M. T. B.; LOPES, J. R. S. Maize bushy stunt Phytoplasma favors its spread by changing host preference of the insect vector. **Insects**, v. 11, n. 9, p. 600, 2020.

RIBEIRO, L. D. P.; DEDONATTI, E.; NESI, C. N. Management of southern corn rootworm and leafhoppers by treating seeds: Field assessments in maize second crop in Southern Brazil. **Maydica**, v. 63, n. 3, 2018.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops.** Ames, Iowa.: Iowa State University of Science and Technology, 1982.

SABATO, E. de O.; KARAM, D.; OLIVEIRA, C. M. De. Sobrevivência da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera Cicadellidae) em espécies de plantas da família Poaceae. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 12p, 2018.

SABATO, E. de O.; LANDAU, E. C. **Influência da temperatura nos sintomas causados pelo enfezamento pálido do milho.** Embrapa Milho e Sorgo: Circular técnica 151, Sete Lagoas, 6p, 2010.

SABATO, E. de O.; LANDAU, E. C.; COELHO, A. M. Effect of the corn stunt spiroplasma disease on maize production. **Acta Phytopathologica Sinica**, v. 43, p. 203–204, 2013.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; BARROS, B. A.; OLIVEIRA, C. M. Differential transmission of phytoplasma and spiroplasma to maize caused by variation in the environmental temperature in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 157, n. 1, p. 163–171, 2020.

SALIM, M.; SAXENA, R. C. Nutritional stresses and varietal resistance in rice: effects on whitebacked planthopper. **Crop Science**, v. 31, n. 3, p. 797–805, 1991.

SANTANA, P. A.; KUMAR, L.; DA SILVA, R. S.; PEREIRA, J. L.; PICANÇO, M. C. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. **Pest Management Science**, v. 75, n. 10, p. 2706–2715, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C. De; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

SCOTT, G. E. Virus and viruslike diseases of maize in the United States. In: GORDON, D. T.; KNOKE, J. K.; SCOTT, G. E. (Eds.). Ohio: Wooster, Ohio Agricultural Research and Development Center, 1981, p. 166–188.

SILVA, D. D.; AGUIAR, F. M.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Mollicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução? In: MEDEIROS, F. H. V.; PEDROSO, L. A.; GUIMARÃES, M. R. F.; SILVA, B. A. A. S.; ALMEIDA, L. G. F.; SILVA, F. J.; SILVA, R. L. M.; FERREIRA, L. C.; PEREIRA, A. K. M.; COUTO, T. B. R.; GOMES, V. A.; MEDEIROS, R. M.; VEIGA, C. M. O.; SILVA, M. F.; FIGUEREDO, Y. F.; GATTI, G. V. N.; NICOLLI, C. P. (Eds.). **Novos sistemas de produção**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2017, p. 32–52.

SILVEIRA, C. H. **Eficácia de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e da transmissão de espiroplasma do milho**. 2020. 76p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-20012020-162602/>. Acesso em: 11 dez. 2023.

SOUZA, V. T.; RIBEIRO, C. M.; SCALON, J. D.; GUEDES, F. L. Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 495–506, 2014.

SUMMERS, C. G.; NEWTON, A. S.; OPGENORTH, D. C. Overwintering of corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae), and *Spiroplasma kunkelii* (Mycoplasmatales: Spiroplasmataceae) in California's San Joaquin Valley. **Environmental Entomology**, v. 33, n. 6, p. 1644–1651, 2004.

TODD, J. L.; PHELAN, P. L.; NAULT, L. R. Interaction between visual and olfactory stimuli during host-finding by leafhopper, *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 7, p. 2121–2133, 1990.

TOFFANELLI, C. M.; BEDENDO, I. P. Efeito da população infectiva de *Dalbulus maidis* na produção de grãos e no desenvolvimento de sintomas do enfezamento vermelho do milho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 82–86, 2002.

TOLOY, R. S.; NOSE, N. P.; GIONGO, M. V.; CANGUSSU, A. S. R.; CAMPOS, F. S.; OOTANI, M. A.; RIBEIRO, J. M.; AGUIAR, R. W. S.; VITERI JUMBO, L. O.; OLIVEIRA, E. E.; SANTOS, G. R. Exploring natural infection in alternative hosts of corn stunt spiroplasma and tracking the temporal dynamics of corn stunt disease in the Brazilian cerrado biome. **Agronomy**, v. 14, n. 10, p. 2341, 2024.

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**, v. 78, n. 3, p. 291–315, 1985.

USDA. **United States Department of Agriculture, Production - Corn**. 2024. Disponível em: <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000>. Acesso em: 10 abr. 2024.

VAN NIEUWENHOVE, G. A.; FRÍAS, E. A.; VIRLA, E. G. Effects of temperature on the development, performance and fitness of the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae): Implications on its distribution under climate change. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 18, n. 1, p. 1–10, 2016.

VILANOVA, E. de S. **Efeito do estágio de desenvolvimento da planta e densidade populacional do vetor, *Dalbulus maidis*, sobre a transmissão e danos do fitoplasma do milho**. 2021. 84p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-26052021-105522/>. Acesso em: 11 fev. 2024.

VILANOVA, E. S.; RAMOS, A.; DE OLIVEIRA, M. C. S.; ESTEVES, M. B.; GONÇALVES, M. C.; LOPES, J. R. S. First report of a Mastrevirus (*Geminiviridae*) transmitted by the corn leafhopper. **Plant Disease**, v. 106, n. 5, p. 1330–1333, 2022.

VIRLA, E. G.; ALBARRACÍN, E. B. L.; DÍAZ, C.; VAN NIEUWENHOVE, G. A.; FERNÁNDEZ, F. D.; ARÁOZ, M. V. C.; MELCHERT, N. A.; CONCI, L. R.; PECCI, M. P. G. Bottom-up effect of nitrogen fertilization on the density of the corn leafhopper and its impact on both disease incidence and natural parasitism. **Journal of Pest Science**, v. 96, n. 1, p. 93–104, 2023.

VIRLA, E. G.; COLL ARAOZ, M. V.; LUFT ALBARRACIN, E. Estimation of direct damage to maize seedlings by the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), under different watering regimes. **Bulletin of Entomological Research**, v. 111, n. 4, p. 438–444, 2021.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; SANTOS, J. P. 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.

WEINTRAUB, P. G.; BEANLAND, L. Insect vector of phytoplasmas. **Annual Review of Entomology**, v. 51, n. 1, p. 91–111, 2006.

WHITCOMB, R. F.; CHEN, T. A.; WILLIAMSON, D. L.; LIAO, C.; TULLY, J. G.; BOVE, J. M.; MOUCHES, C.; ROSE, D. L.; COAN, M. E.; CLARK, T. B. *Spiroplasma kunkelii* sp. nov.: Characterization of the etiological agent of corn stunt disease. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 36, n. 2, p. 170–178, 1986.

ZURITA, Y. A. V.; ANJOS, N. Dos; 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.