

Chrysodeixis includens **EM PLANTAS DE BATATA:
DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL, CONTROLE EM CAMPO,
DANO FOLIAR E IMPACTO NA PRODUÇÃO DE
TUBÉRCULOS**

Patrícia Santos da Silva
Eng. Agrônoma

PATRÍCIA SANTOS DA SILVA

Chrysodeixis includens **EM PLANTAS DE BATATA:
DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL, CONTROLE EM CAMPO,
DANO FOLIAR E IMPACTO NA PRODUÇÃO DE
TUBÉRCULOS**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carmen Rosa da Silva Curvêlo

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí - GOIÁS
2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

dP314c da Silva, Patrícia Santos
Chrysodeixis includens em plantas de batata:
distribuição temporal, controle em campo, dano foliar
e impacto na produção de tubérculos / Patrícia Santos
da Silva; orientador Carmen Rosa da Silva Curvêlo;
co-orientador Alexandre Igor Azevedo Pereira. --
Urutai, 2022.
53 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Proteção de
Plantas) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutai,
2022.

1. bioma Cerrado. 2. falsa-medideira da soja. 3.
inseticidas. 4. lagartas. 5. microbiológicos. I.
Curvêlo, Carmen Rosa da Silva, orient. II. Pereira,
Alexandre Igor Azevedo, co-orient. III. Título.

**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: Patrícia Santos da Silva
Matrícula: 2020101330540172

Título do Trabalho: *Chrysodeixis includens* em plantas de batata: distribuição temporal, controle em campo, dano foliar e impacto na produção de tubérculos

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim. Dados oriundos de apoio com instituição privada.

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10/12/2023

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 incluídos 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.

Urutaí, estado de Goiás, 14/03/2022

Ciente e de acordo:



Assinatura do Autor e/ou Detentor
dos Direitos Autorais



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

Ata nº 27/2022 - DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº82/2022
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos dez dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e dois, às onze e trinta horas, reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Patrícia Santos da Silva**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado "*Chrysodeixis includens* em batata: distribuição temporal, controle em campo, dano foliar e impacto na produção de tubérculos". A sessão foi aberta pela presidente da banca examinadora, **Profª. Drª. Carmen Rosa da Silva Curvêlo**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi **APROVADA** considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRA EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, na área de concentração em **Fitossanidade**, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A banca examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Profª. Drª Carmen Rosa da Silva Curvêlo	IF Goiano - Campus Urutaí	Presidente
Prof. Dr José Bruno Malaquias	The University of Arizona (USA)	Membro externo
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo	IF Goiano - Campus	Membro interno

Documento assinado eletronicamente por:

- Alexandre Igor de Azevedo Pereira, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO, em 05/04/2022 16:27:43.
- José Bruno Malaquias, José Bruno Malaquias - 222110 - Agrônomo - Instituto Federal Goiano (IS), em 05/04/2022 16:08:14.
- Carmen Rosa da Silva Curvêlo, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO, em 05/04/2022 15:34:33.

Este documento foi enviado pelo SIAP em 05/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suaos.ifgoiano.edu.br/autorizar_documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 252884
Código de Autenticação: 094c287ac



DEDICATÓRIA

A toda a minha família, amigos e professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por presentear-me com uma vida repleta de realizações, pelas oportunidades em minha vida e, por me dar forças para superar os obstáculos que encontro nos caminhos que escolho.

Aos meus pais Luiz Pedro da Silva e Ieni Santos da Silva, ao meu marido Wilson dos Santos Ramos, por toda confiança que depositaram em mim, por proporcionarem a realização deste sonho.

Ao meu có-orientador Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira e orientadora Prof^a. Dr^a. Carmen Rosa da Silva Curvêlo, pela oportunidade, dedicação, compreensão, ensinamentos e esforços no desenvolvimento e finalização deste trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas pela oportunidade concedida para a realização desse curso.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas pela dedicação e conhecimentos transmitidos.

Meus sinceros agradecimentos ao Sr. João Romeiro e Bruno Romeiro, Grupo Paineiras, em Campo Alegre de Goiás, por disponibilizarem as áreas para a execução do trabalho.

Agradeço a todos os parceiros e colaboradores que de forma direta ou indireta contribuíram para a execução desse projeto.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	11
OBJETIVOS.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS.....	22
DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES.....	44
AGRADECIMENTOS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

RESUMO

A batata é uma das fontes de energia mais importantes para a população mundial. Mas, plantas dessa Solanaceae possuem grande hospedabilidade a herbívoros, como lagartas desfolhadoras. *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) tem sido beneficiada pelas pontes verdes entre soja-batata, no bioma Cerrado. E, por isso, é uma séria ameaça à produção agrícola e segurança alimentar. Casos de resistência a inseticidas tem sido registrados no Brasil, para esse inseto polífago. Dessa forma, pesquisas de campo que possam gerar informações para uso em programas de Manejo Integrado de Pragas, contra *C. includens* em batata, devem ser urgentemente exploradas. Investigamos a distribuição temporal em lagartas de *C. includens*, em plantas de batata (cv. Ágata). Comparamos a eficiência de controle (EC%) de seis inseticidas medianamente tóxicos (indoxacarbe, ciantraniliprole, clorfenapir, tiametoxam+abamectina, ciantraniliprole+abamectina e espinetoram). Bem como dos microbiológicos *Beauveria bassiana* e o vírus (ChinNPV+HearNPV) contra lagartas. Avaliamos a desfolha (%) pelas lagartas e, por fim, quantificamos componentes de produção dos tubérculos. *Chrysodeixis includens* ocorreu dos 40 DAP (dias após o plantio) até os 89 DAP. A distribuição temporal das lagartas foi modelada por equações de regressão polinomiais de 1ª ordem. Mas com o ciantraniliprole, fungo e testemunha absoluta apresentando respostas de 2ª ordem. A EC% também variou entre tratamentos, com amplitude de 32,45% a 93,89%. A flutuação populacional das lagartas foi dependente do seu tamanho, tempo e tratamentos. Lagartas de comprimento corpóreo entre 4 a 6 mm foram mais abundantes. A desfolha ocorreu majoritariamente nos terços inferior e mediano, que no superior. O tratamento espinetoram melhor conteve a desfolha das lagartas com apenas 18,08% aos 28 DaAP (dias após a aplicação). Todos os componentes de produção da batata foram superiores com todos os inseticidas, bem como com aplicação do vírus. Mas inferiores quando o fungo foi utilizado. Nossas descobertas fornecem informações valiosas para prever a dinâmica populacional de *C. includens* em plantas de batata. Apresentamos formas eficientes de controle das lagartas, ambientalmente amigáveis, com reflexo em menores valores de desfolha e sem riscos de perdas na qualidade e produtividade dos tubérculos. As nítidas diferenças observadas entre tratamentos, além dos rastros da adaptabilidade que *C. includens* apresenta, em plantas de batata, são detalhadamente discutidos.

Palavras-chave: bioma Cerrado, falsa-medideira da soja, inseticidas, lagartas, microbiológicos, pontes verdes, *Solanum tuberosum*, Solanaceae.

ABSTRACT

Potato is one of the most important sources of energy for the population worldwide. However, plants of this Solanaceae have great hostability to herbivores, such as defoliating caterpillars. *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) has been benefited by green bridges between soybean-potato in the Cerrado biome. Therefore, a serious threat to agricultural production and food security. Cases of insecticide resistance, for this polyphagous insect, are been recorded in Brazil. Field research that can generate information for use in Integrated Pest Management programs against *C. includens* in potatoes plants must be urgently explored. We investigated the temporal distribution in *C. includens* caterpillars, on potato plants (cv. Ágata). We compared the control efficiency (CE%) of six moderately toxic insecticides (indoxacarb, cyantraniliprole, chlorfenapyr, thiamethoxam+abamectin, cyantraniliprole+abamectin and spinetoram). As well as the microbiological fungus (*Beauveria bassiana*) and the virus (ChinNPV+HearNPV) against caterpillars. Defoliation damage (%) caused by the caterpillars and, finally, components of tuber production were quantified. *Chrysodeixis includens* caterpillars occurred at 40 DAP (days after planting) until 89 DAP. Temporal distribution of caterpillars was modeled by 1st order polynomial regression equations. But with cyantraniliprole, fungus and absolute control showing 2nd order responses. The CE% also varied between treatments, ranging from 32.45% to 93.89%. The population fluctuation of caterpillars was dependent on their size, time and treatments. Caterpillars with body length between 4 and 6 mm were more abundant. Defoliation damage occurred mostly in the lower and middle thirds, than in the upper ones. The spinetoram treatment better contained caterpillar defoliation with only 18.08%, at 28 DaAP (days after application). All potato production components were superior with all insecticides, as well as with virus application. But inferior when the fungus was used. Our findings provide valuable information to predict the population dynamics of *C. includens* in potato plants. We present efficient ways of caterpillars control, with an environmentally friendly approach, resulting in lower values of defoliation and without risk of loss in the quality and yield of tubers. The clear differences observed between treatments, in addition to the signs of adaptability that *C. includens* presented, in potato plants, are discussed in detail.

Keywords: Caterpillars, Cerrado biome, green bridges, insecticides, microbiologicals, *Solanum tuberosum*, Solanaceae, soybean looper.

INTRODUÇÃO

Chrysodeixis includens (Lepidoptera: Noctuidae), a lagarta falsa-medideira da soja (*Glycine max*) (Fabaceae), tem sido reportada como importante lagarta desfolhadora em plantas de batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (Salas et al. 2017). Principalmente, em áreas de produção agrícola do bioma Cerrado brasileiro. Essa região, com maior produtividade de batatas no Brasil, atinge 37% a mais da média nacional (~25 ton ha⁻¹), 27% a mais que a média da Argentina (que possui a maior produtividade média entre os países da América Latina) e 73% a mais que a média das regiões Andinas (Chile, Bolívia e Peru). Essas últimas consideradas como o real centro de origem da espécie *Solanum tuberosum* (Scott & Kleinwechter 2017). Plantas de batata, bem como outras espécies do gênero *Solanum*, já são reconhecidas como hospedeiras para *C. includens* (Specht et al. 2015), mas sendo considerada como praga secundária. Soja e batata possuem componentes bioquímicos de defesa contra herbívoros (Wink 2003) e aspectos botânicos (Milla et al. 2018) muito distintos, além de serem cultivadas em estações discrepantes (verão-inverno). Porém, as razões para, pelo menos nos últimos cinco anos, *C. includens* ter despontado como praga-chave, em batata, ainda não são bem esclarecidas.

A criação de pontes verdes, um reflexo da intensificação nas práticas agrícolas vivenciadas no Cerrado brasileiro (Brumatti et al. 2020), nas últimas décadas, pode auxiliar no entendimento sobre a adaptação em plantas hospedeiras não preferenciais, como no caso *C. includens*-batata (Specht et al. 2015). A produção de batata, no estado de Goiás (contido no bioma Cerrado), por exemplo, é precedida por lavouras de soja que é uma reconhecida planta hospedeira para *C. includens* (Moscardi et al. 2012, Horikoshi et al. 2021). Além disso, a janela pré-plantio entre soja-batata é curta, com cerca de apenas dois a três meses da colheita para o plantio entre ambas. Aliado a isso, a total ausência de um vazio sanitário, seja por questões climáticas ou por medidas legislativas, também pode estar facilitando a presença de *C. includens* naquela Solanaceae. Essa teoria, das pontes verdes, já foi comprovada no passado para *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em lavouras sucessivas de milho e algodão (Barros et al. 2010). Atualmente, *S. frugiperda* é praga-chave, em todo o território brasileiro, para ambas as plantas. *Chrysodeixis includens*, além de outras espécies de lagartas, como *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae), tem sido favorecidas por plantios seguidos de soja-batata, com ocorrência significativa em

ambas, conforme relatos anteriores (Montezano et al. 2014, Salas et al. 2017). Além do agravante que *C. includens* também se alimenta de plantas espontâneas (Specht et al. 2015), o que contribui para sua permanência em campo na entressafra.

Na soja, por exemplo, variedades transgênicas (Horikoshi et al. 2021), tentativas exitosas de Manejo Integrado de Pragas (Bueno et al. 2020) e um maior portfólio de cultivares com diferentes ciclos de maturidade (Durlí et al. 2020) tem auxiliado no controle e redução de danos por *C. includens* no Brasil. Para a batata, essas tecnologias e manejo ainda são totalmente inexplorados em cultivos comerciais no território brasileiro. Os principais materiais de batata cultivados atualmente em território brasileiro, como a cv. Ágata, são oriundos de genótipos com considerável perda em diversidade genética, diagnosticada ao longo da sua domesticação (Brush et al. 1995). O que leva a um evidente desequilíbrio coevolutivo inseto-planta (Bruce 2015).

