

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA – PPGOL

FOSFONATO DE POTÁSSIO E SILICATO DE POTÁSSIO NO
MANEJO DO ENFEZAMENTO EM MILHO DOCE (*Zea mays*
var. saccharata)

Autor: Jethro de Moraes Borges
Orientadora: Dr^a Clarice Aparecida Megguer

MORRINHOS – GO

2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA – PPGOL

FOSFONATO DE POTÁSSIO E SILICATO DE POTÁSSIO NO
MANEJO DO ENFEZAMENTO EM MILHO-DOCE (*Zea mays*
var. saccharata)

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração: Olericultura.

MORRINHOS – GO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

B732f Borges, Jethro de Moraes.
Fosfato de potássio e silicato de potássio no manejo do enfezamento em milho doce (*Zea mays* var. *saccharata*). / Jethro de Moraes Borges. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2020.
33 f. : il. color.

Orientadora: Dra. Clarice Aparecida Megguer
Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Olericultura, 2020.

1. Cigarrinha do milho . 2. Doenças do milho. 3. Nutrição Vegetal.
4. Indutores de Resistência. I. Megguer, Clarice Aparecida. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 633

Fonte: Elaborado pelo Bibliotecária-documentalista Poliana Ribeiro, CRB1/3346



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

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Letícia de Moraes Borges
 Matrícula: 2019104330410033
 Título do Trabalho: Fermentação de potássio e utilização de potássio no manejo de empacotamento em milho doce (zea mays var. saccharata).

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
 O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

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

Morrinhos 27/11/20
Local Data

Letícia de Moraes Borges
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

[Assinatura]
Assinatura do(a)-orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 7/2020 - SGPGPI-MO/GPGPI-MO/DGC-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

FOSFONATO DE POTÁSSIO E SILICATO DE POTÁSSIO NO MANEJO DO ENFEZAMENTO EM MILHO DOCE (*Zea mays var. saccharata*)

Autor: Jethro de Morais Borges

Orientadora: Clarice Aparecida Megguer

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração em Sistema de Produção em Olerícolas.

APROVADA em 14 de agosto de 2020

Prof^ª. Dr^ª. Clarice Aparecida Megguer

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Tulio de Almeida Machado

Avaliador Interno

IF Goiano – Campus Morrinhos

Dr. Bruno Henrique Garcia Costa

Avaliador Externo

Agrichem do Brasil

Documento assinado eletronicamente por:

- **Bruno Henrique Garcia Costa, Bruno Henrique Garcia Costa - Professor Avaliador de Banca - Agrichem do Brasil S/A (03860998000192)**, em 14/08/2020 15:59:08.
- **Tulio de Almeida Machado, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/08/2020 14:33:13.
- **Clarice Aparecida Megguer, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/08/2020 13:56:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/08/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 173820

Código de Autenticação: 81bd2868b8



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, Morrinhos / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

A minha esposa, pela parceria, motivação em todas as etapas deste trabalho.

A professora Clarice Aparecida Megguer, pelo apoio e atenção dada a mim na realização deste trabalho.

Ao Roberval Pavan, que tornou possível a realização deste projeto disponibilizando sua área e seu tempo.

Ao Bruno H. Garcia Costa, que cooperou bastante com conhecimento e informações relevantes.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, por proporcionar a oportunidade de melhorar meus conhecimentos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Olericultura, pela dedicação e ensinamentos.

A empresa Agrichem do Brasil, pela parceria.

Agradeço a todos que de uma forma ou de outra contribuíram em algum momento para conclusão deste trabalho.

Enfim e principalmente a Deus, que dá a todos nós a capacidade de realizar tarefas como esta.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jethro de Moraes Borges, filho de Regina Maria de Moraes Borges e Jonatas Martins Borges. Nasceu no dia 10 do mês de dezembro de 1971 em Goiânia – Goiás. Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás no ano de 1996. Pós-graduado em Gerenciamento de Micro e Pequenas Empresas pela Universidade Federal de Lavras no ano de 2005. Ingresso ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos no ano de 2018 com conclusão em 2020.

ÍNDICE GERAL

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
CAPÍTULO I.....	11
SILICATO DE POTÁSSIO E FOSFONATO DE POTÁSSIO NA REDUÇÃO DO ENFEZAMENTO E NO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE MILHO DOCE (<i>Zea mays</i> L.).....	11
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1 Instalação do experimento.....	14
2.2 Características avaliadas	17
2.3 Análise estatística.....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÕES	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

RESUMO

BORGES, JETHRO DE MORAIS. Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, agosto de 2019. **Fosfonato de potássio e silicato de potássio no manejo do enfezamento em milho doce (*Zea mays* var. *saccharata*)**. Orientadora: Clarice Aparecida Megguer.

No Brasil o cultivo de milho doce (*Zea mays* L.), do gênero *Zea*, é considerado uma hortaliça voltada para o processamento industrial e as características exigidas pelas indústrias são cultivares com maior teor de açúcar e menor teor do amido, além de maturação, tamanho e formato de espigas uniformes. Os enfezamentos transmitidos pela cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) vêm ocasionando fatores limitantes na produtividade e, conseqüentemente, na qualidade da espiga e dos grãos. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o potencial de formulações comerciais, consideradas de alta tecnologia, em condições de campo, na redução do enfezamento do milho doce. Os tratamentos consistiram em formulações à base de fosfonato de potássio e silicato de potássio com suas combinações, posicionados em três épocas de aplicação (V3, V6 e V3 + V6) e um tratamento controle. As características avaliadas foram: altura da planta e altura da inserção da espiga, diâmetro do colmo, produtividade e sintomas nas espigas como espigas secas ou com má formação de grãos. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), com 4 repetições. Conclui-se com o presente estudo que a aplicação de silicato de potássio em V3 proporcionou aumento na produtividade e redução dos sintomas nas espigas, assim, como o fosfonato de potássio aplicado de forma sequencial proporcionou redução dos sintomas nas espigas.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L.; indução de resistência; silicato; fosfonato.

ABSTRACT

BORGES, JETHRO DE MORAIS. Goiano Federal Institute - Morrinhos Campus, august 2019. **Potassium phosphonate and potassium silicate in the management of corn stunt in sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*)**. Advisor: Clarice Aparecida Megguer.

In Brazil, the cultivation of sweet corn, of the genus *Zea*, is considered a vegetable focused on industrial processing and the characteristics required by the industries are cultivars with higher sugar content and lower starch content, in addition to maturation, size and shape of uniform ears. The stunts transmitted by the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*) have been causing limiting factors in productivity and, consequently, in the ear and grains quality. The objective of the present work was to evaluate the potential of formulations considered to be high technology, under field conditions, in reducing the corn stunt of sweet corn. The design used was randomized complete blocks (DBC), with 4 replications. The treatments consisted of formulations based on potassium phosphonate and potassium silicate with their combinations a control treatment, positioned in three application times (V3, V6 and V3 + V6). The characteristics evaluated were: plant height and ear insertion height, stem diameter, productivity and symptoms in ears such as dry ears or with poor grain formation. It is concluded with the present study that the potassium silicate application in V3 provided an increase in productivity and reduction of symptoms in the ears, as well as the potassium phosphonate applied sequentially provided a reduction of symptoms in the ears.

