



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**DESENVOLVIMENTO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO-DO-MILHO EM MILHO
DOCE TRATADO COM FOSFITO**

WESLEY BRANDÃO DA SILVA

Brasília/DF

Julho/2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**DESENVOLVIMENTO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO-DO-MILHO EM MILHO
DOCE TRATADO COM FOSFITO**

WESLEY BRANDÃO DA SILVA

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como exigência do curso de graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. CRISTINA
SCHETINO BASTOS

Brasília, DF

Julho/2018

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Wesley Brandão.

"DESENVOLVIMENTO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO-DO-MILHO EM MILHO DOCE TRATADO COM FOSFITO ". Orientação: Cristina Schetino Bastos, Brasília 2018. 24p.

Monografia de Graduação - Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

1. *Zea mays*, *Spodoptera frugiperda*, Fertilização fosfatada. I. Bastos, C.S. II. Dr^a.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, W.B. **Desenvolvimento da lagarta-do-cartucho-do-milho em milho doce tratado com fosfito**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 24 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do autor: WESLEY BRANDÃO DA SILVA

Título da monografia de conclusão de curso: Desenvolvimento da lagarta-do-cartucho-do-milho em milho doce tratado com fosfito

Grau: 3º

Ano: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

WESLEY BRANDÃO DA SILVA

CPF: 03716256102

QNN 21 Conj H Casa 14 - Ceilândia Norte / CEP: 72.225.218 Brasília, DF. Brasil

(61) 999625839 // email: wesley.brandao@hotmail.com



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

WESLEY BRANDÃO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO-DO-MILHO EM MILHO
DOCE TRATADO COM FOSFITO**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como exigência do curso de graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. CRISTINA
SCHETINO BASTOS

BANCA EXAMINADORA:

Cristina Schetino Bastos

Doutora, Universidade de Brasília - UnB

Orientadora / e-mail: cschetino@unb.br

Cícero Célio de Figueiredo

Doutor, Universidade de Brasília - UnB

Examinador / e-mail: cicerocf@unb.br

Fabiana Carmanini Ribeiro

Doutora, Universidade de Brasília - UnB

Examinadora / e-mail: facarmanini@unb.br

“A coragem não é simplesmente uma das virtudes, mas a forma
que toda a virtude assume em seu momento de teste.”

C.S.Lewis

Dedico este trabalho a minha mãe Maria, ao meu pai
Odair e ao meu irmão Wellington, por sua coragem,
amor e estima, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma etapa concluída, não apenas neste momento, mas em todos aqueles em que esteve presente, me guiando e me confortando ao longo dessa estrada.

Aos membros da minha família Maria, Odair e Wellington por toda dedicação, paciência e apoio que foram determinantes em me tornar o que sou hoje e me incentivaram a desejar novos êxitos. Agradeço, em especial, por todo o amor, carinho e educação recebidos.

A Prof. Dr^a. Cristina Schetino Bastos pela assistência, carinho e confiança durante esses anos de trabalho, por todo o conhecimento ministrado e ensinamentos de vida transmitidos de forma descontraída.

Aos parceiros do Laboratório de Proteção de Plantas pela amizade, pelos momentos de descontração e pela contribuição para que esse trabalho fosse concretizado.

A minha segunda mãe Marcia Regina e irmãos que sempre se fizeram, de todas as formas possíveis, de se estar presentes na minha vida.

Aos meus amigos Luppy Lucas, Lorena Nayra, Luiz Fellipe, Luis Gustavo, Luís Amaral, Breno Bertulucci, Fernando Alberto, Kaique Brito, Paulo Matos, Patrícia Santos e Andressa Cristina, nos quais sempre encontrei motivação para prosseguir e sonhar alto e também por todos os momentos de felicidade, inspiração e risadas sem fim.

SILVA, WESLEY BRANDÃO. **Desenvolvimento da lagarta-do-cartucho-do-milho em milho doce tratado com fosfito**. 2018. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

O milho doce é atacado por vários tipos de praga incluindo a lagarta-do-cartucho-do-milho que é praga-chave da cultura. O objetivo do presente trabalho foi investigar a ação do fosfito de potássio no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Retângulos foliares de 4 x 5 cm e 4 x 6 cm foram retirados de plantas de milho e imersos em soluções contendo fosfito de potássio nas concentrações de 0, 2, 4 e 6 L ha⁻¹, sendo usada água como testemunha. Os tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições e foi utilizado volume de calda de 200 L ha⁻¹. Após a imersão nas soluções estoque, os retângulos foliares foram depositados sobre papel toalha até completa secagem e, em seguida, foram depositados sobre ágar contido no interior de placas de Petri. Cada retângulo foliar recebeu uma lagarta neonata de *S. frugiperda*. As placas foram então envolvidas em filme PVC transparente e destinadas à BOD regulada para 25 ± 2°C e 12 h de fotofase. As lagartas foram acompanhadas diariamente bem como se procedeu à substituição da área foliar. As características morfométricas avaliadas diariamente foram o comprimento corporal, a largura da cápsula cefálica e o peso corporal (avaliado a partir do 2º instar). Além disso, estimou-se a duração e viabilidade larval e da fase pupal, a proporção e a razão sexual. Os dados foram submetidos a Análise de Variância para avaliação dos efeitos de tratamentos e para plotagem de gráficos em função do tempo de desenvolvimento do inseto. Verificou-se que as diferentes concentrações de fosfito de potássio prejudicaram de alguma forma o desenvolvimento de *S. frugiperda* e que a cocentração de 2 L ha⁻¹ foi a que mais prejudicou o desenvolvimento de *S. frugiperda* aumentando a razão sexual em seis vezes, devido à maior produção de fêmeas, e reduzindo a viabilidade da fase larval em 50%. Já a concentração de 6 L ha⁻¹ fez com que a razão sexual fosse dobrada em razão do maior número de fêmeas e causou redução na viabilidade larval em 40%.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Spodoptera frugiperda*, fertilização fosfatada.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1 O milho doce.....	3
3.2 A lagarta-do-cartucho-do-milho	4
3.3 Formas de controle.....	6
3.4 Fosfito de potássio	6
4. MATERIAL E MÉTODOS	8
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5.1 Variação e viabilidade das fases do ciclo biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
5.2 Morfometria e viabilidade da fase larval de <i>S. frugiperda</i>	11
6. CONCLUSÕES	16
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

1. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L. Poaceae) pertencente ao grupo *saccharata*, tribo Maydeae, possui composição bem próxima do milho convencional, apesar de apresentar uso distinto. A maior parte da sua produção é destinada à comercialização processada dos grãos (enlatados), ou ao consumo *in natura*, como milho verde ou congelado (TEIXEIRA et al., 2001; OKUMURA et al., 2013).

O milho doce produz muito bem em diferentes épocas ao longo do ano, sempre que haja prevalência de temperaturas médias a altas e boa disponibilidade de água no solo durante o ciclo de desenvolvimento da planta. Os grãos quando atingem maturidade para colheita ficam secos e enrugados, devido aos baixos teores de amido (PAIVA et al., 1992). Esses grãos são mais passíveis de serem atacados por pragas, dado seu enriquecimento em carboidratos simples (ou de cadeia curta) (PARRA, 1991).