Como poucas medidas de proteção de plantas em batata são investigadas, o uso dos inseticidas químicos prevalece, sendo o único e exclusivo em muitas lavouras. E isso é preocupante em termos de novos casos reportados de evolução de resistência a inseticidas, ou indícios que isso ocorra em breve. Lagartas de *C. includens* apresentaram taxas de tolerância (TR_{50}) ao inseticida metomil, grupo químico carbamato, de 45,9 vezes, bem como a dois inseticidas do grupo diamidas flubendiamida (10 vezes) e espinetoram (2,6 vezes) comparando-as com *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae), outra lagarta que ocorre em soja (Buss et al. 2022). *Chrysodeixis includens* também demonstrou taxas de resistência (RR) a benzoiluréias (inibidores da síntese de quitina) de 36.361 vezes (populações suscetíveis x resistentes a teflubenzuron), bem como resistência cruzada entre populações resistentes ao teflubenzuron e seus análogos novaluron (RR= 6147 vezes) e lufenuron (RR= 953 vezes) (Stacke et al. 2020).

Portanto, o presente estudo buscou preencher lacunas no conhecimento sobre como lagartas de *C. includens* sincronizam sua distribuição temporal em plantas de batata, no bioma Cerrado brasileiro, estado de Goiás. Também avaliamos formas de controle, danos ocasionados em termos de desfolha e, por fim, o impacto dessas formas de controle das lagartas em componentes de produção dos tubérculos. Utilizamos, unicamente, inseticidas mais seletivos e de baixa toxicidade ambiental (classificação III, medianamente tóxicos). Por serem sugeridos como importantes ferramentas para a adoção em programas de Manejo Integrado de Pragas (Bueno et al. 2017, Torres & Bueno 2018), pela sua seletividade a inimigos naturais. Também avaliamos formas ambientalmente amigáveis de controle, através do fungo entomopatógeno *Beauveria*

bassiana e o vírus NPV (ChinNPV+HearNPV) (ambos de classificação toxicológica IV, pouco tóxicos) que são totalmente compatíveis com aplicações foliares. E que tem sido demonstrados como importantes agentes de regulação populacional para lagartas de *C. includens* em campo (Sosa-Gómez et al. 2010, Simón et al. 2014, Botelho et al. 2019, Godoy et al. 2019, Zanardo Botelho et al. 2019).

OBJETIVOS

(i) Investigar a distribuição temporal para lagartas de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), em plantas de batata (cv. Ágata), ao longo do seu ciclo fenológico, (ii) Comparar o controle dos inseticidas indoxacarbe, ciantraniliprole, clorfenapir, tiametoxam⁺ (assim denominado por ser uma mistura de fábrica com abamectina), ciantraniliprole⁺ (também contendo abamectina na formulação) e espinetoram, bem como dos parasitas entomófagos fungo *Beauveria bassiana* e vírus NPV (ChinNPV+HearNPV) em lagartas de *C. includens*, (iii) Avaliar a desfolha (%) em plantas de batata ocasionada pelas lagartas em função dos tratamentos e, por fim, (iv) Quantificar o impacto dos tratamentos utilizados em componentes de produção dos tubérculos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local experimental e cultivar da batata

O estudo foi conduzido em um cultivo comercial de batatas pertencente ao Grupo Paineiras, em Campo Alegre de Goiás, GO, Brasil. As coordenadas geográficas do local experimental são 17°17'18" S e 47°48'10" O e 937 m de altitude. A batata utilizada foi a cv. Ágata com aptidão para consumo de mesa (cozida ou assada) e duração média do ciclo entre 115 e 120 dias. As batatas-semente utilizadas foram classificadas como tipo I (entre 51 e 60 mm) e G2 (segundo ano de obtenção) sendo oriundas de viveiros certificados do município de Sacramento, MG, Brasil. O plantio foi realizado no mês de abril de 2020, com a maioria do ciclo produtivo no período frio e seco, correspondendo a médias de temperatura e umidade relativa de 22°C e 35%, respectivamente.

Procedimentos pré-plantio e plantio da batata

A dessecação química da área no pré-plantio foi realizada com glifosato (registro nº 8912, MAPA do Brasil) (Sumitomo Chemical Brasil Indústria Química S.A., Maracanaú, CE, Brasil) na dose de 3 L ha⁻¹ e volume de calda de 200 L ha⁻¹. Logo após, utilizou-se uma roçadeira mecanizada modelo Tritton 2.300 (Implementos Agrícolas Jan s/a, Não-Me-Toque, RS, Brasil), além de gradagem e subsolagem com arado subsolador modelo ASDA Multi, com 9 discos (Baldan Implementos Agrícolas S/A, Matão, SP, Brasil). Em seguida, ocorreu um nivelamento e destorroamento com enxada rotativa modelo 115-200 BTV (Rugeri Mec-Rul SA, Caxias do Sul, RS, Brasil). Os procedimentos de sulcamento (com distância média de 80 cm entre sulcos), adubação de fundação (com deposição de adubo entre 3 a 5 cm abaixo das batatas-semente) e plantio (com profundidade variando entre 10 a 15 cm) foram realizados em seguida. Uma plantadeira de batata modelo PAI-480 AR (Watanabe Indústria e Comércio de Máquinas LTDA, Castro, PR, Brasil) com capacidade para 4 linhas, 4000 kg de batata-sementes e rendimento médio de 12 ha dia⁻¹ foi utilizada. O espaçamento foi de 34 cm entre plantas e 80 cm entre linhas. A adubação seguiu recomendações técnicas para a região, com 1800-2000 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K (4-30-10) no sulco de plantio.

A amontoa mecânica foi realizada, com o implemento anteriormente citado, aos 30 dias após o plantio, com finalidade de manter as leiras entre 20 a 25 cm de altura. Isso estimula o desenvolvimento dos estolões vegetais, protege os tubérculos do sol e exerce um certo controle contra ervas daninhas (Jadoski et al. 2014). A irrigação por pivô central foi executada, periodicamente, a partir do plantio com deposição total, por ciclo, de cerca de 500 mm de água e turno de rega com média de 4 dias.

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento foi em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e nove tratamentos. Cada parcela experimental teve área útil de 30 m² (6 m comprimento x 5 m largura), compreendendo, aproximadamente, 6 linhas de batatas plantadas, 18 plantas por linha e população total na parcela de 108 plantas. Uma bordadura de 20 m de comprimento entre as parcelas adjacentes foi utilizada.

Os nove tratamentos foram uma testemunha absoluta (apenas água), seis inseticidas sintéticos: 1. indoxacarbe (registro nº 1415, MAPA) (FMC Química do

Brasil Ltda., Campinas, SP, Brasil), 2. ciantraniliprole (registro nº 13915, MAPA) (FMC Química do Brasil Ltda., Campinas, SP, Brasil), 3. clorfenapir (registro nº 05898, MAPA) (BASF S.A., São Paulo, SP, Brasil), 4. tiametoxam⁺, assim denominado por ser uma mistura de fábrica envolvendo tiametoxam e abamectina (ainda sem registro MAPA no Brasil) (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., São Paulo, SP, Brasil), 5. ciantraniliprole⁺, também contendo abamectina na formulação (registro nº 01020, MAPA) (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., São Paulo, SP, Brasil) e 6. espinetoram (registro nº 14414, MAPA) (Dow AgroSciences Industrial Ltda., Barueri, SP, Brasil). E, por fim, dois agentes microbiológicos compreendidos por um fungo e um vírus. O fungo parasita utilizado foi *Beauveria bassiana* (registro nº 3816, MAPA) (Simbiose indústria e comércio de fertilizantes e insumos microbiológicos Ltda., Cruz Alta, RS, Brasil). Ao fungo foi adicionado, durante o preparo da calda, o indutor de resistência silicato de potássio, K₂SiO₃ (registro nº 0944610000-9, MAPA) (Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda., São José do Rio Preto, SP, Brasil). Essa mistura sinérgica (Pereira et al. 2020) foi utilizada devido à baixa umidade relativa durante o período experimental. O vírus foi oriundo de produto comercial com combinação pré-formulada de fábrica entre dois vírus da poliedrose nuclear: ChinNPV (*Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovírus) e HearNPV (*Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovírus) (registro nº 23218, MAPA) (AgBitech Controles Biológicos Ltda, São Paulo, SP, Brasil).

Os primeiros cinco inseticidas (indoxacarbe, ciantraniliprole, clorfenapir, tiametoxam⁺ e ciantraniliprole⁺) possuem recomendação de controle para a traça-da-batata, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Enquanto que o espinetoram possui recomendação para *Chrysodeixis includens* em batata. O produto comercial contendo *Beauveria bassiana* não possui recomendação de controle para *C. includens*, apesar desse e outros fungos parasitas serem associados àquele inseto-praga em campo (Moscardi et al. 2012). O silicato de potássio possui recomendação, como indutor de resistência, em plantas de batata. O vírus (ChinNPV+HearNPV) possui recomendação de uso contra *C. includens* em qualquer cultura com ocorrência dessa praga. Informações técnicas resumidas sobre os produtos utilizados foram apresentadas na Tabela 1. Todos os tratamentos foram aplicados, via foliar, com pulverizador CO₂ pressurizado (2 L), com barra lateral de 3 m com seis pontas de pulverização cônicas (M 054), pressão de trabalho 30 libras pol⁻² e volume de calda 200 L ha⁻¹. As pulverizações dirigidas ao terço superior das plantas de batata ocorreram ao final do dia, após as 17:00

horas. Os aplicadores utilizaram equipamentos de proteção individual (EPI), conforme legislação brasileira vigente. Adicionalmente, fungicidas dos grupos cúpricos e alquilenobis (ditiocarbamato) foram utilizados de forma preventiva contra as doenças requeima, pinta-preta e rizoctoniose.

Tabela 1. Informações técnicas resumidas dos produtos pulverizados via foliar em plantas de batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) cv. Ágata, para controle de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). Campo Alegre de Goiás, GO, Brasil

Tratamento	Grupo químico	Concentração (Formulação)	Dose / Volume calda	Grupo / Sub-Grupo ¹	Descrição resumida MoA ²	Clas. Tox. ³	C.P.P.A. ⁴
Indoxacarbe	Oxadiazinas	150 g i.a. L ⁻¹ (EC)	320 ml ha ⁻¹ / 400 L ha ⁻¹	22 / 22A	Bloqueadores de canais de sódio dependentes da voltagem	III – medianamente tóxico	III – perigoso
Ciantraniliprole	Diamidas	100 g i.a. L ⁻¹ (OD)	500 ml ha ⁻¹ / 250 L ha ⁻¹	28	Modulador de receptores de rianodina	IV – pouco tóxico	III – perigoso
Clofernapir	Sulfluramidas	240 g i.a. L ⁻¹ (SC)	750 ml ha ⁻¹ / 400 L ha ⁻¹	13	Desacoplador da fosforilação oxidativa via disrupção do gradiente de próton	III – medianamente tóxico	II – muito perigoso
Tiametoxam ⁺	Neonicotinóides + Avermectinas	72 g i.a. L ⁻¹ + 36 g i.a. L ⁻¹ (SC)	400 ml ha ⁻¹ / 750 L ha ⁻¹	4/4A + 6	Modulador competitivo de receptores nicotínicos da acetilcolina + modulador alostéricos de canais de cloro mediados pelo glutamato	III – medianamente tóxico	II – muito perigoso
Ciantraniliprole ⁺	Diamidas + Avermectinas	60 g i.a. L ⁻¹ + 18 g i.a. L ⁻¹ (SC)	750 ml ha ⁻¹ / 400 L ha ⁻¹	28 + 6	Modulador de receptores de rianodina + modulador alostéricos de canais de cloro mediados pelo glutamato	III – medianamente tóxico	II – muito perigoso
Espinetoram	Espinosinas	250 g i.a. kg ⁻¹ (WG)	100 g ha ⁻¹ / 400 L ha ⁻¹	6	Modulador alostérico de receptores nicotínicos da acetilcolina	III – medianamente tóxico	II – muito perigoso
Fungo ⁵	<i>Beauveria bassiana</i> + silício	2 x 10 ⁹ UFC g ⁻¹ + 168 g Si L ⁻¹ e 210 g K ₂ O L ⁻¹ (WP+SC)	4 kg ha ⁻¹ e 0,4 L ha ⁻¹ / 400 L ha ⁻¹	Não se aplica	Digestão tecidos internos e liberação micotoxinas na hemolinfa / indutor de resistência física e química em vegetais	IV – pouco tóxico	IV – pouco perigoso
Vírus ⁶	NPV	202 g L ⁻¹ (SC)	210 mL ha ⁻¹ / 100 L ha ⁻¹	31	Disruptores virais da membrana peritrófica	IV – pouco tóxico	IV – pouco perigoso

¹De acordo com IRAC-BR (2022) versão 9.1. ¹ e ²MoA (modo de ação). ³ Classificação Toxicológica (Clas. Tox.) com toxicidade decrescente em uma escala de I a V (Anvisa 2022). ⁴Classificação do Potencial de Periculosidade Ambiental (C.P.P.A.) com maior periculosidade ambiental em uma escala decrescente de I a IV (Anvisa 2022). ⁵Misturado em calda com K₂SiO₃. ⁶Formulação de fábrica com ChinNPV+HearNPV.