KEY WORDS: *Zea mays* L.; resistance induction; silicate; phosphonate.

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o cultivo de milho doce (*Zea mays* L.) tem como principal destino o processamento pelas indústrias de conservas (Oliveira Junior et al., 2006), devido aos grãos apresentarem alto teor de açúcares e baixo teor de amido (Zucareli et al., 2012) exigindo matéria-prima de qualidade para o processamento. No entanto, ter alta produtividade nem sempre coincide com espigas que atendam as qualidades exigidas para obtenção de alto rendimento industrial (Cruz et al., 2014).

As doenças, especificamente, os enfezamentos transmitidos pela cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) vem ocasionando fatores limitantes na produtividade e, conseqüentemente, na qualidade da espiga e dos grãos. O manejo de doenças pela nutrição mineral de plantas deveria ser algo priorizado, uma vez que, os nutrientes fazem parte fundamental de funções essenciais como respiração e fotossíntese, destacando-se, ainda, sua importância no metabolismo secundário, que plantas desenvolvem autodefesas, sendo estas diretamente dependentes da condição nutricional das mesmas (Resende, 2017).

Produtos à base de fosfonato de potássio (33,6% p/p P_2O_5 , 29% p/p K_2O e d:1,52 KgL^{-1}) e silicato de potássio (17,3% p/p K_2O , 7,3% p/p Si e d:1,37 KgL^{-1}), são formulações consolidadas como promotores de resistência em plantas, dessa forma, em busca de alternativas para o controle de enfezamentos na cultura do milho-doce, considerando que o controle químico é difícil tanto do inseto vetor como dos mollicutes (Ramos, 2017), objetivou-se com essa pesquisa avaliar o potencial dessas formulações comerciais, na indução de resistência da cultura, em busca de um controle mais eficiente que traria benefícios econômicos para cadeia produtiva do milho-doce.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho doce para processamento industrial

O milho doce (*Zea mays* L.) é uma planta monocotiledônea, herbácea, pertencente à família Poácea ou Gramínea, que teve origem nas Américas Central e do Sul, provavelmente da região onde se situa o México. Acredita-se que existam a cerca de 300 variedades de milho doce com polinização aberta no mundo (Aragão, 2002). No Brasil, segundo banco ativo de germoplasma de milho, existem apenas 20 acessos classificados como milho doce que são originários, na maioria, de genótipos melhorados (Teixeira et al., 2011).

O milho doce é classificado como especial pois é destinado exclusivamente ao consumo humano, por meio de conserva, como milho verde e *in natura* (Pereira Filho et al., 2003), sendo o consumo na forma *in natura* muito popular nos Estados Unidos e Canadá (Bordallo et al., 2005). No Brasil, é considerado uma hortaliça voltada para o processamento industrial, e as indústrias preferem cultivares que possuem maior teor de açúcar e menor teor de amido, além de maturação, tamanho e formato de espigas uniformes (Nakagawa et al., 2012).

Segundo Barbieri et al. (2005), a área mundial cultivada é de 900 mil hectares, enquanto no Brasil, cultivam-se 36 mil hectares e movimenta a cerca de R\$ 550 milhões por ano, já a produção de milho doce está concentrada nos estados de Goiás (28.000 ha), seguido de São Paulo (4.000 ha), Rio Grande do Sul (3.000 ha) e Minas Gerais (1.000 ha), onde quase toda a produção é destinada ao processamento industrial (Pereira Filho; Teixeira, 2016). O Estado de Goiás se destaca como o maior produtor com milho doce pela possibilidade de cultivo durante o ano todo e, por isso, tem as maiores indústrias processadoras, o que torna esta região competitiva no mercado nacional e internacional (Miranda, 2016).

Em comparação com o milho comum, tanto a botânica e a reprodução do milho doce, são idênticas (Aragão, 2002). No entanto, difere-se por conter pelo menos um dos oito genes mutantes que afetam a biossíntese de carboidratos no endosperma, a partir dos quais deixam os grãos com altos teores de sacarose e baixas concentrações de amido no estágio de grão leitoso, além de enrugados e translúcidos quando esses atingem a maturidade fisiológica (Sousa et al., 2012). Isso resulta diferenças na textura e viabilidade das sementes, assim como, no sabor, aroma e maciez (Magalhães et al., 2016).

Existem poucas opções de cultivares de milho doce produzidos no Brasil, sendo sua produção usualmente associada a contratos de produtores com a indústria processadora, nesse caso, para a produção de grãos de milho em conserva, desidratados e congelados. Destaca-se seu uso diversificado podendo ser comercializado como espigas de grãos verdes na forma “in natura” com palha, espiguetas sem palha (*baby corn*), espigas sem palha minimamente processadas, e, ainda, após a colheita, a palhada da cultura pode ser ensilada. Já o “maior teor de açúcares” inviabiliza o processamento de alguns pratos, como o curau e a pamonha (Pereira Filho et al., 2016).

O milho doce é caracterizado como uma hortaliça pelo curto espaço de tempo que leva do plantio à colheita, sendo o ponto de colheita no estágio inicial de grãos leitosos, em R₃, ou seja, entre 20 e 28 dias após o florescimento, com 70% a 80% de umidade, e o avanço da maturação dos grãos faz com que a maior parte do açúcar seja convertido em amido e a umidade reduzida confere maior resistência ao pericarpo (Magalhães et al., 2016). No milho verde comum, a média de açúcares é aproximadamente 3%, enquanto no milho doce pode variar de 9% a 14%, sendo o superdoce de até 25% (Pereira Filho; Teixeira, 2016).

2.2 Enfezamentos em plantas de milho doce

Há duas décadas a cultura de milho, no geral, era considerada rústica sobre o que diz respeito a ocorrência de doenças, no entanto, este cenário mudou fortemente através dos atuais sistemas de produção, aumento do cultivo no sistema de “safrinha” e de sistemas irrigados, quebrando a sazonalidade de plantio. Nesse sentido as doenças são um dos principais fatores limitantes para a produtividade, em vista das perdas que elas têm ocasionado para a produção (Baumgratz; Alencar, 2015).