Dentre as pragas capazes de causar perdas de produção à cultura, a lagarta-do-cartucho-do-milho (*Spodoptera frugiperda* Smith Lepidoptera: Noctuidae) é considerada praga-chave e infesta o milho em todas as fases do desenvolvimento da planta. Os adultos efetuam postura nas primeiras folhas emitidas pelas plantas e os ovos, ao eclodirem, proporcionam o desenvolvimento das larvas neonatas, que por sua vez iniciam sua alimentação, realizada através da raspagem da epiderme e do parênquima foliar. Conforme essas larvas se desenvolvem, elas se tornam cada vez mais agressivas surgindo perfurações maiores nas folhas podendo, essa injúria, destruir parcialmente as plantas mais novas. Sendo assim, os índices de produtividade podem ser reduzidos drasticamente, gerando perdas significativas nas lavouras (FARINELLI & FORNASIERI FILHO, 2006; ARAÚJO et al., 2012). Normalmente, o controle dessa praga é feito por meio de pulverização com inseticidas (STORCH et al., 2008), incluindo muitos produtos de amplo espectro e não seletivos, a exemplo do clorpirifós (TOSCANO et al., 2012). Desta forma, outras alternativas menos impactantes de controle em relação ao controle químico devem ser buscadas.

Embora os prejuízos acarretados pela lagarta não estejam relacionados à inexistência de tratamento fitossanitário, o manejo de *S. frugiperda* tem se tornado fundamental para a viabilidade econômica do milho, tanto no campo quanto na pós-colheita, pois apesar do aumento no número de aplicações de inseticidas com o decorrer do tempo, o seu ataque continua a causar prejuízos consideráveis à cultura (CRUZ, 1995). Há relatos de que caso não seja controlada, pode haver perda total da produção (100%) (TOSCANO et al., 2012). Além disso, existe um crescente aumento de populações tolerantes aos produtos químicos usados no seu controle (CARVALHO et al., 2013). Essa situação aliada ao custo crescente para

aquisição e aplicação dos inseticidas, tem despertado o interesse pelo manejo da praga com produtos alternativos (LIMA et al., 2008).

O fósforo (P) é um dos elementos essenciais exigidos por todos os organismos vivos. Quando o P está totalmente oxidado, esta forma a molécula de fosfato. No entanto, quando não está totalmente oxidado, a molécula resultante é chamada fosfito. Esta mudança, aparentemente simples na molécula, causa diferenças significativas no que se refere a sua solubilidade, absorção, efeito no metabolismo e fisiologia da planta (LOVATT & MIKKELSEN, 2006).

Especificamente em relação ao fosfito, sua ação sobre pragas é bastante complexa, apresentando toxicidade variável em virtude dos estímulos de defesas desencadeados na planta e das respostas apresentadas pelos organismos alvo de sua ação, incluindo retardamento do metabolismo em fungos (PEREZ et al., 1995; PATTERSON & ALYOKHIN, 2014). Sua ação deletéria a diferentes grupos de pragas incluem a inibição do crescimento de fungos e a estimulação dos mecanismos de defesa da planta à infecção causada pelos patógenos (PATTERSON & ALYOKHIN, 2014), inibição do crescimento e da densidade micelial de *Fusarium solani* (SOBRINHO et al., 2016), redução da incidência e severidade de *Phytophthora palmivora* em pupunheira em aplicações preventivas (antes de ocorrer a infecção) (FUZITANI et al., 2013), efeito fungistático e redução do crescimento micelial de *Pythium* sp. (SANTOS et al., 2018), dentre outros.

Além dos efeitos diretos sobre as pragas, o fosfito aumenta a intensidade de floração, a produção e tamanho de frutos, estando, portanto, associado ao incremento na resposta de tolerância das plantas (LOVATT & MIKKELSEN, 2006). Trabalhos recentes demonstram que aplicações foliares adequadas de fosfito, podem estimular o desenvolvimento das plantas em ambientes deficientes em fósforo (SCHROETTER et al., 2006).

No Brasil, o comércio de produtos à base de fosfito de potássio é amplo, sendo estes produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como fertilizantes para aplicação foliar ou via solo (LOPES-ARAÚJO et al., 2013).

No que pese existirem relatos consideráveis sobre os efeitos do fosfito na nutrição de plantas (SCHROETTER et al., 2006) e sua ação sobre organismos fitopatogênicos (LOVATT & MIKKELSEN, 2006; FUZITANI et al., 2013; PATTERSON & ALYOKHIN, 2014; SOBRINHO et al., 2016; SANTOS et al., 2018), o número de trabalhos que tratem de sua ação sobre insetos herbívoros ainda são escassos (CLANCY & KING, 1993). Nesse sentido, mesmo que a ação do fosfito não inclua a toxicidade aguda com consequente morte do organismo-alvo, seu uso, caso altere o crescimento do inseto, pode contribuir para aumentar a

efetividade de outros métodos de controle que não tem alcançado eficiência satisfatória, a exemplo do controle químico.

Esses fatos aliados à rápida absorção, sua ação sistêmica, sua baixa toxicidade ao hospedeiro, seu efeito na melhoria do estado nutricional das plantas e seu baixo custo, além do modo peculiar de ataque de *S. frugiperda* o torna uma ferramenta que pode ser de grande valia no manejo da praga.

2. OBJETIVO

Avaliar as alterações no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho-do-milho em milho doce tratado com fosfito de potássio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O milho doce

O milho doce (*Zea mays* L. grupo *saccharata* Poaceae) é proveniente de mutações ocorridas no milho comum (*Zea mays*) (CASTELLANE et al., 1990). Sua origem é atribuída a América Central onde se estabeleceu entre 5.000 a 8.000 a.C. (ARAGÃO, 2002). Apesar das características diferenciadas em relação ao maior acúmulo de açúcar em relação ao de amido, sua fisiologia e reprodução são bastante parecidas com as do milho comum (TRACY, 2001).

Na conjuntura internacional, o Brasil é hoje o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás dos Estados Unidos e da China (FIESP, 2018). As estimativas para 2017/2018 apontam que a produção de milho do Brasil será de 95,0 milhões de tonelada, apresentando uma redução de 13,1% em relação à safra anterior. A região Centro-Oeste é a maior produtora, sendo o maior produtor brasileiro o estado do Mato Grosso, apesar das maiores produtividades serem provenientes de Santa Catarina e do Distrito Federal (BRASIL, 2018a). Tendo em vista a posição do Brasil no cenário mundial da produção de milho, o país apresenta grande potencial para produção de milho-doce, apesar de existirem poucos híbridos no mercado à disposição das indústrias de processamento responsáveis por absorver essa produção (BORDALLO, 2005).

Segundo Barbieri (2005), cultiva-se no Brasil, cerca de 36 mil hectares de milho-doce, e toda produção é destinada ao consumo humano, com movimentação em torno de R\$ 550 milhões por ano, razão pela qual é chamado também de milho especial. A produção de milho-

doce localiza-se principalmente no Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Pernambuco, Goiás, São Paulo e Distrito Federal (MAGGIO, 2006).

O milho doce é considerado uma hortaliça voltada totalmente para a industrialização, sendo a maioria da sua produção destinada à comercialização processada dos grãos e na forma *in natura*. A grande maioria das cultivares disponíveis no mercado destina-se ao cultivo em clima quente (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). A destinação industrial do milho doce o diferencia do milho comum e, desta forma, algumas características específicas são exigidas, incluindo cultivares que possuem maiores teores de açúcar e menores teores de amido (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007; PEREIRA-FILHO; CRUZ; GAMA, 2003).

Em virtude da destinação distinta do milho-doce e tendo em vista o maior enriquecimento dos seus grãos com açúcares simples (TRACY, 2001), a cultura sofre mais com o ataque de pragas. Desta forma, medidas de manejo que normalmente são efetivas contra as pragas causadoras de perdas a cultura, possuem eficiência limitada no cultivo do milho doce (FERNANDES et al., 2003).