Parâmetros quantificados

Distribuição temporal das lagartas

A distribuição temporal das lagartas de *Chrysodeixis includens* foi quantificada dos 26 dias após o plantio (DAP) da batata até o 96° DAP, com intervalos semanais. E correspondeu ao número de lagartas coletadas por pano de batida por tempo (DAP). A justificativa para esse intervalo é apresentada na seção resultados. Apenas o tratamento testemunha foi utilizado para esse fim, para diagnosticar o comportamento de distribuição temporal natural do inseto. Após os 100 DAP, as amostragens foram interrompidas definitivamente devido a dessecação das plantas, com o herbicida concentrado solúvel paraquate (grupo químico biperidílio) (registro nº 014507, MAPA) (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, Paulínia, SP, Brasil). O dessecante químico é utilizado ao final do ciclo da batata para facilitar a colheita dos tubérculos. Cada amostra de lagartas, através de pano de batida, correspondeu a três subamostras por parcela experimental. Cerca de 5% das lagartas coletadas manualmente em campo pertenceram à espécie *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae). Mas esses dados não foram contabilizados para as análises aqui apresentadas.

Momento da aplicação e eficiência de controle (EC%)

O número de lagartas coletadas por pano de batida também foi útil, ao longo dos dias após o plantio (DAP) da batata, para definir o momento da aplicação dos tratamentos. As aplicações foram iniciadas quando $\geq 50\%$ de todas as parcelas experimentais encontraram-se com, pelo menos, duas lagartas de 1° a 3° estágio coletadas por pano de batida. Na batata, ainda não há níveis de controle para *Chrysodeixis includens* bem definidos. Portanto, seguimos recomendações das bulas dos fabricantes dos tratamentos utilizados, bem como ajustamos as amostragens para o que é praticado em soja. As aplicações foram realizadas conforme recomendação dos fabricantes com variação de uma a até três aplicações dependendo do produto. No momento anterior à primeira aplicação, a população de *C. includens* foi amostrada, para cada parcela experimental. E, logo após, ao final do dia, a primeira pulverização foi executada. A partir daí estabelecemos os dias após a aplicação (DaAP), correspondendo a 0, 7, 14, 21 e 28 dias que coincidiu com os 47°, 54°, 61°, 68° e 75° DAP,

respectivamente.

Após a contagem do número de lagartas por pano de batida para cada parcela, em função dos tratamentos e dos intervalos de tempo de aplicação (DaAP) calculou-se a percentagens de eficiência de controle (EC%) dos tratamentos empregando-se a fórmula de Hedderson-Tilton (1955), onde: $EC\% = 100 \times [1 - (NLV \text{ na testemunha antes da aplicação} \times NLV \text{ no tratamento depois da aplicação} / NLV \text{ na testemunha depois da aplicação} \times NLV \text{ no tratamento antes da aplicação})]$. NLV = número de lagartas vivas.

EC% dependente do tamanho das lagartas

A EC% foi apresentada tanto para a população total de lagartas amostradas, bem como em função dos diferentes comprimentos corpóreos. Nesse último caso, imediatamente após as coletas, as lagartas foram categorizadas em função do seu comprimento (mm) corpóreo como 1-3 mm, 4- mm, 7-11 mm, 12-16 mm, 17-20 mm e >21 mm.

Desfolha (%)

A desfolha, em percentual (%), foi quantificada visualmente com auxílio de uma escala de notas de danos nas folhas, adaptada para *Chrysodeixis includens* em plantas de soja (Panizzi et al. 1997). Cinco plantas por parcela experimental foram analisadas quanto à desfolha, dos 40 aos 96 DAP da batata, bem como para cada um dos cinco DaAP. Os terços superior, mediano e inferior foram delimitados, cada um, pela relação de $\frac{1}{3}$ da haste principal (Fleisher et al. 2006). Portanto, a desfolha (%) foi apresentada em função de cada um dos três terços da planta de batata, bem como em toda a planta (através do somatório de desfolha nos três terços). A desfolha em função dos DAP da batata foi contabilizada, apenas, no tratamento testemunha. Adicionalmente, o efeito dos tratamentos na desfolha (%) também foi quantificado. Para esse caso, considerou-se a desfolha (%) total (e não por terço da planta) por tratamento por DaAP. Como *C. includens* foi a espécie dominante (95% das coletas), descartamos a possibilidade das desfolhas terem sido ocasionadas por outras espécies de lagartas. Bem como desfolhadores da ordem Coleoptera, principalmente *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) que é considerada praga-chave no Brasil. Como prevenção contra altas populações desse inseto, duas aplicações preventivas aos 25 e 35 DAP

foram realizadas com o inseticida contendo mistura de fábrica entre imidacloprido e beta-ciflutrina (registro nº 04804, MAPA) (Bayer S.A., São Paulo, SP, Brasil). Esse inseticida não possui recomendação de controle para *C. includens* em batata. Além disso, nas avaliações visuais de desfolha, descartamos os sintomas de danos típicos de crisomelídeos, que são furos circulares de dentro para fora das folhas. Enquanto que para lagartas, como *C. includens*, esses furos são realizados das bordas para dentro e foram encontrados em sua grande maioria.

Componentes de produção da batata

Os componentes de produção da batata, representados pelo número de tubérculos planta⁻¹, massa média dos tubérculos (g) e produtividade (ton ha⁻¹) foram quantificados aos 115 DAP. Prazo esse condizente com o ciclo produtivo da cv. Ágata (Oliveira et al. 2021). Portanto, após 15 dias da aplicação do dessecante em toda a área experimental as batatas foram suspensas do solo com auxílio de uma arrancadeira mecanizada modelo AWB-1600 (Watanabe Indústria e Comércio de Máquinas LTDA, Castro, PR, Brasil) que também retira partículas de solo dos tubérculos, facilitando a limpeza. Após o arranquio das batatas, em todas as parcelas experimentais, essas foram distribuídas em caixas contentoras de plástico (56 cm x 36 cm x 31 cm), registrando-se cada repetição e tratamento. As caixas foram transportadas até a unidade de beneficiamento onde as batatas foram lavadas, escovadas e secas à sombra por 72 hs. Após esse procedimento as batatas foram contadas. Para se estimar a quantidade de tubérculos planta⁻¹, esses foram contados em função do número de plantas inteiras presentes no campo, para cada parcela. Essa contagem foi realizada em 24 horas antes do início da dessecação. A massa média dos tubérculos foi quantificada com auxílio de uma balança digital, modelo MIC 100 (Micheletti Industria e Comercio de Equipamentos Eireli, São Paulo, SP, Brasil). Através da estimativa da massa das caixas contendo as batatas, para cada parcela experimental, e dividido pelo número de tubérculos obtidos por caixa por parcela. Por fim, a produtividade (ton ha⁻¹) foi estimada através da massa de tubérculos obtida, para cada parcela de 60 m², com extrapolação para 10000 m² (1 hectare).

Análise estatística

A distribuição temporal das lagartas de *Chrysodeixis includens* em função dos dias após o plantio (DAP) da batata, considerando todas as lagartas amostradas, foi explorada através da busca por modelos de regressão polinomial com maiores valores do coeficiente de determinação (R^2 ajustado) (Figura 1A). Todavia, a distribuição temporal das lagartas, para cada um dos seis tamanhos, foi apresentada através de curvas do tipo spline com adição dos respectivos pontos de dispersão na vertical (Figuras 1B a G). As curvas spline são expressas pela interpolação linear entre pontos representativos. E úteis para suavizar a interpolação dos pontos e pela simplicidade de cálculo (Beach 1991). Nesse caso, apresentamos esses dados, apenas, de forma descritiva.

Na Figura 2A apresentamos, de forma descritiva, o momento da aplicação dos tratamentos em função do limite de $\geq 50\%$ das parcelas experimentais com menos de duas ($< NC$) ou pelo menos duas ou mais ($\geq NC$) lagartas amostradas por pano de batida. Adicionalmente, modelos de regressão polinomial foram testados e ajustados para representar o número de lagartas de *C. includens* por pano de batida amostradas ao longo dos dias após a aplicação (DaAP) (Figura 2B).

A observação de diferenças significativas entre tratamentos, quanto à eficiência de controle (EC%), foi diagnosticada através de uma ANOVA unidirecional com médias comparadas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 2). A distribuição do número de lagartas de *C. includens* por pano de batida, para cada um dos seis tamanhos corpóreos amostrados em função dos DaAP e tratamentos foi apresentada por curvas do tipo spline, de forma descritiva (Figura 3 A a F). Também utilizamos uma representação do tipo heatmap para apresentar, de forma descritiva, as categorias de eficiência de controle (EC%) dos tratamentos em função de cada tamanho corpóreo das lagartas ao longo dos DaAP (Figura 3).

A desfolha causada por *C. includens* nas plantas de batata foi explorada em função do terço das plantas. Nesse caso, uma ANOVA unidirecional foi utilizada para verificação de diferenças na abundância das lagartas em função de cada terço da planta (Figura 4A). Logo após, as médias das notas de desfolha (%) foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Figura 4A). A desfolha também foi apresentada, para cada terço da planta de batata, com suas médias contrastadas para cada DAP através de ANOVA unidirecional a 5% de probabilidade pelo teste Tukey (Figura 4B). Em ambas as situações anteriores, a desfolha representou apenas àquelas da parcela testemunha. Por fim, a desfolha total (somando-se os três terços da planta de

batata) foi apresentada através de uma figura de linhas horizontais associadas com valores das médias, para cada tratamento, em função de cada DaAP (Figura 4C). Com significância atestada por uma ANOVA unidirecional e suas médias, para cada DaAP, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os três componentes de produção das plantas de batata foram verificados quanto à sua significância, em função dos tratamentos, através de ANOVA unidirecional e suas médias comparadas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey (Tabela 3). O aumento em produtividade (%) foi calculado em termos percentuais tomando como referência a produtividade do tratamento testemunha e apresentada, apenas, de forma descritiva (Tabela 3). Todas as análises de regressão, ANOVA e testes de médias, além das figuras foram realizados no software SigmaPlot[®], versão 12.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA).

RESULTADOS

Distribuição temporal das lagartas

A ocorrência das lagartas de *Chrysodeixis includens*, nas plantas de batata, iniciou-se aos 40 dias após o plantio (DAP) e prolongou-se até os 89 DAP. Sua distribuição temporal apresentou comportamentos distintos para todas as lagartas coletadas no ensaio em comparação a cada uma das seis classes de tamanho consideradas (Figura 1). O modelo matemático com melhor ajuste da distribuição temporal para *C. includens*, considerando todos os tamanhos amostrados, ao longo dos DAP da batata, foi do tipo polinomial quadrático ($y = -25,6766 + 0,9621x - 0,0073x^2$, $R^2_{\text{ajustado}} = 0,83$, $F = 34,89$ e $P = 0,04$). Em forma de U invertido e com valores máximos de lagartas por pano de batata aos 61, 68 e 72 DAP (Figura 1A). O nível de controle (NC) foi superado em, aproximadamente, 67% do período total de coletas (Figura 1A). Apenas no início (aos 40 DAP) e ao final (entre os 89 DAP) das coletas a quantidade de lagartas foi inferior ao NC, caracterizando-as no nível de equilíbrio (NE). Aos 96 DAP a quantidade de lagartas coletadas foi nula. Por outro lado, a distribuição temporal das lagartas, considerando-as em função dos diferentes tamanhos encontrados, apresentou uma resposta mais dependente dos DAP (Figura 1B a G). Ou seja, lagartas de menor tamanho (de 1 a 3 mm e de 4 a 6 mm) com pico populacional mais cedo (aos 54 DAP) (Figura 1B e C), lagartas de tamanho médio (no intervalo entre 7 a 11 mm e 12 a 16

mm) com maiores quantidades coletadas entre os 68 a 75 DAP (Figura 1D e E) e lagartas de maior tamanho (de 17 a 20 mm e ≥ 21 mm) com picos tardios, entre os 75 e 82 DAP (Figura 1F e G). As lagartas de menor tamanho apresentaram quantidades superiores a oito por pano de batida a partir do 54° DAP, equivalendo a quatro vezes o NC estabelecido para essa praga em batata (Figura 1B e C). Lagartas de tamanho médio apresentaram valores máximos na quantidade coletada (~5 lagartas por pano de batida) no 68° DAP. As lagartas de tamanho entre 17 a 20 mm foram coletadas em maior quantidade também aos 68 DAP, todavia, com média inferior a 4 lagartas por pano de batida (Figura 1F). Por outro lado, as lagartas com comprimento corpóreo ≥ 21 mm foram coletadas em maior quantidade que no tamanho anterior, com média próxima a 6 lagartas por pano aos 82 DAP (Figura 1G). A proporção (em percentual) de todas as lagartas coletadas acima do NC estabelecido também oscilou em função do seu tamanho corpóreo. Ou seja, 56% das lagartas de 1 a 3 mm ultrapassaram o NC, 44% para 4 a 6 mm, 44% para 7 a 11 mm, 33% para 12 a 16 mm, 22% para 17 a 20 mm e 44% para as lagartas ≥ 21 mm.