Os enfezamentos são causados por patógenos pertencentes à classe Mollicutes, cuja transmissão é feita de forma persistente-propagativa pela cigarrinha *Dalbulus maidis*

(Cota et al., 2016). Este inseto é responsável por transmitir dois mollicutes do gênero *Micoplasma* (Baumgratz; Alencar, 2015):

- *Spiroplasma kunkelli* – responsável pela doença conhecida como enfezamento pálido, caracteriza-se por estrias cloróticas claras da base para o ápice das folhas. Os espiroplasmas infectam o sistema radicular e, em seguida, o floema;
- *Phytoplasma* – responsável pela doença conhecida como enfezamento vermelho, caracteriza-se principalmente pelo avermelhado das folhas a partir das margens e do ápice, seguido por seca. Os fitoplasmas infectam o floema das plantas de milho.

Esta espécie de cigarrinha também é o vetor responsável pela transmissão de um *Potyvirus* conhecido como Vírus da Risca do Milho.

Os sintomas de enfezamento se manifestam na fase de produção da planta, de maneira geral, apresentam, principalmente, descoloração nas margens das folhas, seguida por avermelhamento ou por seca, sintomas esses bem visíveis nas folhas superiores. Outros sintomas podem ser observados, como: plantas doentes ficam debilitadas facilitando a entrada de outros patógenos causando a seca e morte precoce das plantas, redução na altura da planta e no tamanho da espiga (podendo apresentar grãos chochos ou poucos grãos), proliferação de espigas, perfilhamento e, como consequência mais drástica, podem ocorrer tombamento e quebraimento do colmo a partir dos 85 dias do plantio (Sabato, 2016).

A redução na produção da lavoura de milho é diretamente proporcional à frequência de plantas infectadas, de acordo, com o nível de tolerância da cultivar utilizada que pode ser superior a 70% e quanto mais jovens as mesmas forem infectadas (Sabato, 2016).

A cigarrinha (*Dalbulus maidis*) é o único inseto-vetor dos microrganismos que causam o enfezamento-pálido e o enfezamento-vermelho, além disso, alimenta-se e se reproduz só no milho. Através do floema da planta infectada adquire os mollicutes (um ou ambos), que se multiplicam nos tecidos da sua glândula salivar e, após período latente de cerca de 3 a 4 semanas, torna-se infectante. Os mollicutes se multiplicam nos tecidos do floema da planta de milho “sadia” e afetam sua nutrição, seu metabolismo celular e sua fisiologia. Temperaturas noturnas acima de 17°C e diurnas acima de 27°C favorecem a multiplicação dos mollicutes na cigarrinha e na planta, acelerando a transmissão e a manifestação de sintomas (Viana et al., 2016).

2.3 Fosfonato de potássio e Silicato de potássio

O uso de cultivares resistentes é o método de controle mais eficiente e recomendado para o controle de cigarrinhas (*Dalbulus maidis*), no entanto, não foram identificadas cultivares de milho com essa potencialidade até o momento, apenas a nível de tolerância (Viana et al., 2016). Medidas são adotadas para amenizar o problema, como: eliminação de milho “tiguera”, cultivo em mais de uma safra ao ano, sugere-se analisar a sincronia de semeadura na região, rotação de cultivares de milho, evitar semeadura próxima a lavoura com alta incidência dos enfezamentos, tratamento de sementes e realização de uma ou duas pulverizações nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, caso não houver entrada contínua de cigarrinhas infectantes (Sabato, 2016).

Atualmente, medidas promissoras como a indução de resistência favorece a sustentabilidade do sistema de cultivo, assim como a utilização racional de fungicidas químicos de forma integrada com essa e outras medidas de controle (Barros, 2011).

Os diversos mecanismos que os vegetais desenvolveram para resistir localmente à infecção de um patógeno, inclui: imunidade desencadeada por padrões moleculares associados a microrganismos, a imunidade desencadeada por efetores, a produção de agentes antimicrobianos, morte celular programada chamado de resposta de hipersensibilidade, além de dois tipos de imunidade vegetal sistêmica, referidos como resistência sistêmica adquirida (RSA ou SAR – systemic acquired resistance) e resistência sistêmica induzida (RSI ou ISR – induced systemic resistance) (Taiz et al., 2017).

A indução de resistência sistêmica é eficiente contra a infecção de diversos patógenos, em que a ativação deste sistema, resulta na expressão de mecanismos de defesa relacionados com a produção de substâncias tóxicas ao patógeno e/ou formação de barreiras estruturais que restringem a colonização dos tecidos (Gurgel et al., 2005). Assim, plantas se tornam capazes de resistir ao ataque de um potencial patógeno quando previamente tratadas com indutores de respostas de defesa (Montesano et al., 2003). A resistência resultante pode ser de amplo espectro e de longa duração, mas raramente é completa, com a maioria dos agentes indutores reduzindo a doença entre 20 e 85% (Walters; Ratsep; Havis, 2013).

A indução de resistência, geralmente, ocorre pela ativação de genes que codificam uma série de proteínas (quitinases, β 1,3-glucanases, lisozimas, peroxidases e osmotinas, dentre outras), com estruturas e funções variadas, mas todas relacionadas aos processos de defesa durante à patogênese, além disso, respostas de defesa têm sido associadas também a enzimas com atividades antioxidantes (superóxido dismutase,

catalase, peroxidase, glutationa-redutase e ascorbato peroxidase), e também produtos da rota dos fenilpropanoides, como lignina e compostos fenólicos (ácido clorogênico, catecol, flavonoides, dentre outros) (Taiz et al., 2017).

Nesse contexto, a indução de autodefesas por fosfonatos se explica pela produção induzida de fitoalexinas, que são metabólitos secundários de baixo peso molecular, de natureza não proteica e que possuem ampla atividade antimicrobiana (Rezende, 2017); Lignina, no estabelecimento de barreiras mecânicas ao avanço e ao crescimento do patógeno, na modificação da parede celular tornando-a mais resistente (Latunde - Dada; Lucas, 2001); proteínas de defesa como as quitinases e as β -1,3-glucanases, produzidas pela planta, que degradam eficientemente a quitina e polímeros de β -1,3-glucana, respectivamente, que são os principais componentes da parede celular de fungos; e peroxidases, que não só oxidam os compostos fenólicos, como aumentam a velocidade de polimerização destes em substâncias similares à lignina, que se depositam na parede celular e impedem o posterior crescimento e desenvolvimento de patógenos, além disso, essas enzimas estão também envolvidas na eliminação de radicais livres e impedindo o crescimento de lesões necróticas nas folhas e raízes (Rezende, 2017).

O silicato de potássio, segundo Lima Filho (2008), é uma tecnologia utilizada para reduzir a utilização de fitossanitários na agricultura, uma vez que o silício (Si) é um nutriente importante na integridade estrutural, sendo depositado em forma de sílica amorfa em paredes celulares, contribuindo para as propriedades mecânicas das paredes celulares incluindo a rigidez e elasticidade (Taiz et al., 2017). Este, aplicado via foliar, de forma preventiva, não é redistribuído nos tecidos das plantas e sua ação se restringe ao local onde foi aplicado, exigindo boa cobertura e distribuição do produto na superfície foliar (Figueiredo; Rodrigues, 2007). Nesse sentido ressalta-se que o potássio, entre suas funções, destaca-se por amenizar os efeitos de estresses bióticos e abióticos e, com isso, contribui no aumento da qualidade do produto agrícola (Taiz et al., 2017).