Dentre os artrópodes-praga que infestam o milho doce, merece destaque a lagarta *S. frugiperda* que é apontada como praga-chave da cultura no país. O ataque ocorre desde a emergência das plantas até o pendoamento e espigamento e as perdas devido ao ataque podem reduzir a produção em 34% (THAISY, 2018) a 100% (TOSCANO et al., 2012).

3.2 A lagarta-do-cartucho-do-milho

A lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, é uma das pragas polífitas de maior importância na agricultura, não só por causa dos danos que provoca, mas também devido a dificuldades de controle (LEIDERMAN & SAUER, 1953; CRUZ & TURPIN, 1983; GASSEN, 1996).

A espécie possui ampla distribuição no mundo, sendo nativa das regiões tropicais e subtropicais das Américas, ocorrendo na América do Sul, Central e do Norte e tendo sido recentemente introduzida no continente africano (CABI, 2018), onde sua presença já foi confirmada em mais de 30 países (FAO, 2018). No Brasil, a espécie foi evidenciada pela primeira vez nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Pernambuco, Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul e Distrito Federal (LEIDERMAN & SAUER, 1953). No Brasil, a ocorrência dessa praga é irrestrita em quase todos os meses do ano, sendo disseminada por todo o país. Essa espécie de lagarta é capaz de atacar muitas outras culturas importantes, possuindo uma lista de mais de 200 hospedeiros, causando danos significativos em outras gramíneas, hortaliças, espécies oleaginosas, fruteiras e hospedeiros selvagens (CABI, 2018).

Na cultura do milho, o ataque dessa praga pode ocorrer desde a fase de plântula até a fase reprodutiva das plantas (ataque ao pendão e aos grãos das espigas em formação). As pequenas lagartas (neonatas) iniciam o ataque raspando as folhas mais jovens, e depois passam a se alimentar das partes mais centrais da planta (cartucho do milho), cujo limbo foliar pode ser totalmente destruído. Na fase de plântula do milho podem ainda causar broqueamento do caule, ocasionando um sintoma conhecido como coração morto (CRUZ & TURPIN, 1983; CRUZ et al., 1999; SANTOS et al., 2003). Esse tipo de ataque pode reduzir o número de plantas na área cultivada e o potencial produtivo da lavoura (VIANA; CRUZ; WAQUIL, 2006). No milho doce, o ataque às espigas pode levar a uma diminuição do valor comercial, principalmente em lavouras cujas destinação seja o consumo *in natura* do produto (TRACY, 2001).

O inseto passa por metamorfose completa, isto é, durante seu ciclo de vida passa por quatro fases distintas: ovo, larva, pupa e adultos. As fêmeas adultas colocam seus ovos na forma de massa de ovos recoberta por escamas. Aparentemente, não existe local preferido na planta para deposição de ovos. Essa não-preferência por local de oviposição pode ser devido à natureza polífaga da larva, ou seja, independentemente de onde os ovos sejam colocados, a larva terá grande probabilidade de encontrar um alimento adequado. As larvas dos primeiros instares geralmente iniciam sua alimentação nos tecidos verdes de um lado da folha, deixando o outro lado intacto, causando o sintoma conhecido como “folhas raspadas”. Essa é uma boa indicação da presença de larvas jovens na planta. Larvas de tamanho maiores consomem parcela significativa do limbo foliar e quando estão entre o quarto e o sexto instares, podem chegar a destruir de forma considerável pequenas plantas ou causar severos danos em plantas maiores. Com o término do período de desenvolvimento larval, as lagartas empupam no solo, onde permanecem até a emergência de adultos (CRUZ, 1995). Alguns estudos atestam que o inseto passa por 5-6 instares larvais, com duração média de 3, 2, 2, 2 e 2 dias sob temperatura ambiente (25°C) (MARONEZE & GALLEGOS, 2009). A fase de pupa tem duração aproximada de 11 dias (BOGORNÍ & VENDRAMIM, 2005) e fêmeas e machos apresentam longevidade média de 15 dias (LOPES et al., 2008). O ciclo total do inseto tem duração aproximada de 31 dias (GIOLO et al., 2002).

O desenvolvimento dessa espécie de inseto é muito dependente de fatores que envolvem a fisiologia e o comportamento de insetos e a ecologia. A quantidade e a qualidade dos alimentos consumidos durante a fase larval afetam a taxa de crescimento, desenvolvimento, o peso corporal e a sobrevivência dessa praga, além de influenciar na fecundidade e longevidade dos adultos (SCRIBER & SLANSKY-JR., 1981).

3.3 Formas de controle

A principal forma de controle de *S. frugiperda* é através da pulverização de inseticidas (TOSCANO et al., 2012). Atualmente, existem 188 produtos que estão registrados para o controle de *S. frugiperda* no milho, pertencentes a diferentes grupos químicos e possuindo modos de ação variáveis (BRASIL, 2018b). Entretanto, tendo em vista o hábito do inseto em permanecer relativamente protegido dentro do cartucho das plantas, evitando o contato com os inseticidas nas doses necessárias para causar mortalidade, quando ele é atingido, muitas vezes, a dosagem que o atinge (sub-dosagem) pode contribuir para selecionar indivíduos resistentes (DEWER et al., 2016). Estima-se que a pulverização com inseticidas ocasiona perdas da ordem de 250 milhões de dólares para o Brasil (WAQUIL & VILELLA, 2003). Desta forma, esse método de controle deve ser otimizado ou outras alternativas de controle consideradas.

O milho-doce geneticamente modificado incorporando toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que o tornam tolerante contra a maioria dos lepidópteros-praga que atacam a cultura (FERNANDES et al., 2003) ainda não está disponível no Brasil (SHARMA & BAJRACHARYA, 2006). O controle biológico através da liberação de inimigos naturais tais como o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ainda possui uso limitado em áreas sob cultivos extensivos (TAVARES et al., 2009), e onde o controle químico é a principal forma de manejo do inseto, tendo em vista o fato de que a maioria dos produtos usados não são seletivos (FONSECA et al., 2012).

Alguns estudos realizados anteriormente avaliaram a resistência do milho ao ataque de *S. frugiperda* e apesar de muitos genótipos terem demonstrado ser fontes relevantes de resistência ao inseto (WAQUIL; VILLELA; FOSTER, 2002) não existem no mercado nenhum híbrido ou variedade comercial incorporando tal resistência.

Atualmente, muitos estudos têm focado a resistência induzida mediante o ataque ou através do uso de compostos elicitores que direcionem a energia destinada ao crescimento para a defesa da planta (HAMMERSCHMIDT & KUC, 2013). O fosfito é um dos compostos que pode ser incluso nessa categoria e, portanto, será abordado em item a parte.

3.4 Fosfito de potássio

O fósforo (P) é um dos elementos essenciais exigidos por todos os organismos vivos. Quando o fósforo está totalmente oxidado, esta forma a molécula de fosfato. No entanto, quando não está totalmente oxidado, a molécula resultante é chamada fosfito (LOVATT & MIKKELSEN, 2006). O ácido fosforoso e o fosfito apresentam maiores concentrações de P

do que os fertilizantes tradicionais. Geralmente, o fosfito é bem mais solúvel do que os sais análogos de fosfato (THAO & YAMAKAWA, 2009).