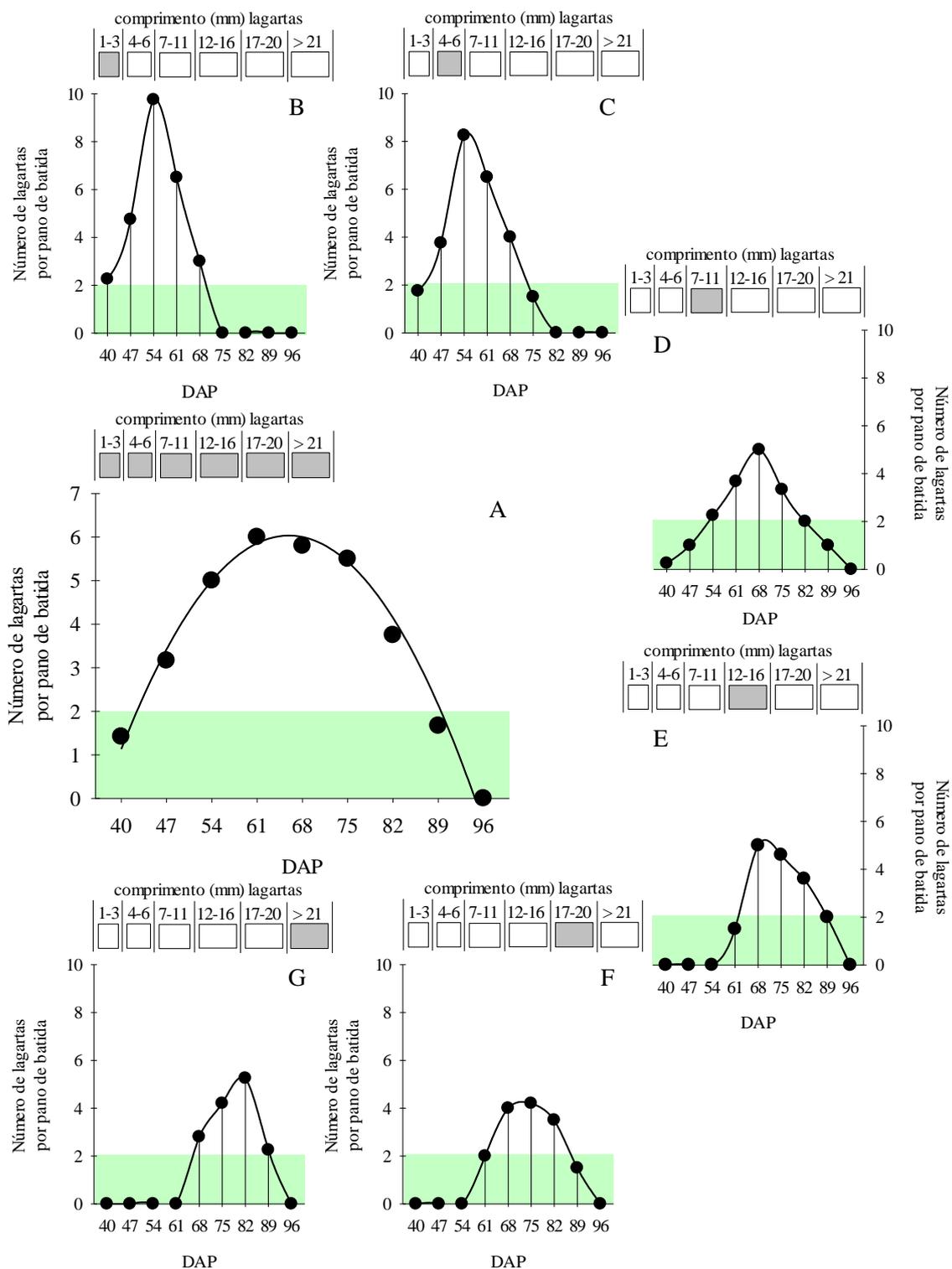


Figura 1. Distribuição temporal de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), na parcela testemunha, considerando todas as lagartas amostradas (Fig.1A) ou categorizadas pelo seu comprimento corpóreo (mm) (Figs. 1B a 1G), em plantas de batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (cv. Ágata) em função dos dias após o plantio (DAP). Faixa verde, ao fundo, indica o nível de controle (NC=2) para *C. includens* em batata com pano de batida. Resumo da análise de regressão para a Fig. 1A ($y = -25,6766 + 0,9621x - 0,0073x^2$, $R^2_{\text{ajustado}} = 0,83$, $F = 14,89$ e $P = 0,004$).

Momento da aplicação e eficiência de controle (EC%)

O momento das aplicações dos tratamentos ocorreu aos 47 DAP da batata, com 53% das parcelas com ≥ 2 lagartas por pano de batida (Figura 2A). As respostas dos tratamentos quanto ao número de lagartas amostras por pano de batida, ao longo dos dias após a aplicação (DaAP), diferiram entre si em termos de modelagem por curvas de regressão, com melhores ajustes variando entre equações polinomiais de 1ª (linear) ou 2ª (quadrática) ordem. Os inseticidas indoxacarb ($y = 3,4400 - 0,00846x$, $R^2_{ajustado} = 83,28$, $F = 14,93$ e $P = 0,03$), clorfenapir ($y = 3,1267 - 0,0944x$, $R^2_{ajustado} = 89,26$, $F = 11,75$ e $P = 0,04$), thiamethoxam⁺ ($y = 3,9167 - 0,0802x$, $R^2_{ajustado} = 96,30$, $F = 105,08$ e $P = 0,00$), ciantraniliprole⁺ ($y = 3,4891 - 0,0911x$, $R^2_{ajustado} = 82,13$, $F = 13,79$ e $P = 0,03$), espinetoram ($y = 3,8683 - 0,1224x$, $R^2_{ajustado} = 82,24$, $F = 13,88$ e $P = 0,03$) e o tratamento microbiológico vírus ($y = 3,2167 - 0,1119x$, $R^2_{ajustado} = 84,18$, $F = 17,30$ e $P = 0,04$) apresentaram respostas melhor ajustadas a modelos lineares. Enquanto que para a testemunha ($y = 3,6029 + 0,2535x - 0,0067x^2$, $R^2_{ajustado} = 96,72$, $F = 59,88$ e $P = 0,01$), o inseticida ciantraniliprole ($y = 3,6137 - 0,2352x + 0,0059x^2$, $R^2_{ajustado} = 89,31$, $F = 19,12$ e $P = 0,03$) e o tratamento microbiológico fungo ($y = 3,4747 + 0,1790x - 0,0209x^2$, $R^2_{ajustado} = 72,90$, $F = 14,58$ e $P = 0,03$) suas respostas foram ajustadas para equações quadráticas (Figura 2B).

A eficiência de controle (EC%) das lagartas de *Chrysodeixis includens* variou entre tratamentos para cada um dos quatro DaAP considerados (Tabela 2). Os valores de EC% oscilaram, para mais ou menos, apenas nos tratamentos ciantraniliprole e o fungo considerando todo o intervalo entre o 7º DaAP ao 28º DaAP. Enquanto que, nos demais tratamentos, os valores de EC% sempre foram crescentes ao longo dos DaAP. Aos 7 DaAP os tratamentos ciantraniliprole e vírus foram os únicos com EC% acima de 85%. Enquanto que o inseticida thiamethoxam⁺ e o fungo apresentaram os menores valores entre os tratamentos (40,98% e 32,45%, respectivamente). Esses dois últimos valores, inclusive, foram os menores considerando todos os DaAP e tratamentos do ensaio (Tabela 2). Os demais tratamentos apresentaram valores de EC% intermediários. Aos 14 DaAP todos os tratamentos, sem exceção, aumentaram sua EC%, incluindo o inseticida thiamethoxam⁺ e o fungo (62,63% e 55,34%, respectivamente). Todavia, esses dois últimos tratamentos ainda apresentaram valores significativamente inferiores em comparação aos demais tratamentos. Aos 21 DaAP, apenas os tratamentos clorfenapir e

espinetoram mantiveram valores de EC% superiores a 90% e, com o vírus (85,26%), foram os três tratamentos com mais altas EC% nesse intervalo (Tabela 2). Ainda aos 21 DaAP, os tratamentos ciantraniliprole e fungo apresentaram queda nos valores de EC% em comparação com os anteriores acréscimos observados no intervalo entre o 7º DaAP e 14º DaAP (Tabela 2). Os demais tratamentos, apresentaram valores intermediários para a EC%, mas com acréscimos em comparação ao intervalo anterior. Ao final do período de avaliação (28 DaAP) o tratamento ranqueado, significativamente, de mais baixa EC% foi o fungo (42,72%). Seguido dos inseticidas ciantraniliprole (79,51%) e thiamethoxam+ (81,84%), com valores de EC% significativamente intermediários. Os tratamentos de mais altas EC%, ao final do período experimental, em ordem numérica decrescente, foram os inseticidas clorfenapir (93,89%), espinetoram (93,74%), o microbiológico vírus (93,56%) e os inseticidas indoxacarbe (86,29%) e ciantraniliprole+ (85,51%) (Tabela 2).

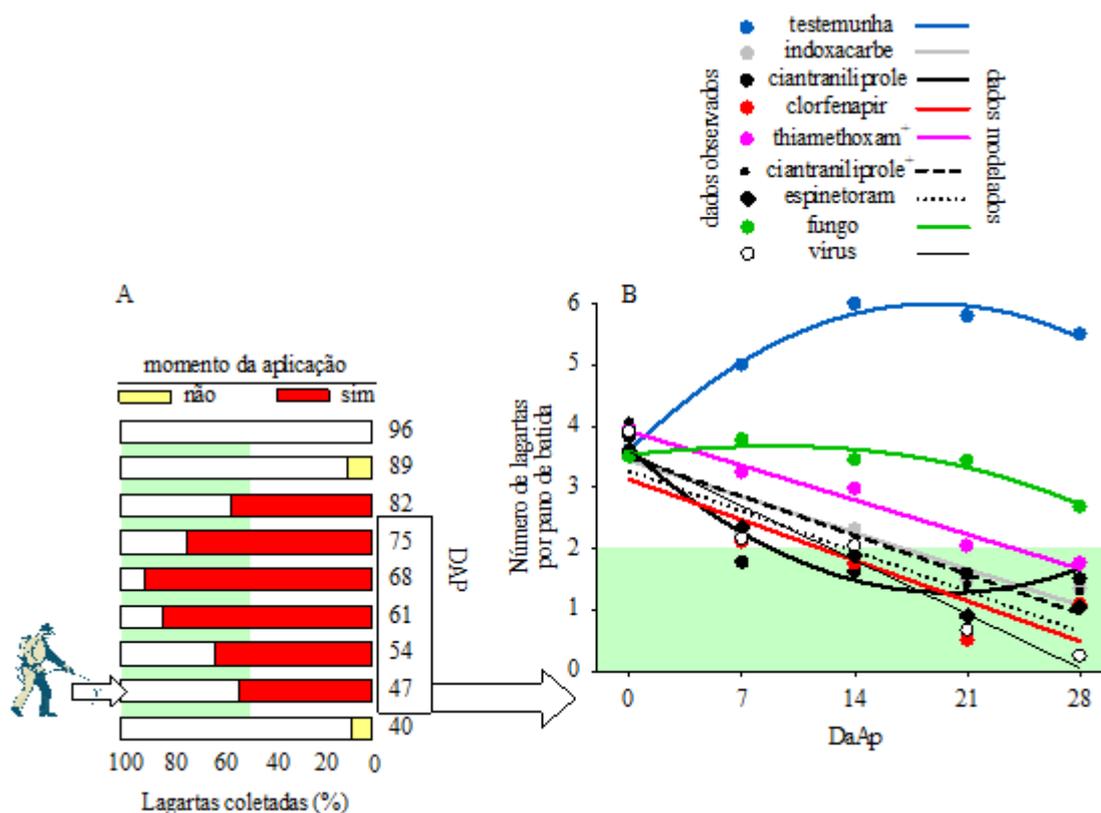


Figura 2. Momento da aplicação dos tratamentos realizada após o número (%) de lagartas de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em todas as parcelas ter superado $\geq 50\%$ do nível de controle (NC) através de pano de batida ao longo dos dias após o plantio (DAP) (Fig. 2A) e número (média) de lagartas por pano de batida, para cada tratamento, em função dos dias após a aplicação (DaAp) em plantas de batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (cv. Ágata). Na Fig.2A, a seta branca na horizontal indica o DAP onde os tratamentos foram aplicados e a faixa verde, ao fundo, indica o nível para início das aplicações. Na Fig. 2B, a faixa verde ao fundo indica o NC=2 para

C. includens em batata com pano de batida. ⁺produtos contendo mistura com abamectina de fábrica. Fungo (mistura na calda entre *Beauveria bassiana* e silicato de potássio) e vírus (produto contendo mistura de fábrica entre os VPNs ChinNPV+HearNPV).