2.4 Referências bibliográficas

ARAGÃO, C.A. **Avaliação de híbridos simples braquíticos de milho super doce (*Zea mays* L.) portadores do gene *shrunken--2* (*sh2sh2*) utilizando o esquema dialélico parcial**. Botucatu, 2002, 101p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

BARBIERI, V.H. B.; LUZ, J.M.Q.; BRITO, C.H. de; DUARTE, J.M.; GOMES, L.S.; SANTANA, D.G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Hortic. Bras.**, Brasília, v.23, n.3, p. 826-830, 2005.

BARROS, R. Estudo sobre a aplicação foliar de acibenzolar-s-metil para indução de resistência à ferrugem asiática em soja e cercosporiose em milho. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.78, n.4, p.519-528, out./dez., 2011.

BAUMGRATZ, C.; ALENCAR, V. J. “Enfezamentos e Víroses em Milho”. **Comunicado Técnico – DuPont Pioneer** – Ed. 13 (novembro/2015): 1 – 8.

BORDALLO, P.N.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GABRIEL, A.P.C. Análise dialéctica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Hort. Bras.**, Brasília, v.23, n.1, p.123-127, 2005.

COTA, L. V.; SILVA, D. D. da.; COSTA, R. V. da. Controle de doenças do milho-doce. In: PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. (editores técnicos). **O Cultivo do Milho Doce**. 1ª Edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2016. Cap.9, p.169-179.

CRUZ, C. A. **Produtividade e rendimento industrial do milho doce irrigado em função de dose e parcelamento de nitrogênio**. 2014. 25 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2014.

FIGUEIREDO, F. C; RODRIGUES, C. R. Silício Líquido Solúvel: A sinergia entre a nutrição e defesa de plantas. **Campos & Negócios. Uberlândia** v.5, n.65, 2007.

GURGEL, L.M.S.; OLIVEIRA, S.M.A. de; COELHO, R.S.B.; SILVA, R.L.X. da. Proteção da murcha de fusário do tomateiro com acibenzolar-S-metil e ácido β -aminobutírico, em campo. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, n.6, p.655-657, 2005.

LATUNDE-DADA, A.O.; LUCAS, J.A. The plant defence activator acibenzolar-S-methyl primes cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) seedlings for rapid induction of resistance. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.58, p. 199-208, 2001.

LIMA FILHO, O. F. Silicatos na agricultura: tecnologia com muitas vantagens. **DBO Agrotecnologia**, São Paulo, Ano 5 - nº17, p. 25, 2008.

MAGALHÃES, P. C.; LAVINSKY, A. O.; SOUZA, T. C. Aspectos fisiológicos do milho-doce. In: PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. (editores técnicos). **O Cultivo do Milho Doce**. 1ª Edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2016. Cap.2, p.39-52.

MIRANDA, R. A. de. Aspectos econômicos de mercado do milho-doce. In: PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. (editores técnicos). **O Cultivo do Milho Doce**. 1ª Edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2016. Cap.15, p.291-298.

MONTESANO, M.; BRADER, G.; PALVA, E. T. Pathogen derived elicitors: searching for receptors in plants. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 4, n. 1, p. 73-79, Jan. 2003.

NAKAGAWA, A. C. S.; MARINO, T. P.; LOPES, K. B.; DALTO, P. G.; KRAUSE, M. D.; CAVALCANTE, A. P.; DIAS, H. A. C.; KOLTUN, A.; ROCKEMBACHER, R.; PAIVA, M. R. C.; MOREIRA, R. M. P.; FERREIRA, J. M. Potencial agrônomico de populações de milho superdoce portadoras do gene Brittle-2. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29.,2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos**. Campinas: Instituto Agrônomico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M. G.; CHIQUIERE, T. B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 159-165, 2006.

PEREIRA FILHO, I. A., CRUZ, J. C., BORGHI, E. Cultivares de milho-doce. In: PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. (editores técnicos). **O Cultivo do Milho Doce**. 1ª Edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2016. Cap.3, p.55-60.

PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. (editores técnicos). **O Cultivo do Milho Doce**. 1ª Edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2016.

RAMOS, A. A. “Enfezamentos: Problemas Encontrados pelos Milhocultores”. **Revista Campo e Negócios** (novembro/2017): 48 – 51.

RESENDE, M. L. V. de. **Muito além da nutrição**. 2017. Disponível em: <<https://portaldoprodutor.agr.br/?pag=noticias.php&id=593>>. Acesso em 01 de julho 2020.

SABATO, E. O. **Cenário e Manejo de Doenças Disseminadas pela Cigarrinha no Milho**. Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica).

SOUSA, S. M. de; PAES, M. C. D.; TEIXEIRA, F. F. **Milho doce: origem de mutações naturais**. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 41p. (Embrapa Milho e Sorgo – Documentos, 144).

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª edição; Editora Artmed, Porto Alegre - RS, 858 p, 2017.

TEIXEIRA, F. F.; GUIMARÃES, L. L. M.; GUIMARÃES, P. E. O.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; SILVA, A. R. Pré-melhoramento do milho. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G.; FOLLE, S. M.; GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p.571-614.

TEIXEIRA, F. F.; SOUZA, I. R. P.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação

entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.483-488, 2001.

VIANA, P. A.; MENDES, S. M.; CRUZ, I. Controle de pragas do milho-doce. In: PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. (editores técnicos). **O Cultivo do Milho Doce**. 1ª Edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2016. Cap.10, p.183-203.

WALTERS, D. R.; RATSEP, J.; HAVIS N. D. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 5, p. 1263–1280, 2013.

ZUCARELI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I. C. B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 480-487, 2012.

CAPÍTULO I

SILICATO DE POTÁSSIO E FOSFONATO DE POTÁSSIO NA REDUÇÃO DO ENFEZAMENTO E NO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE MILHO DOCE (*Zea mays* L.)

RESUMO

BORGES, JETHRO DE MORAIS. Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, agosto de 2019. **Silicato de potássio e fosfonato de potássio na redução do enfezamento e no aumento da produtividade de milho doce (*Zea mays* L.).** Orientadora: Clarice Aparecida Megguer.