As formulações atuais desse composto contêm nutrientes (K, Mn, Ca, B e Zn) que são comercializados no país para uso em diferentes culturas (THAO & YAMAKAWA, 2009; SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2013). As formulações mais produzidas são fosfito de potássio, fosfito de amônio, fosfito de sódio e fosfito de cálcio. Essas são recomendadas para uso como fungicida ou até como suplemento de fósforo (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001; SCHROETTER et al., 2006; MOOR et al., 2009). No Brasil, os fosfitos são comercializados como soluções de fosfito de potássio, com uso como fertilizantes para aplicação foliar ou via solo e são registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (LOPES-ARAÚJO et al., 2013).

Uma vez aplicado, o fosfito é rapidamente absorvido pelas folhas das plantas, translocando-se sistemicamente via xilema e floema, apesar de não haver acúmulo desse composto na planta por muitos dias (ARAÚJO; VALDEBENITO-SANHUEZA; STADNIK, 2010). O fósforo é um nutriente bastante limitante para o crescimento de muitos seres vivos e organismos, incluindo insetos, bactérias, algas e outros (ROTHHAUPT, 1992; VADSTEIN, 2000).

O fosfito, ingrediente ativo do Phytogard® Potássio (Stoller do Brasil LTDA, Campinas-SP), é um produto que contém significativa quantidade de fonte de fósforo utilizável pelas culturas (LOVATT & MIKKELSEN, 2006; THAO & YAMAKAWA, 2009; ARAÚJO; VALDEBENITO-SANHUEZA; STADNIK, 2010; PATTERSON & ALYOKHIN, 2014). Estudos comprovam que esse composto pode estimular a resistência de plantas ao ataque por pragas (PATTERSON & ALYOKHIN, 2014). Dentre os tipos de fosfito, o fosfito de potássio apresenta maior solubilidade, quando comparado a outros produtos do mesmo gênero (OUIMETTE & COFFEY, 1989). Seu modo de ação direto e indireto é resultante do fato de que em altas dosagens podem promover efeitos inibitórios sobre patógenos e em baixas dosagens podem ser capazes de estimular a produção de enzimas de proteção do hospedeiro, podendo ainda atuar sobre várias fases do ciclo de vida do patógeno (JACKSON et al., 2000; WILKINSON et al., 2001).

Complementando as atribuições do fosfito, o composto pode demonstrar efeitos deletérios sobre alguns insetos. Apesar dessa potencialidade e relativa a sua ação inseticida (VENTER et al., 2014), suas aptidões (como inseticida e fungicida) e sua baixa toxicidade, tornam esse um produto bastante eficiente (PATTERSON & ALYOKHIN, 2014) e desejável para inclusão em programas de manejo de pragas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento e as avaliações foram conduzidos no Laboratório de Proteção de Plantas (LPP), pertencente à Universidade de Brasília (UnB). As plantas usadas no ensaio foram cultivadas a pleno sol e foram mantidas em gaiolas de madeira recobertas com organza para impedir a infestação por outros insetos, no período compreendido entre Fevereiro a Abril de 2018.

Empregou-se a variedade de milho doce Doce Cristal da Embrapa (Lote: 31-2007). Os tratamentos foram representados pelas concentrações de 2, 4 e 6 L ha⁻¹ de fosfito de potássio 00-40-20 (Phytogard Potássio, Stoller do Brasil LTDA, Campinas-SP), e água como testemunha, sendo dispostos no delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições.

Para realização do ensaio, o milho doce foi semeado em vasos de polietileno com capacidade de 5 L, preenchidos com substrato obtido pela mistura dos seguintes materiais nas seguintes proporções: 800 g de superfosfato simples, 250 g de calcário, 160 L de terra de barranco, 100 g de sulfato de amônio e 20 L palha de arroz carbonizada. Cada vaso recebeu 4 sementes, sendo mantidas apenas duas plantas, mais vigorosas, por vaso. As lagartas neonatas de *S. frugiperda* utilizadas nas infestações foram provenientes de criação massal mantida pela Pioneer, em Planaltina, DF, sob dieta artificial.

Os vasos contendo as plantas de milho foram adubados aos 10 dias após plantio (DAP) quando apresentavam 4 folhas verdadeiras (fase V4), sendo adicionando 0,46 g de cloreto de potássio e 2,4 g de sulfato de amônio em cada um dos vasos, na primeira adubação de cobertura. A segunda adubação de cobertura, que ocorreu aos 30 dias após plantio (DAP) com 7 folhas verdadeiras (fase V7), foi feita utilizando-se as mesmas quantidades e fontes empregadas na primeira adubação de cobertura.

Nove dias após a realização da segunda adubação de cobertura (plantas em estágio V8 contendo 8 folhas verdadeiras), as plantas foram trazidas para o laboratório para dar início à experimentação. Foram utilizados retângulos foliares de 4 x 5 cm e 4 x 6 cm (lagartas em estágio mais avançado), retirados da porção central do limbo foliar de folhas completamente expandidas, sendo retirado sempre da mesma folha e na mesma porção em todas as plantas. Os retângulos foliares foram imersos em soluções de fosfito de potássio previamente preparadas nas concentrações equivalentes à 0, 2, 4 e 6 L ha⁻¹ para um volume final de calda de 200L ha⁻¹. Utilizou-se água como testemunha no mesmo volume empregado para preparação das soluções-estoque. Em seguida, os retângulos assim tratados foram depositados sobre papel toalha e deixados nessa condição, sob temperatura ambiente, até a completa secagem.

Após esse procedimento, os retângulos foliares foram depositados sobre ágar contidos em Placas de Petri de 90 mm e receberam uma lagarta neonata que foi transferida com auxílio de pincel previamente umedecido em água destilada. As placas de Petri foram envoltas em filme PVC transparente e destinadas à BOD regulada para temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas.

As lagartas foram acompanhadas diariamente quanto à mortalidade, peso e tamanho da cápsula cefálica e do comprimento do corpo, sendo as medições realizadas sob Lupa Coleman modelo XTB 2B com ocular acoplada com retículo micrométrico, sob aumento de 4 a 40x. O peso foi mensurado a partir do 2º instar, em balança analítica de precisão modelo FA-2104N. Além disso, por ocasião das avaliações foi feita a substituição da área foliar tratada por retângulos intactos e tratados. Ao final do período larval, foi mensurado o número de lagartas que se transformaram em pupa, sendo realizada ainda a sexagem das pupas de acordo com metodologia de Holloway; Bradley; Carter, (1987) para determinação da razão e da proporção sexual. Contabilizou-se ainda o número de dias gastos na fase pupal e a viabilidade dessa fase foi aferida pelo número de adultos emergidos.

Os dados coletados nas avaliações diárias das lagartas foram empregados para estimar o número médio de dias gastos na fase larval e da viabilidade da fase larval em função dos tratamentos. A viabilidade da fase larval e pupal foram obtidas pela divisão do número de indivíduos vivos pelo número de indivíduos introduzidos no tratamento e multiplicados por 100.