Tabela 2. Eficiência de Controle (EC%) (Média \pm EP¹) para *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (cv. Ágata), em função dos dias após a aplicação (DaAP) dos tratamentos

Tratamentos	Dias após a aplicação			
	7	14	21	28
testemunha				
indoxacarbe	64,46 \pm 3,28 b	81,42 \pm 4,12 a	81,84 \pm 2,90 b	86,29 \pm 3,01 a
ciantraniliprole	85,85 \pm 4,21 a	89,32 \pm 5,41 a	72,84 \pm 3,89 b	79,51 \pm 3,25 b
clorfenapir	69,53 \pm 5,21 b	88,94 \pm 4,66 a	93,02 \pm 2,89 a	93,89 \pm 2,85 a
thiamethoxam ⁺	40,98 \pm 3,17 c	62,63 \pm 4,02 b	75,61 \pm 3,80 b	81,84 \pm 4,05 b
ciantraniliprole ⁺	64,02 \pm 2,56 b	80,06 \pm 3,72 a	80,76 \pm 4,25 b	85,51 \pm 4,68 a
espinetoram	63,96 \pm 4,22 b	84,26 \pm 5,03 a	90,06 \pm 3,98 a	93,74 \pm 3,89 a
fungo	32,45 \pm 3,26 c	54,24 \pm 3,96 b	53,42 \pm 4,25 c	42,72 \pm 4,65 c
vírus	85,11 \pm 4,51 a	85,70 \pm 4,14 a	88,26 \pm 3,89 a	93,56 \pm 3,85 a
F	105,54	86,73	98,03	110,25
P	0,03	0,04	0,04	0,03
CV	9,07	14,07	12,21	11,56

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ⁺produtos contendo mistura com abamectina de fábrica. Fungo (mistura na calda entre *Beauveria bassiana* e silicato de potássio) e vírus (produto contendo mistura de fábrica entre os VPNs ChinNPV+HearNPV).

EC% dependente do tamanho das lagartas

A flutuação populacional das lagartas de *Chrysodeixis includens* apresentou diferenças dependentes do seu tamanho, dos DaAP, bem como dos tratamentos (Figura 3). As maiores quantidades de lagartas, por pano de batida, foram coletadas no tamanho de 4 a 6 mm, com médias totais (independente dos tratamentos e DaAP) de 11,48 lagartas por pano de batida, seguida em ordem decrescente por 10,77 (7 a 11 mm), 9,51 (1 a 3 mm), 7,68 (12 a 16 mm), 6,57 (>21 mm) e 6,44 (17 a 20 mm). Nos tamanhos corpóreos das lagartas equivalentes a 1 a 3 mm, 4 a 6 mm, 7 a 11 mm e 12 a 16 mm as respostas dos inseticidas e biológicos foram relativamente semelhantes no sentido de reduzir a população dessas lagartas em comparação à testemunha (Figura 3A). Mas com exceção mais nítida do tratamento fungo aos 21 DaAP no tamanho 7 a 11 mm, com número de lagartas superior à testemunha (Figura 3C). No tamanho 17 a 20 mm o único tratamento com maior quantidade de lagartas foi o fungo, marcadamente aos 14 DaAP e

28 DaAP. Enquanto que para as lagartas ≥ 21 mm o tratamento thiamethoxam⁺ apresentou quantidade de lagartas superior e semelhante à testemunha, aos 14 DaAP e 21 DaAP, respectivamente, com posterior declínio aos 28 DaAP (Figura 3F). Aos 28 DaAP a quantidade de lagartas submetidas ao tratamento fungo foi superior em comparação à testemunha (Figura 3F). Os maiores valores percentuais (independentemente do tamanho das lagartas), considerando cada uma das três categorias de EC% consideradas (se baixa < 80%, média 80-90% ou alta >90%), também variou conforme os tratamentos. O indoxacarbe apresentou 58,82% da sua EC% como média, ciantraniliprole 47,05% como alta, clorfenapir 41,17% como média, thiamethoxam⁺ 52,91% como baixa, ciantranilipole⁺ 52,94% como média, espinetoram 41,17% como baixa, o fungo 72,22% como baixa e, por fim, o vírus com 58,84% como alta. No heatmap apresentado (parte inferior da Figura 3), considerando cada tamanho corpóreo das lagartas coletadas, também se observou diferença entre tratamentos categorizados pelos três níveis de EC% avaliados (Figura 3). Os inseticidas indoxacarbe, ciantraniliprole, espinetoram e o vírus foram os únicos tratamentos que apresentaram respostas tidas como de altas EC% para lagartas de 1 a 3 mm. Mas o ciantraniliprole e vírus os únicos com respostas exclusivamente de alta EC% contra *C. includens*. Ao passo que, para o tamanho de 4 a 6 mm, apenas o tratamento com fungo não obteve, em nenhum DaAP, alta EC% (Figura 3B). O inseticida espinetoram e o fungo foram os únicos tratamentos que obtiveram maioria das categorias tidas como baixa EC% para lagartas de tamanho 7 a 11 mm. Ciantraniliprole e o fungo atingiram altos níveis de EC% aos 21 DaAP com lagartas de tamanho 12 a 16 mm. Todavia, no tamanho 17 a 20 mm, apenas os inseticidas clorfenapir e espinetoram, além do microbiológico vírus apresentaram EC% acima de 90%. E, por fim, para lagartas com os maiores tamanhos (>21 mm), os três últimos tratamentos também foram os únicos a apresentarem altas EC%, inclusive todos entre os 21 e 28 DaAP (Figura 3B).

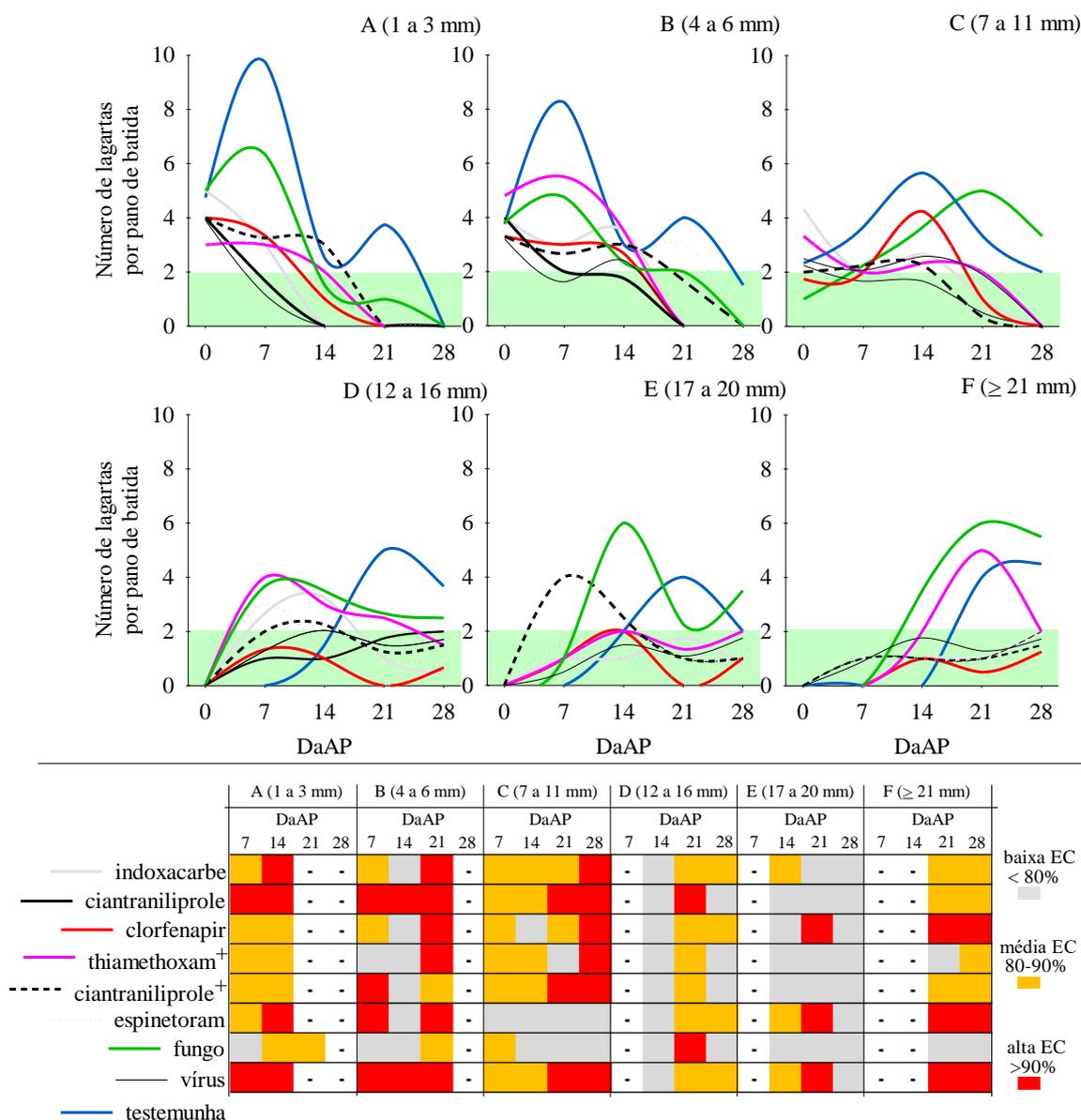


Figura 3. Distribuição do número (média) de lagartas de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), por pano de batida, em plantas de batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (cv. Ágata), e categorias para a eficiência de controle (EC%) (heatmaps) em função dos dias após a aplicação (DaAP) e tamanho corpóreo das lagartas (Figs 3A a 5F) para os tratamentos: testemunha (apenas água), indoxacarbe, ciantraniliprole, clorfenapir, thiamethoxam⁺, ciantraniliprole⁺, espinetoram, *Beauveria bassiana* + silicato de potássio (Bb+SilK) e vírus (ChinNPV+HearNPV). ⁺formulação contendo mistura com abamectina de fábrica. Faixa verde, ao fundo, indica o nível de controle (NC) para *C. includens* em batata com pano de batida. O sinal (-) para os níveis de EC% (hotmaps) representa a ausência de lagartas do respectivo tamanho.

Desfolha (%)

A desfolha observada em plantas de batata, por *Chrysodeixis includens*, diferiu em relação ao terço da planta ($F= 56,32$, $P= 0,03$), dias após o plantio da batata, DAP ($F= 95,22$, $P= 0,03$) e tratamentos ($F= 101,45$, $P= 0,03$) (Figura 4A, B e C, respectivamente). As lagartas preferiram desfolhar nos terços inferior (75%) e mediano (83%), que no superior (30%) (Figura 4A). Até os 61 DAP a desfolha para os terços superior, mediano e inferior não havia diferido significativamente, com menos de 10% de desfolha total no intervalo de 40 DAP a 61 DAP (Figura 4B). Todavia, a partir do 68° DAP, ocorreram diferenças significativas entre os terços da planta de batata. Nesse caso, os valores de desfolha para o terço superior foram menores àqueles dos terços mediano e inferior. Os valores de desfolha foram diferentes entre tratamentos para os 0 DaAP ($F= 28,77$, $P= 0,04$), 7 DaAP ($F= 25,32$, $P= 0,04$), 14 DaAP ($F= 36,52$, $P= 0,04$), 21 DaAP ($F= 48,69$, $P= 0,02$) e 28 DaAP ($F= 78,25$, $P= 0,02$). Ao longo dos DaAP, os valores de desfolha aumentaram de forma crescente, independente dos tratamentos, no intervalo entre o 0 DaAP até o 14° DaAP, com posterior estabilização (Figura 4C).

Os tratamentos testemunha e fungo foram aqueles com maior percentual de desfolha, independente do DaAP e com maiores valores de desfolha (33,28% e 30,32%, respectivamente) aos 28 DaAP (Figura 4C). Esses dois últimos tratamentos também foram aqueles que permitiram maiores danos ocasionados pelas lagartas de *C. includens*, com valores de desfolha acima do nível de dano econômico (NDE= 25% de desfolha). O tratamento que melhor conteve a desfolha das lagartas foi o inseticida espinetoram, com apenas 18,08% aos 28 DaAP (Figura 4C). Os demais inseticidas e o microbiológico vírus apresentaram valores intermediários de desfolha, mas contendo a população de lagartas abaixo do NDE em todos os DaAP.