A cultura do milho (*Zea mays* L.), antes considerada rústica em termos de ocorrência de doenças, vem sofrendo drásticas mudanças no sistema de produção, principalmente, pela intensificação do cultivo “safrinha” e de sistemas irrigados, assim como, pela falta de política de vazio sanitário. Essas mudanças vêm expondo a cultura o ano todo no campo, aumentando a pressão de doenças, como os enfezamentos, transmitidos pela cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*). Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o potencial de formulações, contendo os nutrientes fósforo e potássio (fosfonato) e os nutrientes silício e potássio (silicato de potássio), em condições de campo, na redução do enfezamento do

milho doce. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), com 4 repetições. Os tratamentos consistiram de T1: controle; T2: 1,0 L ha⁻¹ de fosfonato de potássio (Yantra®); T3: 1,0 L ha⁻¹ de silicato de potássio (Supa Sílica®); T4: 1,0 L ha⁻¹ de fosfonato de potássio (Yantra®) + 1,0 L ha⁻¹ de silicato de potássio (Supa Sílica®), posicionados em três épocas de aplicação (V3, V6 e V3 + V6). As características avaliadas foram: altura da planta e altura da inserção da espiga, diâmetro do colmo, produtividade e sintomas como espigas secas ou com má formação de grãos. Conclui-se com o presente estudo que a aplicação de silicato de potássio em V3 proporcionou aumento na produtividade e redução dos sintomas nas espigas, assim como o fosfonato de potássio aplicado de forma sequencial proporcionou redução dos sintomas nas espigas.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L.; cigarrinha; fosfanato de potássio; silicato de potássio.

ABSTRACT

BORGES, JETHRO DE MORAIS. Goiano Federal Institute - Morrinhos Campus, august 2019. **Potassium silicate and potassium phosphonate to reduce corn stunt and increase productivity of sweet corn (*Zea mays* L.).** Advisor: Clarice Aparecida Megguer.

The corn crop, previously considered rustic in terms of the diseases occurrence, has undergone drastic changes in this scenario, either due to the professionalization of production systems, the intensification of “off season” cultivation and irrigated systems, due to the lack of a sanitary vacuum policy, that is, exposing the culture all year round in the countryside. Thus, diseases are one of the main factors limiting productivity. The last adversities encountered by the crop are the corn stunt transmitted by the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*). The objective of this study was to evaluate the potential of formulations considered to be of high technology, containing the nutrients phosphorus and potassium (phosphonate) and the nutrients silicon and potassium (potassium silicate), under field conditions, in reducing the corn stunt of sweet corn. The design used was randomized blocks (DBC), with 4 replications. The treatments consisted of T1: control; T2: 1.0 L ha⁻¹ of potassium phosphonate (Yantra®); T3: 1.0 L ha⁻¹ of potassium silicate

(Supa Silica®); T4: 1.0 L ha⁻¹ of potassium phosphonate (Yantra®) + 1.0 L ha⁻¹ of potassium silicate (Supa Silica®), positioned in three application times (V3, V6 and V3 + V6). The characteristics evaluated were: plant height and ear insertion height, stem diameter, productivity and symptoms in ears such as dry ears or with poor grain formation. It is concluded with the present study that the application of potassium silicate in V3 provided an increase in productivity and reduction of symptoms in the ears, as well as the potassium fofonate applied sequentially provided a reduction of symptoms in the ears.

KEYWORDS: *Zea mays* L.; leafhopper; potassium phosphatate; potassium silicate.

1. INTRODUÇÃO

Os enfezamentos transmitidos pela cigarrinha (*Dalbulus maidis*), estão presentes na cultura do milho em todas as épocas de plantio (verão, safrinha e inverno), e o que favorece esse cenário é o cultivo ou a “tiguera” da espécie durante todo o ano. Atualmente, destaca-se o aumento no potencial da transmissão de enfezamentos independente da região ou da época (Ramos, 2017).

O controle químico é difícil, tanto do inseto vetor como dos mollicutes. O que se recomenda é um tratamento de sementes (neonicotinoides e piretroides) e pulverizações, com poucos inseticidas registrados, principalmente, na fase inicial do estabelecimento da cultura, além disso, o uso de cultivares com tolerância satisfatória. Outra prática válida é a destruição de milho “tiguera”, uma vez que, diminui a chance de sobrevivência dos insetos e, conseqüentemente, a doença (Baumgratz; Alencar, 2015).

No Brasil, estima-se que o dano econômico anual é de mais de US\$ 20 milhões de dólares apenas na cultura do milho, devido, exclusivamente às pragas. Em 2017, algumas empresas de produção de sementes de milho convencional chegaram a realizar 19 aplicações de inseticidas e ainda provocando perdas de produtividades de sementes, justificando o alto custo de controle da cigarrinha (Ramos, 2017).

Na literatura, encontra-se amplas discussões mostrando que o uso de produtos que induz a resistência em plantas contra fungos, bactérias, vírus e até insetos, é comum e pode ser importante na defesa do hospedeiro contra doenças (Teixeira, 2011). Além disso, uma boa nutrição de plantas colabora para um menor dano destes fitopatógenos,

como o silício, que está entre os nutrientes mais estudados em indução de resistência sistêmica em plantas (Miranda et al.,2018).

Dessa forma, as novas gerações de produtos que promovem o balanço metabólico ideal para condições adversas estão ganhando cada vez mais espaço, como uma das alternativas para o manejo integrado de doenças e pragas (Agrichem Brasil, 2000). Neste sentido, sob condições de campo, objetivou-se avaliar a eficiência de indutores abióticos na redução da severidade de enfezamentos transmitidos pelas cigarrinhas infectantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em área comercial irrigada por pivô central em Morrinhos – GO, localizada a altitude de 743 m, 17°48'08" S e 48°54'03" W, em sistema de plantio direto na safra 2019. Para a semeadura foi utilizada a cv. Seminis® SV0006SN, híbrido que responde a alto investimento em adubação, recomendado para plantio o ano todo, com alta tolerância a acamamento, teto produtivo alto a cerca de 20 ton./ha e 40-44% de rendimento de grãos (Seminis, 2016).

O plantio foi realizado no dia 15 de março de 2019, época caracterizada por períodos úmidos na região do cerrado central (Cardoso et al., 2014), com temperatura máxima média de 29,4 C e mínima média de 19,1 C.1 Espaçamento de 0,5 m entre fileiras e 3,2 plantas por metro linear, caracterizando a população de 64 mil plantas há⁻¹.

O manejo fitossanitário necessário ao desenvolvimento da cultura, bem como a recomendação de adubação, seguiu orientações dos técnicos da indústria de processamento de milho doce, marca Olé, presente na região. O controle de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva, alternando produtos de diferentes modos de ações, neonicotinoides e organofosforados, com aplicações pré-definidas e através de pulverizações foliares.

Armadilhas adesivas foram instaladas ao local apenas para confirmar a presença da praga, conforme figura 1.



Figura 1. Armadilha adesiva imposta para a confirmação da presença de cigarrinha na cultura do milho doce, em Morrinhos - GO. Fonte: Jethro de Morais Borges (2019).