Os dados relativos à duração do período larval e pupal, viabilidade pupal e número de fêmeas e machos obtidos nos tratamentos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) empregando o SAS software (SAS, 2002). Os dados relativos ao comprimento da cápsula cefálica e do corpo e peso das lagartas ao longo da fase larval e viabilidade da fase larval foram utilizados para plotagem de gráficos contendo as avaliações dos tratamentos ao longo do tempo, utilizando-se o Sigma Plot software (SYSTAT, 2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variação e viabilidade das fases do ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda*

Não foram observadas diferenças significativas em nenhuma característica do ciclo biológico da lagarta entre os diferentes tipos de tratamento utilizados (Tabela 1). A proporção de fêmeas e machos e a razão sexual foram alteradas nos tratamentos de 2 e 6 L ha⁻¹ em relação à testemunha, sendo a razão sexual aumentada em ambos os casos, com predomínio de fêmeas no caso da concentração de 2 L ha⁻¹ e igual proporção de fêmeas e machos na

concentração de 6 L ha⁻¹ (Tabela 1). A razão sexual de *S. frugiperda* com o inseto desenvolvendo-se sobre milho é de $0,52 \pm 0,08$ (SILVA et al., 2017). Desta forma, este valor foi bastante alterado quando o inseto se alimentou de retângulos de milho tratados com as concentrações de 2 e 6 L ha⁻¹, demonstrando o efeito do produto sobre a mortalidade de um sexo mais do que de outro, de tal forma a alterar esses valores. Essa alteração tem desdobramentos sobre o sucesso reprodutivo do inseto, pois reduz as chances de acasalamento ou de sucesso no acasalamento, impactando o crescimento populacional (SZÉKELY; WEISSING; KOMDEUR, 2014).

Os efeitos dos tratamentos sobre a viabilidade pupal mostraram redução em 50%, 40% e 20% em comparação à testemunha nas concentrações de 2, 6 e 4 L ha⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (2015) ao expor *S. frugiperda* ao milho doce tratado com fosfito de potássio, mostrando que a concentração de 6 L ha⁻¹ reduziu a viabilidade pupal em 35%.

Tais efeitos podem ter ocorrido devido à ação direta (tóxica) e indireta (limitação do crescimento) já descrita para fosfito sobre fungos fitopatogênicos, sendo essa última atribuída ao acúmulo de fitoalexinas, peróxido de hidrogênio, pectinas e compostos fenólicos (etileno) e sua ação sobre o patógeno (JACKSON et al., 2000; LOPES, 2016).

Tabela 1. Variação em características do ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) \pm erro padrão da média (EPM) em função de diferentes tratamentos. Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 h.

Variáveis	Tratamentos				Estatística
	Testemunha	2 L ha ⁻¹	4 L ha ⁻¹	6 L ha ⁻¹	
Duração período larval (dias)	12,20 \pm 1,85	6,70 \pm 2,74	10,90 \pm 2,47	7,50 \pm 2,36	F _{3,36} = 1,27; p = 0,2997
Duração período pupal (dias)	11,12 \pm 0,44	10,33 \pm 0,88	11,67 \pm 0,56	10,00 \pm 0,58	F _{3,16} = 1,41; p = 0,2753
Viabilidade pupal (%)	60 \pm 16,33	40 \pm 16,33	60 \pm 16,33	30 \pm 15,27	F _{3,36} = 0,87; p = 0,4651
Fêmeas (número)	0,20 \pm 0,13	0,30 \pm 0,15	0,20 \pm 0,13	0,10 \pm 0,10	F _{3,36} = 0,39; p = 0,7629
Machos (número)	0,40 \pm 0,16	0,10 \pm 0,10	0,40 \pm 0,16	0,20 \pm 0,13	F _{3,36} = 1,11; p = 0,3579
Proporção sexual (F:M)	2:4	3:1	2:4	1:1	-
Razão sexual	0,5	3	0,5	1	-

5.2 Morfometria e viabilidade da fase larval de *S. frugiperda*

De modo geral, a maior largura da cápsula cefálica (Figura 1), comprimento do corpo (Figura 2), peso das lagartas (Figura 3) e viabilidade larval (Figura 4), na maioria das avaliações foi associada ao tratamento testemunha. Apenas no final do ciclo de desenvolvimento, esses valores foram reduzidos, compatível com os ajustes que ocorrem em virtude da preparação para empupar (PARRA & HADDAD, 1989). Semelhantemente, em grande parte das avaliações o tratamento de 2 L ha⁻¹ foi o que proporcionou os menores valores das características morfométricas mensuradas, como foi o que mais reduziu a viabilidade larval junto com o tratamento 6 L ha⁻¹ em comparação à testemunha (Figura 4). Esses resultados estão compatíveis com os encontrados por Viana & Prates (2003) que descreveram redução na largura das capsulas cefálicas e no desenvolvimento de *S. frugiperda* em plantas pulverizadas com soluções a base de neem, um inseticida botânico, tendo em vista constituir-se em uma das formas de se atestar o efeito tóxico de um produto testado.

A concentração de 4 L ha⁻¹ de fosfito, por sua vez, se aproximou bastante da testemunha no quesito relativo às medidas morfométricas (Figuras 1, 2 e 3). Entretanto,

mesmo nesse tratamento, a viabilidade larval foi reduzida em cerca de 20% em comparação à testemunha (Figura 4).

Esse fato ressalta a importância da aplicação desse composto interferindo possivelmente na composição nutricional da folha e se refletindo no desenvolvimento e viabilidade da fase praga do inseto. Desta forma, todos os tratamentos com aplicação de fosfito nas folhas de milho prejudicaram o desenvolvimento das lagartas de alguma forma. Esse efeito pode resultar em defeitos morfogênicos e contribuir para redução populacional com o decorrer do tempo (VIANA & PRATES, 2003).

Trabalhos que tratam da ação do fosfito sobre pragas descrevem que menores concentrações, tais como as de 2 L ha⁻¹ ativam os mecanismos de proteção da planta, enquanto maiores concentrações causam toxicidade por contato direto nos insetos, conforme constatado para *L. decemlineata* (PATTERSON & ALYOKHIN, 2014).

Vale destacar, que a alteração em características biológicas do inseto pode aumentar a efetividade de outros métodos de controle, a exemplo do controle químico. Nesse sentido, trabalhos que associaram a resistência de plantas com o controle químico com inseticidas botânicos, por exemplo, obtiveram controle mais eficiente da praga (LUZ et al., 2017). Desta forma, a inserção do fosfito de potássio no manejo integrado de *S. frugiperda* pode aumentar a efetividade de outros métodos de controle cuja ação, quando usados em isolado, não é suficiente para impactar a praga de maneira significativa, permitindo o convívio com a mesma.