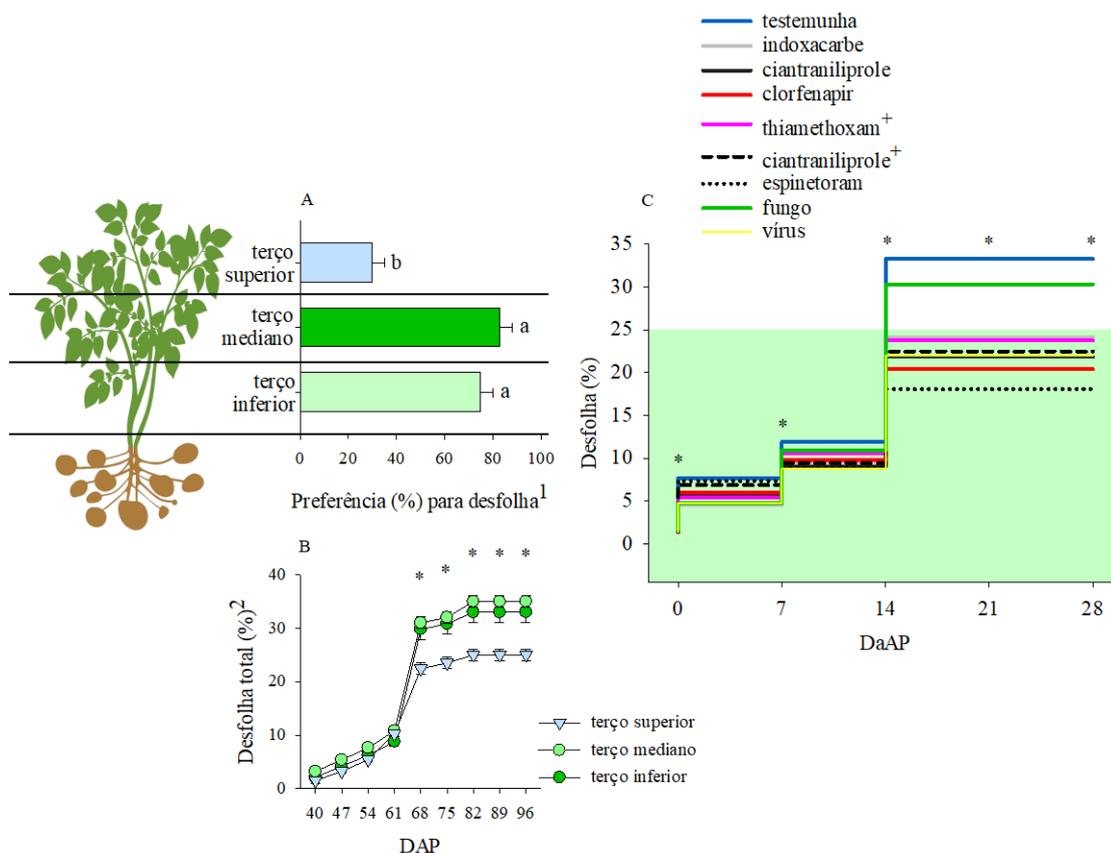


Figura 4. Desfolha (%) (média \pm EP^{1,2}), nas parcelas testemunhas, causada por lagartas de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em função do terço da planta (Fig. 4A), dos dias após o plantio (DAP) da batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (cv. Ágata) (Fig. 6B) e dos dias após a aplicação (DaAP) (Fig. 4C) dos tratamentos: testemunha (apenas água), indoxacarbe, ciantraniliprole, clorfenapir, thiamethoxam⁺, ciantraniliprole⁺, espinetoran, *Beauveria bassiana* + silicato de potássio (Bb+SilK) e vírus (ChinNPV+HearNPV). ⁺formulação contendo mistura com abamectina de fábrica. ¹médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade (Fig. 4A). ²Asterisco indica diferença significativa para % de desfolha, dentro do respectivo DAP (Fig. 4B).

Componentes de produção da batata

Os componentes de produção avaliados para as plantas de batata, após a colheita, apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos (Tabela 3). O número de tubérculos planta⁻¹, massa do tubérculo e produtividade foram superiores em todos os tratamentos com presença de inseticidas, bem como com aplicação do vírus. Todos os três componentes de produção avaliados apresentaram valores inferiores nos tratamentos testemunha e fungo, em comparação aos demais. O tratamento que mais contribuiu com o incremento da produtividade, em relação à testemunha, foi o inseticida

espinetoram, seguido por clorfenapir e ciantraniliprole (Tabela 3). Os demais inseticidas, bem como o vírus, aumentaram de forma intermediária a produtividade da batata, enquanto que o fungo foi o tratamento com menor incremento produtivo.

Tabela 3. Componentes de produção (Média \pm EP¹) da batata, *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (cv. Ágata), em função dos tratamentos: testemunha (apenas água), indoxacarbe, ciantraniliprole, clorfenapir, thiamethoxam⁺, ciantraniliprole⁺, espinetoram, *Beauveria bassiana* + silicato de potássio (Bb+SilK) e vírus (ChinNPV+HearNPV)

Tratamentos	Tubérculos planta ⁻¹ (n)	Massa tubérculo (g)	Produtividade (ton ha ⁻¹)	Aumento Produtividade* (%)
testemunha	7,50 \pm 1,90 b	83,80 \pm 4,90 b	32,17 \pm 2,12 b	- - - - -
indoxacarbe	11,00 \pm 1,80 a	105,01 \pm 3,79 a	40,31 \pm 2,98 a	20,20
ciantraniliprole	10,50 \pm 1,70 a	99,76 \pm 3,54 a	38,30 \pm 2,19 a	16,00
clorfenapir	10,19 \pm 1,64 a	96,52 \pm 4,20 a	37,06 \pm 2,32 a	13,18
thiamethoxam ⁺	10,25 \pm 1,62 a	97,08 \pm 4,01 a	37,27 \pm 2,81 a	13,68
ciantraniliprole ⁺	10,42 \pm 1,82 a	98,87 \pm 4,80 a	37,96 \pm 2,70 a	15,24
espinetoram	10,69 \pm 1,64 a	101,77 \pm 4,54 a	39,07 \pm 2,10 a	17,66
fungo	8,17 \pm 1,67 b	87,93 \pm 5,50 b	34,76 \pm 2,60 b	7,45
vírus	11,23 \pm 1,74 a	100,29 \pm 4,91 a	37,31 \pm 2,12 a	16,90
F	80,23	68,90	77,50	
P	0,04	0,04	0,04	
CV	7,52	11,30	9,22	

¹Médias seguidas pela mesma letra, para cada coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. ⁺formulação contendo mistura com abamectina de fábrica. F = valor do teste F, P = significância e CV = coeficiente de variação. * Aumento de produtividade (%) em relação à testemunha.

DISCUSSÃO

Distribuição temporal das lagartas

O período observado de ocorrência das lagartas de *C. includens* em batata, entre os 40 DAP e 89 DAP, correspondeu às suas fases fenológicas mais favoráveis ao desenvolvimento de insetos-praga. Tais como alta densidade de folhas, com pico no teor de nitrogênio e máxima síntese fotossintética (Gayler et al. 2002, Timlin et al. 2006, Bautista et al. 2012). O que atesta a plasticidade adaptativa desse inseto polígrafo no bioma Cerrado brasileiro, uma região, atualmente, de grande importância agrícola. Os sistemas de produção de batata, no estado de Goiás, são precedidos por lavouras de soja (*Glycine max* L) (Fabaceae) que é uma reconhecida planta hospedeira para *C. includens*

(Horikoshi et al. 2021). Adicionalmente, a janela pré-plantio soja-batata é relativamente curta, com cerca de apenas dois a três meses da colheita da primeira para o plantio da segunda, respectivamente. A total ausência de um vazio sanitário, seja por questões climáticas ou por medidas legislativas, pode estar facilitando a presença de *C. includens* naquela Solanaceae, além do agravante de também se alimentar de plantas espontâneas (Specht et al. 2015).

O modelo polinomial quadrático de regressão foi aquele com melhor ajuste para representar a distribuição temporal das lagartas em batata. E confirma que *C. includens* apresenta, sob abundância de alimento, distribuição por meio de nítidos picos populacionais (Santos et al. 2017). Resultados semelhantes foram demonstrados para *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), outro noctuídeo de hábito polífago, independente do seu hospedeiro algodão, couve, milho, tomate, trigo e soja na China (Wang et al. 2020). O NC superado em 67% dos intervalos de amostragem para *C. includens* em batata, no tratamento testemunha absoluta, sugere que medidas integradas de proteção à essa planta precisam ser urgentemente adotadas. Na soja, por exemplo, variedades transgênicas (Horikoshi et al. 2021), tentativas exitosas de Manejo Integrado de Pragas (Bueno et al. 2020) e um maior portfólio de cultivares com diferentes ciclos de maturidade (Durlí et al. 2020) tem auxiliado no controle e redução de danos por *C. includens* no Brasil. Para a batata, essas tecnologias e manejo ainda são totalmente inexplorados em cultivos comerciais no território nacional.

Lagartas pequenas apresentaram altas populações no início do período de amostragem (54 DAP), as de tamanho médio entre os 68 DAP e 75 DAP e as maiores ao final do período de coletas (a partir do 75 DAP). E isso pode ter ocorrido meramente pelo tempo de desenvolvimento da fase imatura desse inseto. O intervalo de tempo (DAP da batata) entre as primeiras coletas de lagartas e as últimas foi de 49 dias, um valor superior ao sugerido para todo o ciclo (ovo-adulto) de *C. includens* em soja (~39 dias), por exemplo (Moscardi et al. 2012). O que indica que a duração do ciclo de *C. includens* na batata foi maior, pelo menos na fase imatura, de acordo com nossas condições experimentais. A soja é plantada na época de verão no Brasil e, nas mesmas áreas, a batata no inverno, com diferenças na temperatura média por ciclo de 30°C e 22°C, respectivamente. O tempo de desenvolvimento da fase imatura para *C. includens* pode prolongar em temperaturas abaixo de 23°C (Benedito et al. 2021). E o tipo de planta hospedeira também influencia na duração das fases imaturas. *Spodoptera frugiperda* prolongou seu desenvolvimento larval em plantas de batata, em comparação

ao milho seu hospedeiro de melhor performance biológica (Guo et al. 2021). A distribuição temporal das lagartas de *C. includens* em batata através da sincronia apresentada pelos seus diferentes tamanhos corpóreos, ao longo do tempo, também indica a ausência de populações imigrantes dessa espécie. O que é mais comumente observado no hemisfério norte, como reportado para *S. frugiperda* em plantas de algodão na Grécia (Mironidis et al. 2010). Portanto, devido ao somatório do efeito das condições climáticas e tipo de planta hospedeira, supomos que a batata deva ser importante para *C. includens* como uma ponte verde até as próximas safras de soja, onde seu potencial adaptativo aparenta ter melhor performance. Nessa última, *C. includens* sobrepõe gerações, com redução no seu tempo de desenvolvimento, e se alimenta de estruturas vegetativas, como folhas, bem como reprodutivas, como vagens (Horikoshi et al. 2021).

A maior população de lagartas de menor tamanho, que nos demais, aparenta ter sido um reflexo das nossas coletas sincronizadas com as primeiras eclosões de lagartas nas parcelas. Fêmeas adultas de *C. includens* conferem aos seus ovos determinado grau de proteção quando depositados, geralmente, na face abaxial das folhas (Salas et al. 2017). Isso aliado à grande fertilidade que possuem (média de 500 a 1300 ovos por fêmea por postura) (Moscardi et al. 2012) pode também ter influenciado em maiores sobrevivências das lagartas pequenas. A mortalidade natural para lagartas pequenas de *C. includens*, sob condições de campo em plantas de feijão, foi atribuída à precipitação e predadores, como formigas (Hymenoptera: Formicidae) no estado de Minas Gerais (Pereira et al. 2018). Todavia, a precipitação nas condições de inverno seco no estado de Goiás é irrisória e a presença de formigas não foi abundante, nas nossas parcelas experimentais. Parasitóides possuem preferência por seus hospedeiros dependente do tamanho (Vinson 1998), portanto com impacto do parasitismo, apenas, em lagartas maiores. Por outro lado, as lagartas >21 mm foram coletadas em maior quantidade do que aquelas de tamanho anterior (17 a 20 mm). Devido, provavelmente, à tendência de aquelas permanecerem mais imóveis para confecção das teias que revestirão suas pupas e, bem como, pelo fato de terem sido mais fáceis de observar a olho nu. E isso confere mais agilidade, ao amostrador, nas capturas.

Momento da aplicação e eficiência de controle (EC%)

Na primeira pulverização dos tratamentos (0 DaAP), a maioria das lagartas

foram amostradas com tamanho corpóreo entre 4 a 6 mm. O que deve ter interferido, positivamente, nos resultados de EC% dos inseticidas encontrados. A relação tamanho-dependente existente entre lagartas e inseticidas sistêmicos (a maioria dos tratamentos aqui avaliados) tem sido observada. Inseticidas sistêmicos, geralmente, são translocados para tecidos vegetais mais novos, onde as lagartas pequenas preferem se alimentar, devido à sua alta solubilidade e menor teor de fibras, respectivamente. Essa relação tamanho-dependente também pode ter favorecido as infecções viróticas nas lagartas. Pois a virulência em NPVs é dependente do tamanho do hospedeiro (Simón et al. 2014). Todavia, essa relação tamanho-dependente, aparentemente, não foi útil para a colonização fúngica das lagartas de *C. includens*. Esses resultados são discutidos abaixo com mais detalhes.

Antes disso, precisamos salientar que a comparação com outros estudos sobre o efeito dos inseticidas que utilizamos contra *C. includens* é uma tarefa difícil. Nosso estudo foi realizado inteiramente em campo, com metodologia de exposição dos produtos e coleta de variáveis próximas à prática da lavoura, mas distante aos protocolos experimentais de laboratório. Por isso preferimos utilizar a quantidade de lagartas coletadas por pano de batida como resposta dependente, pois é uma medida mais prática. E que pode ser facilmente replicada em futuras ações para estabelecimento de programas de MIP-batata, com foco em lagartas desfolhadoras. Bem como, e principalmente, a metodologia de Hedderson-Tilton (1955) para a EC% dos tratamentos, pela natural não uniformidade quantitativa das lagartas entre parcelas. Dos seis inseticidas testados, apenas o espinetoram possui recomendação de controle contra *C. includens* em batata, pelo MAPA do Brasil. Apesar que os demais (indoxacarbe, ciantraniliprole, clorfenapir, thiamethoxam⁺ e ciantraniliprole⁺) possuem recomendação para *C. includens* em soja. Isso sugere que agências governamentais encarregadas da autorização de novos registros precisam, urgentemente, considerar aquelas pragas que são favorecidas pelas pontes verdes de cultivo. Como exemplo, além de outros, existem casos mais recentes onde *C. includens* e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) tem ocorrido igualmente nos sistemas soja-batata (Montezano et al. 2014, Salas et al. 2017). Registros de produtos de proteção vegetal mais flexíveis, como o do próprio vírus que utilizamos, com recomendação de controle para a praga, independente da espécie vegetal, não são comuns no Brasil.