As plantas de milho doce foram pulverizadas com os seguintes produtos comerciais: fosfonato de potássio (33,6% p/p P₂O₅ e 29% p/p K₂O) e uma formulação de silicato de potássio combinado com Ácido Húmico (17,3% p/p K₂O e 7,3% p/p Si), em duas épocas de aplicação, num total de 4 tratamentos, conforme a tabela 1.

Os tratamentos foram compostos por: T1: controle; T2: 1,0 L há⁻¹ de fosfonato de potássio (Yantra®); T3: 1,0 L há⁻¹ de silicato de potássio (Supa Sílica®); T4: 1,0 L há⁻¹ de fosfonato de potássio (Yantra®) + 1,0 L há⁻¹ de silicato de potássio (Supa Sílica®). Tabela 1. Tratamentos e épocas de aplicação de produtos à base de fosfonato de potássio e silicato de potássio.

TRATAMENTOS	ÉPOCAS DE APLICAÇÃO	PRODUTOS
T1	V3	CONTROLE
	V6	CONTROLE
	V3 E V6	CONTROLE
T2	V3	FOSFONATO DE POTÁSSIO
	V6	FOSFONATO DE POTÁSSIO
	V3 E V6	FOSFONATO DE POTÁSSIO
T3	V3	SILICATO DE POTÁSSIO
	V6	SILICATO DE POTÁSSIO
	V3 E V6	SILICATO DE POTÁSSIO
T4	V3	FOSFONATO + SILICATO
	V6	FOSFONATO + SILICATO
	V3 E V6	FOSFONATO + SILICATO

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC), com 4 repetições e cada parcela experimental composta de 5 metros de comprimento e 2,40 m de largura, sendo a área útil constituída de 12 m², com distância de 2 m entre parcelas (Figura 2). Para avaliações foram consideradas as três linhas centrais desprezando as bordaduras.



Figura 2. Vistas das parcelas experimentais impostas a campo, em Morrinhos – GO. Fonte: Jethro de Moraes Borges (2019).

A tecnologia de aplicação utilizada foi um pulverizador costal pressurizado com CO₂ e pressão constante de 28 lbf/pol², contendo uma barra com seis bicos cônicos vazios - laranja, distanciados em 40 cm, totalizando em 2,40 m de comprimento, calibrada com volume de calda correspondente a 140 Lha⁻¹ (Figura 3A) e altura de trabalho da barra foi de aproximadamente 70 cm (Figura 3B).



Figura 3. Regulagem da barra de aplicação (A) e momento da segunda época de aplicação (B), em Morrinhos – GO. Fonte: Jethro de Moraes Borges (2019).

2.2 Características avaliadas

Após o pendoamento, 57 dias após o plantio, determinou-se o diâmetro transversal do colmo na altura da inserção da espiga, medido com paquímetro digital (Digimess) (Figura 4A), altura de inserção de espiga e altura da última folha com auxílio da trena (Figura 4B), numa amostra de 30 plantas das fileiras centrais desprezando as bordaduras. Já a incidência dos enfezamentos foi determinada, após estágio fenológico R3, 92 dias após o plantio, por meio da contagem do número de plantas da parcela que apresentavam alguma anormalidade nas espigas, como espiga seca prematura com grãos pequenos, manchados, frouxos ou chochos, conforme Silveira et al. (2008) (Figura 5A). Para avaliar a produtividade de grãos com espiga, as mesmas foram colhidas e a massa da matéria fresca determinadas com o auxílio de uma balança com capacidade para 50 kg (Tomate – modelo STC-2) sendo os valores estimados em kg ha^{-1} (Figura 5B).



Figura 4. Características avaliadas: diâmetro do colmo na altura da inserção da espiga, com paquímetro digital (A) e altura da inserção da espiga e altura de planta com trena (B), em Morrinhos – GO. Fonte: Jethro de Moraes Borges (2019).



Figura 5. Sintomas nas espigas (A) e momento de colheita e estimativa de produtividade (B), em Morrinhos – GO. Fonte: Jethro de Moraes Borges (2019).

2.3 Análise estatística

As características avaliadas foram submetidas à análise de variância (teste F), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (Sistema de Análise de Variância) (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, observa-se que os valores para altura de planta e altura de inserção de espiga não apresentaram diferenças significativas. Plantas que receberam aplicação de silicato de potássio (T3) e silicato de potássio + fosfonato de potássio (T4) apresentaram, significativamente, menores valores de diâmetro do colmo em relação aos demais tratamentos. E, contradiz o proposto por Simmonetti; Figueira (2011) que concluíram que a utilização de silicato torna o colmo mais espesso se comparado com o diâmetro encontrado no tratamento controle.

Destaca-se a diferença significativa no tratamento com silicato de potássio aplicado de forma isolada no aumento de produtividade (25,66 t ha⁻¹). Resultados semelhantes são encontrados em Simmonetti; Figueira (2011), Miranda et al. (2018) e Rodrigues et al. (2019).

O uso de silicato de potássio em V3 evidenciou o aumento de produtividade da cultura de milho doce, podendo ser resultado de uma deposição como sílica amorfa em paredes celulares contribuindo para as propriedades mecânicas das mesmas (Taiz et al., 2017), que diminui a suscetibilidade da cultura ao ataque de cigarrinhas. O uso do Si solúvel, pode aumentar eficiência no uso de nutrientes imóveis como o cálcio, ferro, zinco, manganês e cobre (Rodrigues et al., 2007). Além disso, V3 é a fase de desenvolvimento da cultura que a planta está definindo seu potencial produtivo (Weismann, 2008). Observa-se que a aplicação combinada do silicato de potássio com o fosfonato de potássio manteve os valores de produtividade semelhante às plantas do tratamento controle (22,41 t ha⁻¹).

Tabela 2. Valores médios de produtividade (t ha⁻¹), altura de planta (m), altura de inserção de espiga (m) e diâmetro do colmo (mm) de plantas de milho cv. Seminis® SV0006SN pulverizados com fertilizantes à base de fosfonato de K⁺ e silicato de K⁺ no estágio de desenvolvimento V3. Morrinhos, GO (2019).

TRATAMENTO	PRODUTIVIDADE (t ha ⁻¹)	ALTURA DE PLANTA (m)	ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA (m)	DIÂMETRO DO COLMO (mm)
Controle	22,48±2,14 b	2,57±0,065 a	1,23±0,025 a	18,37±0,117 a
Fosfonato de K ⁺	22,45±1,25 b	2,58±0,049 a	1,26±0,021 a	18,22±0,218 a
Silicato de K ⁺	25,66±2,34 a	2,47±0,024 a	1,25±0,045 a	16,07±0,799 b
Fosfonato de K ⁺ + Silicato de K ⁺	22,41±0,60 b	2,56±0,024 a	1,34±0,044 a	16,75±0,324 b

* Valores constituem média \pm desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na tabela 3, as variáveis produtividade, altura de planta e altura de inserção de espiga não apresentam diferenças significativas, já em diâmetro do colmo o tratamento combinado de fosfonato de potássio com silicato de potássio aumentou em relação aos demais tratamentos (18,95 mm), no entanto, o mesmo não corresponde ao aumento na produtividade ou nas demais variáveis. O fosfonato é rapidamente absorvido e translocado via xilema e em seguida segue o padrão fonte:dreno nos vasos do floema (Guest; Bompeix, 1990), isto pode justificar o maior diâmetro do colmo no tratamento 4.