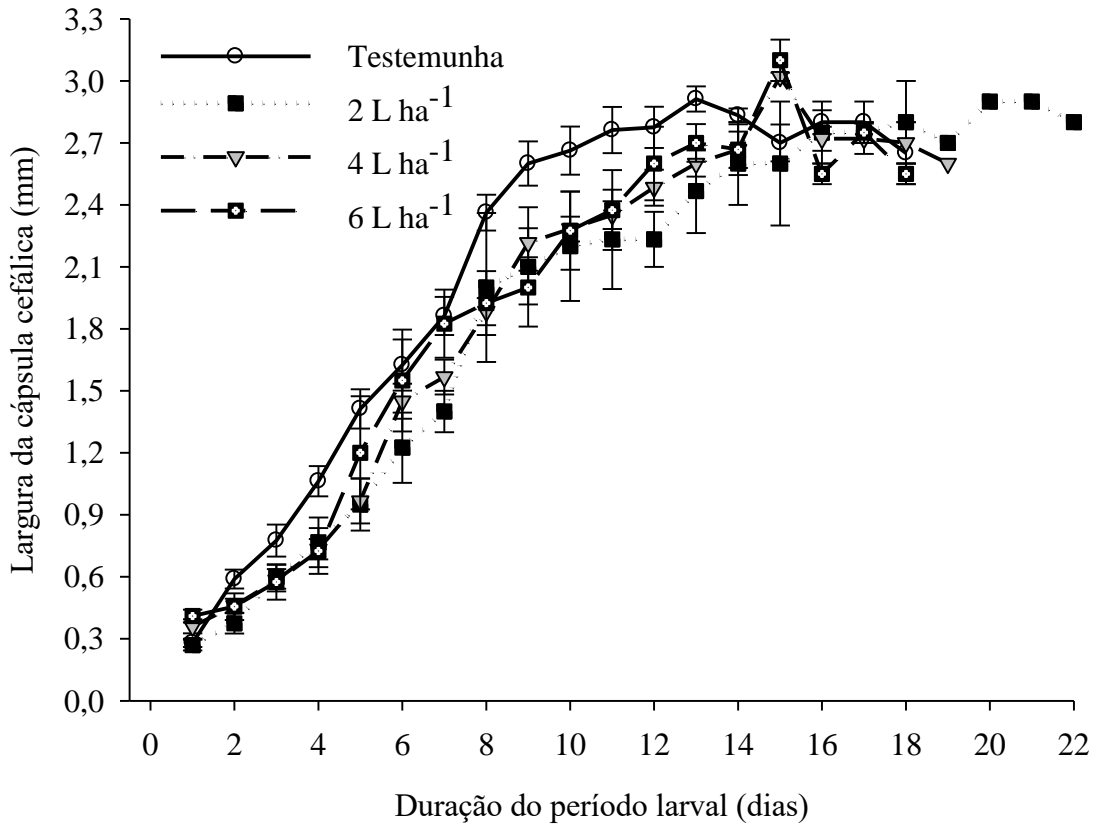


Figura 1. Variação na largura da cápsula cefálica (mm) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes tratamentos e em função da duração do período larval. Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 h.

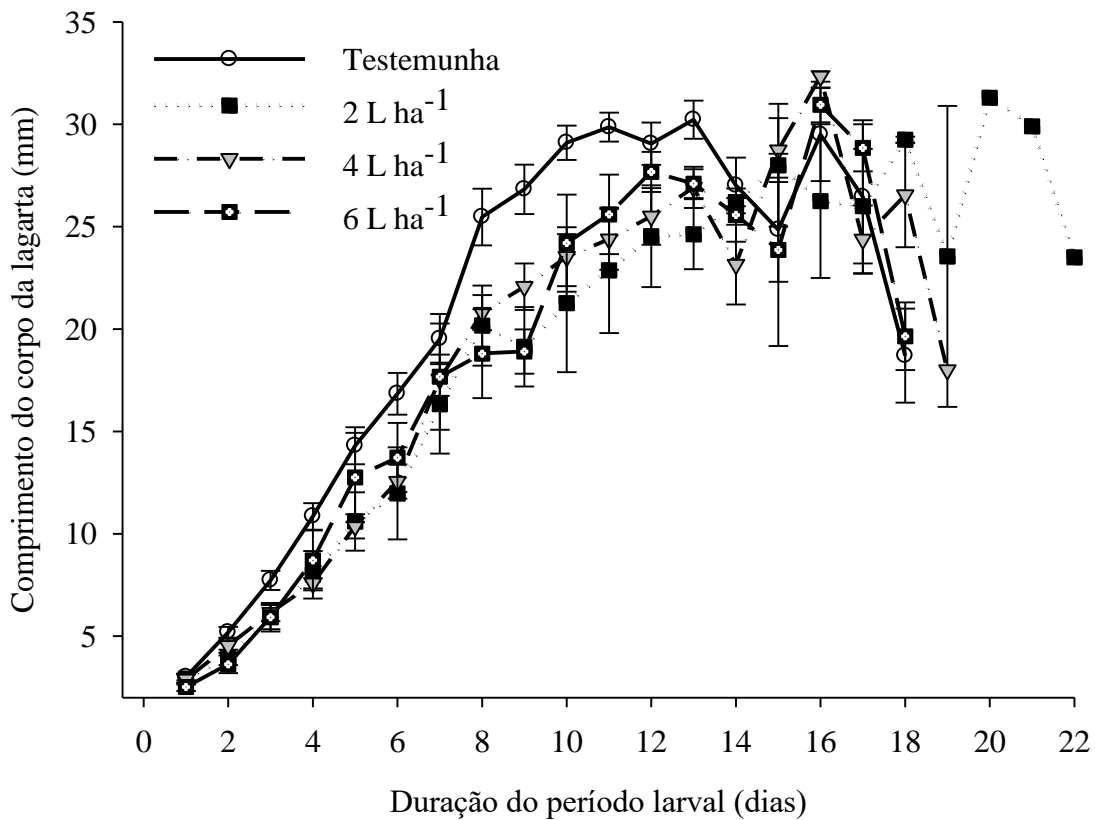


Figura 2. Variação no comprimento do corpo (mm) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes tratamentos e em função da duração do período larval. Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 h.

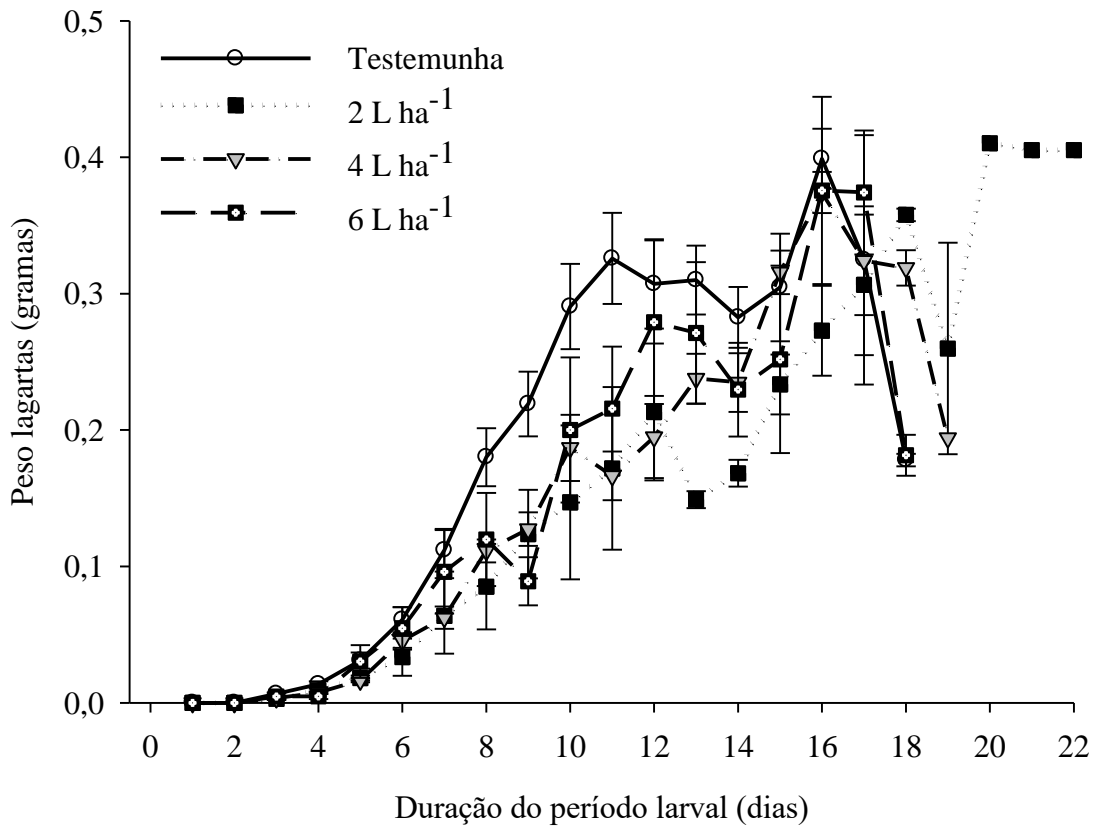


Figura 3. Variação no peso de lagartas (gramas) de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes tratamentos e em função da duração do período larval. Temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 h.