Apesar da complexidade nas comparações e recomendações de controle restritas, os inseticidas indoxacarbe, clorfenapir, thiamethoxam⁺, ciantraniliprole⁺, espinetoram e

o microbiológico vírus foram os únicos tratamentos com respostas semelhantes para o controle das lagartas. Tais respostas foram mais bem ajustadas por regressões lineares com correlação negativa para o número de lagartas ao longo do tempo (DaAP). Quatro questões devem ser destacadas de acordo com esses resultados: (I) Comprovamos que os inseticidas com recomendação exclusiva para *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), a traça-da-batata, também causaram marcante redução populacional em *C. includens*. E isso aparenta ser vantajoso na prática, pela economia de aplicações, pois ambas as pragas podem ocorrer de forma simultânea na lavoura (Kroschel et al. 2020). O fato dos inseticidas indoxacarbe, clorfenapir, thiamethoxam⁺ e ciantraniliprole⁺ terem como sítios de ação os sistemas nervoso, muscular e a respiração mitocondrial aproxima seus efeitos supressivos de forma simultânea aos alvos *P. operculella* (todos com registro para batata) e *C. includens* (todos sem registro para batata), não obstante suas diferenças biológicas, ecológicas e comportamentais. O espinetoram possui efeito contra *C. includens* já comprovado em outros estudos e ocasionou menor sobrevivência de lagartas em todas as nove populações coletadas, em soja, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Restelatto et al. 2021).

(II) O produto a base de vírus (ChinNPV+HearNPV) demonstrou efeito equivalente, e até superior, a alguns dos inseticidas citados anteriormente, corroborando com outros estudos. Aplicações foliares do vírus ChinNPV, em campo e laboratório, também resultaram em controle semelhante ao metomil (grupo metilcarbamato de oxima) para lagartas de *C. includens* em plantas de soja (Botelho et al. 2019). ChinNPV obteve letalidade semelhante para *C. includens* oriundas de populações suscetíveis e resistentes aos inseticidas lambda-cialotrina (grupo piretróide) e teflubenzuron (grupo benzoiluréia) em avaliações laboratoriais, com dieta artificial contaminada (Godoy et al. 2019). As infecções viróticas desencadeiam, ao inseto-alvo, uma série de mudanças comportamentais (como redução alimentar) e morfológicas (como descoloração corpórea), com a ruptura do tegumento gerando a morte. Mas isso leva tempo. Porém, nosso intervalo de avaliação, com amostras semanais, pode ter favorecido respostas mais nítidas na redução populacional de *C. includens*, pois o processo infeccioso em VPNs pode durar até seis dias (Cox et al. 1972).

(III) O ciantraniliprole (isolado) foi o único inseticida com resposta significativamente ajustada para uma equação de regressão não-linear, do tipo polinomial quadrática, divergindo inclusive do comportamento apresentado pelo tratamento ciantraniliprole⁺ (mistura de fábrica com abamectina). E com redução

populacional das lagartas satisfatória e até melhor que nos demais tratamentos, dos 7 aos 14 DaAP, mas inferior dos 21 aos 28 DaAP. Essa resposta evidente em termos de perda de efeito com o tempo pode estar relacionada à própria natureza do ciantraniliprole aliada a uma possível mudança comportamental, idade-dependente, das lagartas de *C. includens*. O ciantraniliprole possui eficiente translocação para tecidos mais jovens das plantas, via xilema, devido à sua maior solubilidade que outras diamidas (Barry et al. 2015). Isso, inclusive, o caracteriza como eficiente opção de controle químico contra insetos sugadores, que preferem tecidos mais tenros (Caballero et al. 2015), como brotos em Solanaceae. Mas, ao passo em que as lagartas de *C. includens* crescem, elas abandonam folhas mais jovens e tenras por folhas mais velhas, como relatado em soja (Moscardi et al. 2012). O que pode justificar, pelo menos em parte, a perda de efeito apresentada pelo ciantraniliprole em comparação aos demais inseticidas avaliados e, inclusive, ao seu análogo sob mistura com abamectina (ciantraniliprole⁺). A abamectina é um composto lipofílico e praticamente insolúvel em soluções aquosas (Bittencourt et al. 2021). E essa natureza química divergente com o ciantraniliprole (altamente solúvel) pode ter resultado em menor translocação na planta, tornando sua EC% menos dependente da idade das lagartas.

(IV) O tratamento microbiológico fungo apresentou menor capacidade de supressão das lagartas em campo, com resultado de EC% divergente aos inseticidas, bem como ao vírus. A mistura do fungo *B. bassiana* com o indutor de resistência K_2SiO_3 foi explorada pela comprovada ação de sinergismo e eficiência de controle contra ácaros (Gatarayiha et al. 2010) e tripses (Pereira et al. 2020), em Solanaceae. Tais estudos sugeriram que os conídios fúngicos adquirem determinada resistência contra raios UV e à dessecação quando em mistura com compostos silicatados, como também observado por Storm et al. (2016). Por isso, acreditamos que o efeito da baixa umidade relativa do ar das nossas condições experimentais, que é um fator crítico para a eficiência de fungos parasitas pulverizados em campo (Kim et al. 2014), possa não ter necessariamente influenciado no baixo controle fúngico. Todavia, é importante salientar que epizootias fúngicas em *C. includens* são relatadas nas lavouras de soja com mais frequência (Sosa-Gómez et al. 2010) devido, provavelmente, por essa planta ser cultivada na época do verão e que, no estado de Goiás, apresenta altos valores de umidade atmosférica. A complexa interação patógeno-hospedeiro através de pistas não detectadas pelas nossas condições experimentais pode auxiliar na busca por razões do baixo controle pelo fungo contra *C. includens*. Idrees et al. (2021) também não

encontraram justificativas evidentes para a baixa eficiência dos fungos *Aspergillus* sp., *Cladosporium tenuissimum*, *Penicillium citrinum* e *Beauveria bassiana* em lagartas maiores de *S. frugiperda*, ao contrário do controle em ovos e lagartas pequenas. A eliminação periódica do exoesqueleto, através das metamorfoses vivenciadas por *C. includens*, e que ocorrem em média a cada 2 dias, entre o 1º ao 5º estágio (Moscardi et al. 2012), pode ter relevância como ação protetiva, pela eliminação física dos conídios que dependem de uma eficiente fixação no tegumento das lagartas. Mecanismos mais elaborados de defesa, como respostas imunes contra os conídios, também podem interferir na virulência de fungos parasitas em Lepidoptera (Shahriari et al. 2021). O que deve despertar o interesse para futuras novas pesquisas. Por fim, a hipótese do fungo que avaliamos ter tido sua EC% comprometida devido aos fungicidas que utilizamos, de forma preventiva, não pode ser descartada.

Os valores de eficiência de controle (EC%) para as lagartas de *C. includens* pelos inseticidas indoxacarbe, clofepir, tiametoxam⁺, ciantraniliprole⁺ e espinetoram, além do microbiológico vírus, foram crescentes ao longo dos 7, 14, 21 e 28 DaAP, respectivamente. E, ao final do período experimental (28 DaAP), todos eles apresentaram EC% superiores a 80%. Um valor que serve como parâmetro para descartar a existência de populações resistentes, como observado para *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) (MEAM1, biótipo B) (Dângelo et al. 2018). Todavia, essa EC% deve ser constantemente monitorada, pois *C. includens* apresentou taxas de tolerância (TR₅₀) às diamidas flubendiamida (TR₅₀= 10 vezes) e espinetoram (TR₅₀= 2,6 vezes), além do carbamato metomil (TR₅₀= 45,9 vezes) comparando-as com *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em ensaios laboratoriais (Buss et al. 2022). Isso indica que *C. includens* deva apresentar maior risco de evolução de resistência, tanto em lavouras de soja, como de batata onde o controle por inseticidas ainda prevalece. Em um cenário onde lagartas de *C. includens* atinjam frequentemente o NC, como aqui demonstrado em plantas de batata através das prévias análises de distribuição temporal, nossos resultados podem ser úteis para amparar estratégias de manejo, como a rotação no uso de diferentes grupos de inseticidas (Richardson et al. 2020). Apesar dos diferentes grupos químicos e natureza biológica envolvidos (oxadiazinas, sulfluramidas, neonicotenóides, avermectinas, diamidas, espinosinas e NPVs), todos devem ser considerados como importantes ferramentas para o manejo integrado de *C. includens* em plantas de batata. A relevância desses grupos de inseticidas em termos de mortalidade e EC% contra *C. includens* tem sido amplamente

demonstrada. Seus diferentes modos de ação (apresentados na Tabela 1) também podem servir para estratégias de manejo da resistência a inseticidas que, para *C. includens*, tem sido demonstrada (Stacke et al. 2020). Segundo esses autores, *C. includens* demonstrou taxas de resistência (RR) a benzoiluréias (inibidores da síntese de quitina) de 36.361 vezes (populações suscetíveis x resistentes a teflubenzuron), bem como resistência cruzada entre populações resistentes ao teflubenzuron e seus análogos novaluron (RR= 6147 vezes) e lufenuron (RR= 953 vezes).

Adicionalmente, todos os inseticidas acima listados possuem classificação III como medianamente tóxicos, além do vírus que é pouco tóxico (classificação IV) o que sugere maior seletividade a inimigos naturais, como reportado por Bueno et al. (2017) e Torres & Bueno (2018). Aos 7 DaAP, apenas os tratamentos ciantraniliprole e vírus apresentaram eficiência superior a 85%. Mas esse inseticida também foi o único com EC% oscilante ao longo do tempo. O que demonstra, provavelmente, uma EC% dependente da idade das lagartas. Isso reitera o argumento anteriormente formulado sobre a capacidade do ciantraniliprole de translocação na planta de batata, sendo acumulado em tecidos mais jovens, ao passo que as lagartas ao longo do seu desenvolvimento preferem tecidos vegetais mais velhos. Por outro lado, uma alta EC% nos primeiros dias após a aplicação pelo vírus era presumível, pois o processo infeccioso em *C. includens* é dependente do tamanho do hospedeiro (Muraro et al. 2018). Lagartas menores de *C. includens* possuem maior quantidade de corpos de inclusões poliedrais, o que é necessário ao parasitismo virótico (Zanardo Botelho et al. 2019).

EC% dependente do tamanho das lagartas

Lagartas menores foram aquelas com maior controle pelos tratamentos, pois a sua flutuação populacional foi inferior em relação à população na testemunha, independente do inseticida ou microbiológico avaliado. E isso também equivale para as categorias de EC% apresentadas no heatmap da Figura 3, onde a maior quantidade de EC% >90% (quadros vermelhos) foi relativo às lagartas pequenas. A maior suscetibilidade de lagartas menores a inseticidas tem sido confirmada (Paredes-Sánchez et al. 2021). Pois, ao passo em que seu intestino médio, túbulos de Malpighi e tecido gorduroso se desenvolvem, maior a quantidade de enzimas para detoxificação. Naqueles tecidos as enzimas do complexo citocromo monooxigenases P450s são mais encontradas

em Noctuidae (Giraudo et al. 2014). Apenas o fungo apresentou, em pelo menos um intervalo de tempo (DaAP), quantidade de lagartas superior à testemunha, como do 21° ao 28° DaAP no tamanho 7 a 11 mm, do 7° ao 14° DaAP no tamanho 12 a 16 mm, do 7° ao 14° DaAP no tamanho 17 a 20 mm e 14° ao 28° DaAP no tamanho ≥ 21 mm. E isso comprovou a evidente limitação desse tratamento em relação aos demais. Apenas aos 21 DaAP esse tratamento demonstrou alta EC% para as lagartas com tamanho 12 a 16 mm em todo o ensaio. As razões para a baixa capacidade na redução populacional das lagartas de *C. includens* em plantas de batata, pelo tratamento fungo, também já foram discutidas, mas não devem pôr em descrédito essa importante ferramenta de controle microbiológico de pragas. Surpreendentemente, a quantidade de lagartas com tamanho 12 a 16 mm, 17 a 20 mm e >21 mm (Figura 3, D e F, respectivamente) foi superior à testemunha aos 7 DaAP, para todos os inseticidas e microbiológicos avaliados. E deve estar relacionado à oviposição de outras mariposas, com o passar do tempo, nas parcelas após a primeira aplicação dos produtos avaliados.