Tabela 3. Valores médios de produtividade ($t\ ha^{-1}$), altura de planta (m), altura de inserção de espiga (m) e diâmetro do colmo (mm) de plantas de milho cv. Seminis® SV0006SN pulverizados com fertilizantes à base de fosfonato de K^+ e silicato de K^+ no estágio de desenvolvimento V6. Morrinhos, GO (2019).

TRATAMENTO	PRODUTIVIDADE ($t\ ha^{-1}$)	ALTURA DE PLANTA (m)	ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA (m)	DIÂMETRO DO COLMO (mm)
Controle	22,15 \pm 1,63 a	2,56 \pm 0,047 a	1,26 \pm 0,048 ab	17,60 \pm 0,178 b
Fosfonato de K^+	23,62 \pm 1,50 a	2,55 \pm 0,043 a	1,32 \pm 0,019 a	17,57 \pm 0,208 b
Silicato de K^+	21,56 \pm 2,15 a	2,62 \pm 0,037 a	1,29 \pm 0,043 ab	16,78 \pm 0,417 b
Fosfonato de K^+ + Silicato de K^+	24,52 \pm 2,61 a	2,58 \pm 0,049 a	1,22 \pm 0,050 b	18,95 \pm 0,624 a

* Valores constituem média \pm desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na tabela 4 a variável altura de inserção de espiga do tratamento fosfonato de potássio se difere, sendo a menor altura em relação as demais (1,14 \pm 0,040 b), no entanto, pode-se observar, analisando as tabelas anteriores, que os produtos misturados demonstram que não têm diferenças nas características avaliadas, e pode ser importante para um posicionamento comercial.

Tabela 4. Valores médios de produtividade ($t\ ha^{-1}$), altura de planta (m), altura de inserção de espiga (m) e diâmetro do colmo (mm) de plantas de milho cv. Seminis® SV0006SN

pulverizados com fertilizantes à base de fosfonato de K⁺ e silicato de K⁺ nos estádios de desenvolvimento V3 e V6. Morrinhos, GO (2019).

TRATAMENTO	PRODUTIVIDADE (t ha ⁻¹)	ALTURA DE PLANTA (m)	ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA (m)	DIÂMETRO DO COLMO (mm)
Controle	23,02±0,69 a	2,56±0,123 a	1,23±0,040 a	17,93±0,288 a
Fosfonato de K ⁺	23,35±0,46 a	2,56±0,118 a	1,14±0,040 b	18,66±0,184 a
Silicato de K ⁺	23,38±2,36 a	2,55±0,078 a	1,23±0,029 a	17,56±0,876 a
Fosfonato de K ⁺ + Silicato de K ⁺	24,25±1,04 a	2,55±0,064 a	1,21±0,042 ab	18,22±0,948 a

* Valores constituem média ± desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na figura 6, nota-se que o tratamento com silicato de potássio aplicado em V3, de forma isolada ou combinada, apresenta menor incidência de sintomas na espiga, e confere com a maior produtividade encontrada na tabela 1 aplicado de forma isolada. Em um estudo realizado para medir o efeito do silício na resistência de plantas de feijão à antracnose, causada por *Colletotrichum lindemuthianum*, apontou que o silício aprimorou certos mecanismos bioquímicos de defesa, em vez de apenas agir como barreira física (Polanco et al., 2012). Em plantas de castanheiro adubadas com Si indicou a possível indução de compostos de defesa contra infecção por *P. cinnamomi* (Carneiro-Carvalho et al., 2017).

A aplicação em estágio de desenvolvimento V6 não promoveu diferenças significativas nas variáveis analisadas.

Na aplicação em V3 e V6, ou seja, aplicação sequencial, há diferenças significativas com menores incidência de sintomas na espiga com o uso de fosfonato de potássio, de forma isolada ou combinada, sugerindo respostas na indução de resistência pelo seu uso (Figura 6), porém, não foi observado aumento de produtividade, no entanto, a qualidade do produto final é uma característica relevante para a indústria que pode justificar o uso da tecnologia. Esse resultado fortalece o estudo do tratamento de sementes com fosfonato para o controle de damping-off causado por *Pythium* spp. na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.) que proporcionou mais de 80% do controle do tombamento em substratos infestados (Abbasi; Lazarovits, 2006). Assim, como o uso de fosfonato em plantas de soja promoveu auxílio no manejo da ferrugem e doenças de final de ciclo (Shigihara, 2018).

A menor porcentagem de sintomas em espigas pulverizadas nos estádios V3 e V6, parece estar atrelada na manutenção da concentração do fosfonato ao longo do ciclo de cultivo quando a dose do produto foi dividida em duas épocas de aplicação. Ouimette; Coffey (1989), verificou que durante o crescimento e desenvolvimento os níveis de fosfonato eram reduzidos, justificando os resultados obtidos no presente estudo.