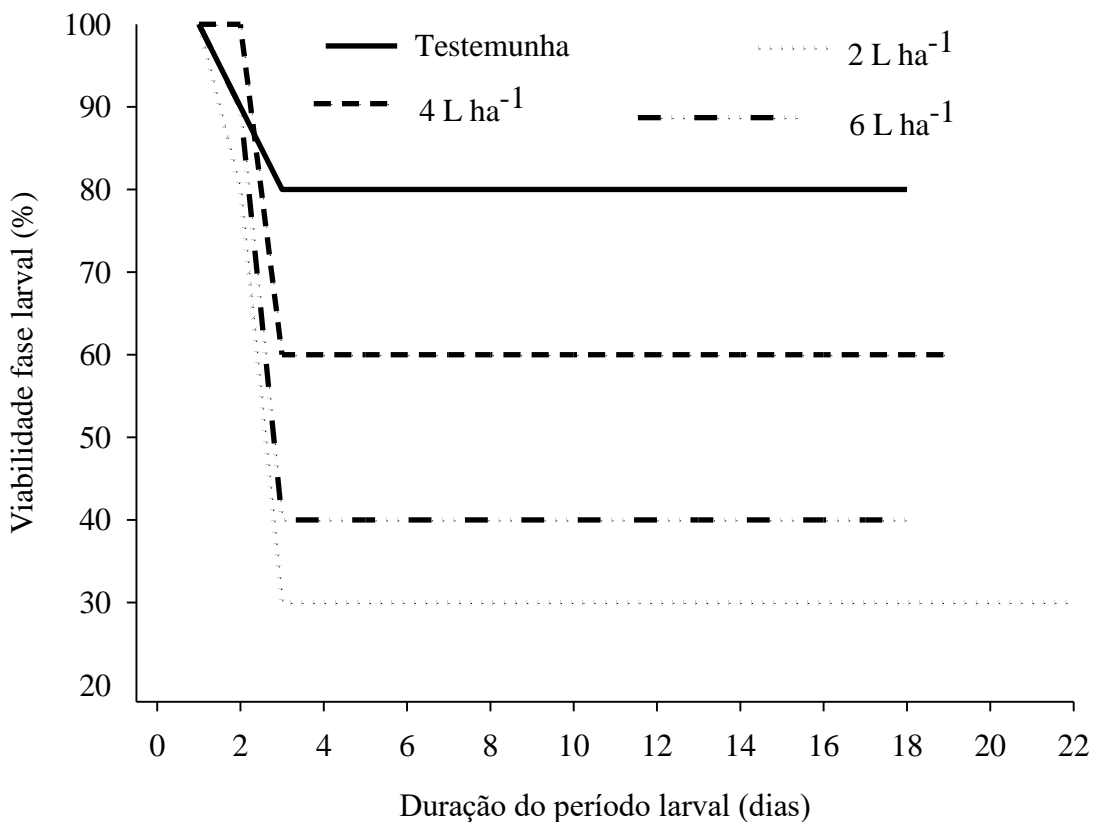


Figura 4. Variação viabilidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes tratamentos e em função da duração do período larval. Temperatura: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 h.

6. CONCLUSÕES

- ✓ Todas as concentrações de fosfito de potássio aplicados prejudicaram de alguma forma o desenvolvimento de *S. frugiperda*;
- ✓ A concentração de 2 L ha^{-1} foi a que mais prejudicou o desenvolvimento de *S. frugiperda* aumentando a razão sexual em seis vezes, devido à maior produção de fêmeas, e reduzindo a viabilidade da fase larval em 50%;
- ✓ A concentração de 6 L ha^{-1} fez com que a razão sexual fosse dobrada em razão do maior número de fêmeas produzidas e causou redução na viabilidade larval em 40%.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; STADNIK, M.J. Avaliação de formulações de fosfito de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro e no controle pós-infeccional da mancha foliar de *Glomerella* em macieira. **Tropical Plant Pathology**, 35: 54-59, 2010.

ARAÚJO, L.F. et al. Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith), *Diatraea saccharalis* (Fabricius) e *Doru luteipes* (Scudder) em milho convencional e transgênico Bt. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 10: 205-214, 2012.

ARAGÃO, C.A. **Avaliação de híbridos simples braquíuticos de milho super doce (*Zea mays L.*) portadores do gene *shrunken-2 (sh2sh2)* utilizando o esquema dialélico parcial.** 2002. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

BARBIERI, V.H.B. et al. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Horticultura Brasileira**, 23: 826-830, 2005.

BOGORNÍ, P.C.; VENDRAMIM, J.D. Efeito subletal de extratos aquosos de *Trichilia spp.* sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Neotropical Entomology**, 34: 311-317, 2005.

BORDALLO, P.N. et al. Análise dialélica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, 23: 123-127, 2005.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Safra Brasileira de grãos.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 10 de junho de 2018a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Agrofit.** Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 06 de julho de 2018b.

CABI. **Invasive species compendium: *Spodoptera frugiperda***. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810#5108df6e-c9c1-4bfc-aa11-ca23e128df61>. Acesso em: 25 de julho de 2018.

CARVALHO, R.A. et al. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **PloS one**, 8: e62268, 2013.

CASTELLANE, P.D.; NICOLSI, W.; HASEGAWA, H. **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. 261p.

CLANCY, K.M.; KING, R.M. Defining the western spruce budworm's nutritional niche with response surface methodology. **Ecology**, 74: 442-454, 1993.

CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Yield impact of larval infestation of the fall *armyworm Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) to mid-whorl growth stage of corn. **Journal of Economic Entomology**, 76: 1052- 1054, 1983.

CRUZ, I. et al. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal of Pest Management**, 45: 293-296, 1999.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1995. 45p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21).

DEWER, Y. et al. Behavioral and metabolic effects of sublethal doses of two insecticides, chlorpyrifos and methomyl, in the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Science and Pollution Research International**, 23: 3086-3096, 2016.

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D. Avaliação de dano de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de milho. **Científica**, 34: 197-202, 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **Safra mundial de milho 2018/19**. 3º Levantamento do USDA. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20180713202555-boletim milho julho 2018/>. Acesso em: 27 de julho de 2018

FERNANDES, O.D. et al. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 2: 25-35, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), **Nota informativa sobre as ações da FAO contra a lagarta dos cereais na África**. Roma: FAO, 2018. 6p.

FONSECA, P.R.B. et al. Seletividade de inseticidas utilizados no controle da *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) nos inimigos naturais epigéicos na cultura do milho. **Revista Caatinga**, 25: 14-19, 2012.

FUZITANI, E.J. et al. Eficiência de fosfitos no controle da podridão da base do estipe em mudas de pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35: 1000-1006, 2013.

GASSEN, D.N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 134p.

GIOLO, F et al. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Current Agricultural Science and Technology**, 8: 219-224, 2002.

HAMMERSCHMIDT, R.; KUC, J. (Eds.). **Induced resistance to disease in plants**. Springer Science & Business Media, 2013.

HOLLOWAY, J.D.; BRADLEY, J.D.; CARTER, D.J. **CIE Guides to insects of importance to man. I. Lepidoptera**. London: CAB International, 1987. 262p.