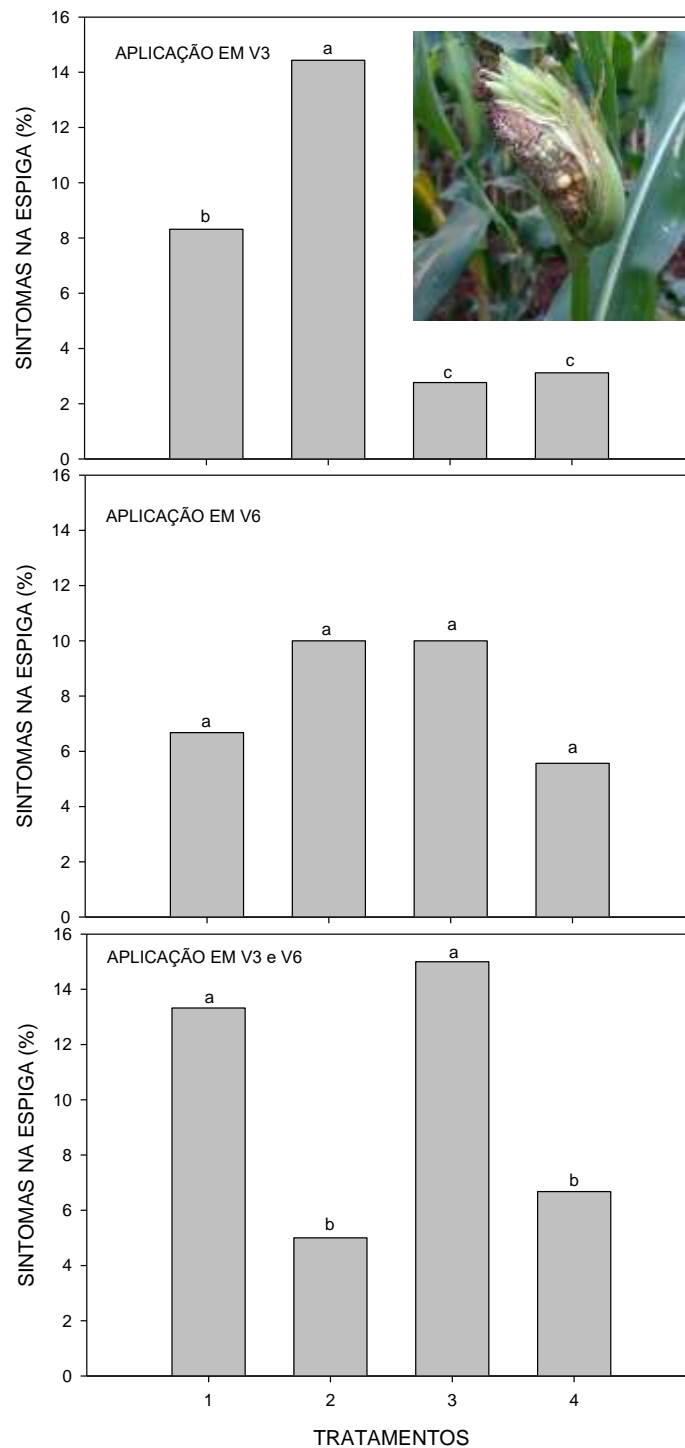


Figura 6. Sintomas de danos observados nas espigas de milho cv. Seminis® SV0006SN pulverizados com fertilizantes à base de fosfonato de K⁺ e silicato de K⁺ (T1 = Controle; T2 =

Fosfonato de K⁺; T3 = Silicato de K⁺; T4 = Fosfonato de K⁺ + Silicato de K⁺) nos estádios de desenvolvimento V3, V6, V3 e V6. Morrinhos, GO (2019). Médias seguidas pela mesma letra entre tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. CONCLUSÕES

O silicato de potássio se mostrou eficiente como nutriente e como indutor de resistência, pois aumentou produtividade e diminuiu os sintomas na espiga, quando aplicado em V3.

O fosfonato de potássio, nas condições de campo do experimento, não interferiu no aumento de produtividade, mas foi observado possível ação como indutor de resistência em aplicações sequenciais, em V3 e V6, reduzindo os sintomas na espiga com destaque na qualidade do produto.

Pelo exposto, sugere-se que mais trabalhos são necessários para esclarecer o modo de ação do fosfonato de potássio e silicato de potássio no milho doce.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, P. A.; LAZAROVITS G. Seed Treatment with Phosphonate (AG3) Suppresses Pythium Damping-off of Cucumber Seedlings. **Plant Disease**, v. 90, p. 459-464, 2006.

AGRICHEM. **Empresa de tecnologia de nutrição, 2019**. Disponível em: <<http://www.agrichem.com.br/produtos>>. Acesso 10 de julho, 2020.

BAUMGRATZ, C.; ALENCAR, V. J. “Enfezamentos e Viroses em Milho”. **Comunicado Técnico – DuPont Pioneer** – Ed. 13 (novembro/2015): 1 – 8.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Koppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 40-55, jan./mar. de 2014.

CARNEIRO-CARVALHO A, PEREIRA C, MARQUES T, MARTINS L, ANJOS R, TERESA PINTO, LOUSADA J, GOMES–LARANJO J. Potential of silicon fertilization in the resistance of chestnut plants to ink disease (*Phytophthora cinnamomi*). **International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology**, 2(5), 2740-2753, 2017.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

GUEST, D.I., BOMPEIX, G. The complex mode of action of phosphonates. **Australasian Plant Pathology**, v. 19, p. 113–115, 1990. <https://doi.org/10.1071/APP9900113>

MIRANDA, P. S.; MORAES, T. R.; SANTOS, J. R. E.; CARVALHO, F. D.; VIANA, J. P.; PÉREZ-MALUF, R. Aplicação de silício na cultura do milho. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.16, n.1, 2018.

OUIMETTE, D. G.; COFFEY, M. D. Phosphonate levels in avocado seedlings and soil following treatment with fosetyl-A1 or potassium phosphonate. **Plant Disease**, v.73, p.212-215, 1989.

POLANCO, L. R.; RODRIGUES, F. A.; NASCIMENTO, K. J. T.; SHULMAN, P.; SILVA, L. C.; NEVES, F. W.; VALE, F. X.R. Biochemical aspects of bean resistance to anthracnose mediated by silicon. **Research article - Annals of Applied Biology** ISSN 0003-4746, 161, 140–150, 2012.

RAMOS, André Aguirre. “Enfezamentos: Problemas Encontrados pelos Milhocultores”. **Revista Campo e Negócios** (novembro/2017): 48 – 51.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel. **Revista Campo e negócios HF**. v. 24, p. 34-40, 2007.

RODRIGUES, L. A.; OLIVEIRA, I. C.; NOGUEIRA, G. A.; SILVA, T. R. B.; CÂNDIDO, A. C. S.; ALVES, C. Z. Recobrimento de sementes com silício aumenta a produtividade de milho de segunda safra. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.32, n.4, p.897-903, outubro, 2019.

SEMINIS. **Milho Doce SV0006SN, 2016**. Disponível em: <<https://www.seminis.com.br/>>. Acesso em 18 de julho, 2020.

SHIGIHARA, D. 2018. **Herança de caracteres agronômicos e avaliação de fosfitos e fosfonatos em soja**. Universidade Federal de Uberlândia – Minas Gerais. (Master thesis).

SIMNONETTI, A. P. M. M.; FIGUEIRA, C. R. Aplicação do silicato de potássio e fungicida sobre pulgão, enfezamento vermelho e no desenvolvimento da planta de milho. **Revista Thêma et Scientia**, 2011, 16 p.

SILVEIRA, F. T; MORO J. R; SILVA, H.P; OLIVEIRA, J.A; PERECIN, D. Herança da resistência ao enfezamento em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.12, p.1717-1723, 2008.

TEIXEIRA, Renato Andrade. “Mecanismos de Resistência a Fitodoenças”. **Revisão Bibliográfica** – Universidade Federal de Goiás – Goiânia-GO, 2011: 18 - 25.

WEISMANN, M. Fases de desenvolvimento da cultura do milho. **Tecnologia e Produção: Milho safrinha e cultura de inverno** – 2008. p.31-38.