JACKSON, T.J. et al. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, 49: 147-154, 2000.

KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays L.*) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, 1: 93-103, 2007.

LEIDERMAN, L.M.; SAUER, H.F.G. A lagarta dos milharais. **O Biológico**, 6: 105-113, 1953.

LIMA, J.F.M. et al. Ação de inseticidas naturais no controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho cultivado em agroecossistema de várzea. **Ciência Rural**, 38: 608-613, 2008.

LOPES-ARAÚJO, J. et al. Interação fosfito e fosfato no crescimento e na nutrição fosfatada do feijoeiro em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37: 483-490, 2013.

LOPES, G. da S. et al. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Caatinga**, 21: 134-140, 2008.

LOPES, H.M. **Resposta da lagarta-do-cartucho à aplicação do fosfito em milho doce e divergência genética de populações de lagartas-da-espiga**. 2016. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília.

LOVATT, C.J.; MIKKELSEN, R.L. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do. **Better crops**, 90: 11-13, 2006.

LUZ, C.E.A. et al. Resistance of important bean genotypes to the Mexican bean beetle [*Zabrotes subfasciatus* (Bohemann)] during storage and its control with chemical synthetic and botanical insecticides. **Australian Journal of Crop Science**, 11: 1168-1175, 2017.

MAGGIO, M.A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido “tropical”**. 2006. 55f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.

MARONEZE, D.M.; GALLEGOS, D.M.N. Efeito de extrato aquoso de *Melia azedarach* no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Semina: Ciências Agrárias**, 30: 537-549, 2009.

MCDONALD, A.E.; GRANT, B.R.; PLAXTON, W.C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. **Journal of Plant Nutrition**, 24: 1505-1519, 2001.

MOOR, U. et al. Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. **Scientia Horticulturae**, 119: 264-269, 2009.

OKUMURA, R.S. et al. Sweet corn: genetic aspects, agronomic and nutritional traits. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, 6: 105-114, 2013.

OLIVEIRA, A.A.S. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (SMITH) Lepidoptera: Noctuidae em milho doce tratado com fosfito de potássio. **Universidade de Brasília-UnB, Monografia de graduação**, 2015.

OUIMETTE, D.G.; COFFEY, M.D. Comparative antifungal activity of four phosphonate compounds against isolates of nine Phytophthora species. **Phytopathology**, 79: 761-767, 1989.

PAIVA, E. et al. Seleção de progênies de milho doce de alto valor nutritivo com auxílio de técnicas eletroforéticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 27: 1213-1218, 1992

PARRA, J.R.P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZU, A.R.; PARRA, J.R. (Org.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. p. 9-65.

PARRA, J.R.P.; HADDAD, M. de L. **Determinação do número de ínstars de insetos**. Piracicaba: Fealq, 1989. 48p.

PATTERSON, M.; ALYOKHIN, A. Survival and development of Colorado potato beetles on potatoes treated with phosphite. **Crop Protection**, 61: 38-42, 2014.

PEREIRA-FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; GAMA, E.E.G. Cultivares para o consumo verde. In: PEREIRA-FILHO, I.A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.17-30.

PEREZ, V. et al. Enhanced secretion of elicitors by *Phytophthora fungi* exposed to phosphonate. **Cryptogamie Mycologie**, 16: 191-194, 1995.

ROTHHAUPT, K. Stimulation of phosphorus limited phytoplankton by bacterivorous flagellates in laboratory experiments. **Limnology and Oceanography**, 37: 750-759, 1992.

SANTOS, L.M.D. et al. Larval and pupal stage of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet and field corn genotypes. **Brazilian Journal of Biology**, 63: 627-633, 2003.

SANTOS, S.L. et al. Potential of phosphite-based products in the control of *Pythium sp.* under in vitro conditions. **Applied Research & Agrotechnology**, 11: 105-110, 2018.

SAS. **The SAS system**. Version 9.00. Cary: SAS Institute, 2002.

SCHROETTER, S. et al. Effects of phosphite on phosphorus supply and growth of corn (*Zea mays*). **Landbauforschung Volkenrode**, 56: 87-99, 2006.

SCRIBER, J.M.; SLANSKY JR, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, 26: 183-211, 1981.

SHARMA, R.K.; BAJRACHARYA, A.S.R. Measuring susceptibility in maize varieties in free and no choice tests against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). **Annals of Plant Protection Sciences**, 14: 357-363, 2006.

SILVA, A.C. da. et al. Coffee leaf extract and phosphites on the curative control of powdery mildew in eucalyptus mini stumps. **Forest Pathology**, 43: 297-305, 2013.

SILVA, D.M.D. et al. Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. **Scientia Agricola**, 74: 18-31, 2017.

SILVA, O.C. et al. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. **Crop Protection**, 30: 598-604, 2011.

SOBRINHO, G.G.R. et al. Efeito de fosfito de potássio no crescimento e na densidade micelial do *Fusarium solani* do maracujazeiro. **Summa Phytopathologica**, 42: 180-182, 2016.

STORCH, G. et al. Linha básica de suscetibilidade de inseticidas de ação por contato sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) utilizados na cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrociências**, 14: 291-297, 2008

SYSTAT. **Signaplot for windows**. Version 10.0. Germany: Systat software, 2006.

SZÉKELY, T.; WEISSING, F.J.; KOMDEUR, J. Adult sex ratio variation: implications for breeding system evolution. **Journal of Evolutionary Biology**, 27: 1500-1512, 2014.

TAVARES, W. de S. et al. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products**, 30: 384-388, 2009.

THAISY, S. **Lagarta-do-cartucho-no-milho: danos e controle**. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/artigo/lagarta-do-cartucho-no-milho--danos-e-controle_47471.html . Acesso em: 26 de junho de 2018.

THAO, H.T.B; YAMAKAWA, T. Phosphite (phosphorous acid): fungicide, fertilizer or bio-stimulator? **Soil Science and Plant Nutrition**, 55: 228-234, 2009.

TEIXEIRA, F.F. et al. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, 25: 483-488, 2001.

TOSCANO, L.C. et al. Impact of insecticides on *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) and its natural enemies on off-season maize in Cassilândia and Chapadão do Sul, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, 79: 223-231, 2012.

TRACY, W.F. Sweet corn. In: HALLAUER, A.R. (Ed.). **Specialty corns**. 2. ed. New York: CRC Press, 2001. p. 155-198.

VADSTEIN, O. Heterotrophic, planktonic bacteria and cycling of phosphorus. In: SCHINK, B. (ED.) **Advances in Microbial Ecology**. Boston: Springer, 2000. p.115-167.

VENTER, E. et al. Potassium phosphate induces tolerance against the Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*, Homoptera: Aphididae) in wheat. **Crop Protection**, 61: 43-50, 2014.

VIANA, P.A; PRATES, H.T. Desenvolvimento e mortalidade larval de *Spodoptera frugiperda* em folhas de milho tratadas com extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica*. **Bragantia**, 62: 69-74, 2003.

VIANA, P.A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J.M. **Pragas**. 2.Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Versão Eletrônica. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1.).

WAQUIL, J.M.; VILLELA, F.M.F. Gene bom. **Revista Cultivar**, 49: 22-26, 2003.

WAQUIL, J.M.; VILLELA, F.M.F.; FOSTER, J.E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (Bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 1: 1-11, 2002.

WILKINSON, C.J. et al. Effect of phosphite on in planta zoospore production of *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, 50: 587-593, 2001.