Desfolha (%)

Lagartas de *C. includens* preferiram desfolhar nos terços inferior e mediano, que no superior nas plantas de batata. E isso deve estar relacionado com a preferência das mariposas fêmeas em depositar seus ovos nos terços onde há maior umidade, conforme apontado por Salas et al. (2017). O terço superior, em plantas de batata, apresentou maior eficiência no uso da luz ($0,19 \pm 0,01 \mu\text{mol CO}_2 \text{ J}^{-1}$) em comparação ao terço inferior ($0,09 \pm 0,01 \mu\text{mol CO}_2 \text{ J}^{-1}$), sob oscilação térmica de 23°C/18°C (dia/noite) (Fleisher et al. 2006). O que comprova, naturalmente, menor penetração dos raios solares e, possivelmente, temperaturas menores com maior umidade oriunda da evaporação oriunda do solo (após irrigações, por exemplo) em comparação aos terços superiores e mediano. As folhas do terço superior, pela maior eficiência no uso da luz, são estimuladas a sintetizar compostos secundários como os taninos, que promovem menor palatabilidade aos tecidos vegetais (War et al. 2012). O que pode também ter influenciado nas preferências de desfolha por *C. includens* em plantas de batata.

Até os 61 DAP a desfolha para os terços superior, mediano e inferior não havia diferido significativamente, com média inferior a 10% de desfolha total. Antes dos 61 DAP, todas as lagartas de tamanho mediano (7-11 mm e 12-16 mm) e grande (17-20 mm e ≥ 21 mm) apresentaram suas populações abaixo do NC (Figura 1D, E, F e G,

respectivamente). O que pode explicar os menores percentuais de desfolha pela conhecida relação diretamente proporcional entre o tamanho das lagartas de *C. includens* e seu consumo foliar (Moscardi et al. 2012). Todavia, a partir do 68° DAP, ocorreram diferenças significativas na desfolha entre os terços. Provavelmente, devido a lagartas de tamanho mediano e grande terem superado as quantidades estabelecidas como NC. No intervalo entre os 56 aos 77 DAP (estádio IV) as plantas de batata atingem seu pleno desenvolvimento foliar (Bautista et al. 2012), com máxima produção de carboidratos, bem como pico na concentração de nitrogênio (Schittenhelm et al. 2004). E essa qualidade na dieta também pode ter favorecido o maior consumo foliar, originando maiores desfolhas, após os 61 DAP.

Os percentuais de desfolha total provocados por *C. includens*, nas parcelas testemunha, variaram entre 1,5% a 35% e foram próximos àqueles reportados em soja (Perini et al. 2019). O que demonstra a adaptação desse inseto naquela Solanaceae, devido provavelmente às pontes verdes soja-batata, como anteriormente discutido. As principais cultivares de batata comercializadas atualmente em território brasileiro, como a cv. Ágata, são oriundas de genótipos com considerável perda em diversidade genética, diagnosticada ao longo da sua domesticação (Brush et al. 1995), o que leva a um evidente desequilíbrio coevolutivo ao sistema inseto-plantas (Bruce 2015). E isso pode explicar o fato dos maiores níveis de desfolha em batata aqui observados terem representado o dobro do tolerável para *C. includens* em soja (Bortolotto et al. 2015).

Os tratamentos testemunha e fungo foram aqueles com maior percentual de desfolha, em todos os DaAP considerados. Além de terem sido os únicos tratamentos onde os valores de desfolha superaram o NDE. Dos 14 DaAP aos 28 DaAP os valores de desfolha mantiveram-se constantes, para todos os tratamentos, com 33,28% e 30,32% na testemunha e no tratamento fungo, respectivamente. Os maiores percentuais de desfolha naqueles dois últimos tratamentos podem ter sido reflexo dos baixos resultados de supressão populacional das lagartas, bem como EC% oriundos das avaliações anteriores. Com razões anteriormente discutidas. O tratamento que melhor conteve a desfolha das lagartas de *C. includens* foi o inseticida espinetoram, com apenas 18,08% ao final das avaliações. Duas aplicações de espinetoram, em um intervalo de sete dias, foram capazes de reduzir a desfolha de *C. includens* em plantas de soja de 22,5% para 9,3%, indicando que os níveis de desfolha para esse inseto possam ser drasticamente suprimidos em função do número de aplicações (Perini et al. 2019). Em plantas de batata, considerando o alvo biológico *C. includens*, é recomendado até 3

aplicações com espinetoram de acordo com o fabricante (registro nº 14414, MAPA). O que indica a possibilidade de redução considerável na desfolha causada por esse inseto em comparação com os valores que alcançamos, por causa de uma única aplicação. Mas essa decisão precisa de obediência às práticas de Manejo Integrado de Pragas e com respeito ao intervalo de carência e recomendações de aplicação para cada inseticida.

Os demais inseticidas apresentaram valores intermediários de desfolha, mas contendo a população de lagartas abaixo do NDE, em todos os DaAP. Os valores de desfolha intermediários pelo vírus, um dos melhores tratamentos para supressão das lagartas, bem como com alta EC% pode ter sido devido ao seu modo de ação diferenciado em comparação aos demais tratamentos. NPVs levam até seis dias para completar seu processo infeccioso, permitindo que as lagartas continuem a se alimentar até antes da ruptura do seu tegumento intestinal (Cox et al. 1972).

Componentes de produção da batata

O número de tubérculos planta⁻¹, massa do tubérculo e produtividade foram superiores em todos os tratamentos com inseticidas, bem como com aplicação do vírus. Falhas no controle de lagartas, bem como de outros insetos mastigadores, nos vegetais implica obviamente em perdas na área foliar, com redução na captação de luz solar. A interceptação da luz, em batata, foi mais determinante para perdas no número e massa dos tubérculos, além da produtividade do que os valores no percentual de desfolha (Ziems et al. 2006). Sugerindo que as plantas de batata possuem um limiar de tolerância na desfolha, que aqui interpretamos como o NDE. Isso também justifica o fato de a produtividade entre tratamentos ter sido diferente, mesmo sabendo que em todos ocorreu desfolha. Ademais, a perda de folhas afeta a translocação de fotoassimilados que deveriam, no caso da batata, serem importantes ao desenvolvimento qualitativo e quantitativo dos tubérculos, suas estruturas de armazenamento (Assunção et al. 2020).

Os maiores percentuais de desfolha, ultrapassando o NDE ocorreu partir do 14º DaAP (=61 DAP), apenas nos tratamentos testemunha e fungo, como anteriormente descrito. A partir dos 61 DAP as plantas de batata sadias atingem seu pleno desenvolvimento foliar, com máxima produção de carboidratos (Schittenhelm et al. 2004, Bautista et al. 2012). Mas o empecilho da desfolha reflete em gasto de energia das plantas de batata, em termos de realocação de fotoassimilados, para a formação de novos tecidos foliares, antes danificados (Gonzalez-Sanpedro et al. 2008). Portanto,

acreditamos que os menores valores para os componentes de produção avaliados nos tratamentos testemunha e fungo estejam relacionados, indiretamente, com o insatisfatório efeito de supressão na população de lagartas de *C. includens* observado, bem como em termos de menores EC%.

As médias de produtividade da batata alcançadas no presente trabalho estão próximas àquelas oriundas dos registros oficiais para a região (Cerrado goiano) onde nosso estudo foi realizado (40 ton ha⁻¹, safra 2019) (CONAB 2021). A produtividade obtida para os nossos melhores tratamentos (todos os inseticidas e o vírus) foi ~62% superior àquela referida como a média brasileira, ~25 ton ha⁻¹ (Scott & Kleinwechter 2017). Segundo esses autores, as médias de produtividade no Brasil alcançarão 37,79 ton ha⁻¹ apenas em 2030. Portanto, acreditamos que os altos valores de produtividade que quantificamos estejam relacionados ao fato de termos conduzido nosso estudo em um sistema comercial de produção. Com adoção de um conjunto de práticas agrícolas mais intensivas (apresentadas na Metodologia) que tem marcado o bioma Cerrado brasileiro como um grande polo agrícola (Brumatti et al. 2020). Todavia, comparações entre produtividades para a batata devem ser realizadas com cautela devido à diversidade existente nos elos que compõem a cadeia produtiva dessa Solanancea no Brasil. Tais como, diferentes épocas de plantio praticadas em todo o território brasileiro, além da escolha dentre dezenas de cultivares comerciais, nacionais ou importadas (como no caso da cv. Ágata), que variam sua aptidão para mesa ou industrialização, uso e tipo de irrigação, atividades de plantio, manejo (vegetal e fitossanitário) e colheita atreladas, ou não, à mecanização (Pádua et al. 2012).

CONCLUSÕES

Chrysodeixis includens na fase imatura ocorreu, em plantas de batata, dos 40 dias após o plantio (DAP) até os 89 DAP de acordo com nossas condições experimentais;

A distribuição temporal das lagartas foi modelada por equações de regressão polinomiais de 1ª ordem. Mas com o ciantraniliprole, fungo e testemunha absoluta apresentando respostas de 2ª ordem;

A eficiência de controle (EC%) também variou entre tratamentos, com amplitude de 32,45% a 93,89%;

A flutuação populacional das lagartas foi dependente do seu tamanho, tempo e tratamentos;

Lagartas de comprimento corpóreo entre 4 a 6 mm foram mais abundantes;

A desfolha ocorreu majoritariamente nos terços inferior e mediano, que no superior. O inseticida espinetoram melhor conteve a desfolha das lagartas com apenas 18,08% aos 28 DaAP (dias após a aplicação);

O número de tubérculos planta⁻¹, massa média dos tubérculos (g) e produtividade (ton ha⁻¹) foram superiores com todos os inseticidas utilizados, bem como com aplicação do vírus. Mas inferiores quando o fungo foi utilizado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao IF Goiano, Campus Urutaí, pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo. Aos alunos do curso de Agronomia e Mestrado em Proteção de Plantas Ângelo Bastos Pereira, Henrique Queiroz Santos, Mychelle Pires Barbosa, Elias Correa de Freitas Neto e Jhon Noel Gonzales Linares pelo auxílio na execução das atividades de campo. Ao Grupo Paineiras, lote 5, em nome dos senhores João Romeiro, Yukio Ishi e Bruno Romeiro pelo suporte durante o período experimental. Ao grupo Irmãos Martins Empreendimentos Agrícolas pelo acesso nas suas áreas de produção de batata, em nome do Sr. Emerson de Oliveira Martins. Ao gerente de campo desse grupo, Sr. Ricardo Pereira de Lima, pelas sugestões e aprendizado proporcionados, bem como relacionamento. Ao Renato Garcia, Desenvolvimento Técnico de Mercado da Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, pelo incentivo ao desenvolvimento de ensaios na cultura da batata, bem como parceria. E, por fim, ao Programa Profissional de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pela oportunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assunção NS, NP Ribeiro, RM da Silva, RP Soratto, AM Fernandes. 2020. Tuber yield and allocation of nutrients and carbohydrates in potato plants as affected by limestone type and magnesium supply. **Journal of Plant Nutrition**. 43: 51-63.

Barros EM, JB Torres, JR Ruberson, MD Oliveira. 2010. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. 137: 237-245.

Barry JD, HE Portillo, IB Annan, RA Cameron, DG Clagg, RF Dietrich, LJ Watson, RM Leighty, DL Ryan, JA Mcmillan, RS Swain, RA Kaczmarczyk. 2015. Movement of cyantraniliprole in plants after foliar applications and its impact on the control of sucking and chewing insects. **Pest Management Science**. 71: 395-403.

Bautista J, F Herbert, M Ramírez, L William, JB Torres. 2012. Nutrient uptake of the diploid potato (*Solanum phureja*) variety Criolla Colombia, as a reference point to determine critical nutritional levels. **Agronomía Colombiana**. 30: 436-447.

Beach RC. 1991. An introduction to the curves and surfaces of computer-aided design. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 306p.

Benedito AS, OA Fernandes, CP Ferreira. 2021. Thermal requirements and population viability of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**. 50: 186-196.

Bittencourt VCE, AMS Moreira, AA Ferreira, EAE Ferreira, AFF Gomides, CV Rodrigues, GF Martins, JG da Silva, KB Borgese, AML Denadai. 2021. Nanostructured insecticide composition through the incorporation of natural abamectin in β -cyclodextrin: activity against *Aedes aegypti* larvae. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 32: 2023-2032.

Bortolotto OC, A Pomari-Fernandes, RCOF Bueno, AF Bueno, YKS da Cruz, A Sanzovo, RB Ferreira. 2015. The use of soybean integrated pest management in Brazil:

a review. **Agronomy Science and Biotechnology**. 1: 25-32

Botelho ABRZ, IF Silva, CJ Ávila. 2019. Control of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) using Chin-IA (I-A) isolate as integrate component of management in soybean crops. **Arquivos do Instituto Biológico**. 86: 1-8, e0712018.

Bruce TJA. 2015. Interplay between insects and plants: dynamic and complex interactions that have coevolved over millions of years but act in milliseconds. **Journal of Experimental Botany**. 66: 455-465.

Brumatti LM, GF Pires, AB Santos. 2020. Challenges to the adaptation of double cropping agricultural systems in Brazil under changes in climate and land cover. **Atmosphere**. 11: 1310.

Brush S, R Kesseli, R Ortega, P Cisneros, K Zimmerer, C Quiros. 1995. Potato diversity in the Andean center of crop domestication. **Conservation Biology**. 9: 1189-1198.

Bueno AF, GA Carvalho, AC Santos, DR Sosa-Gómez, DM Silva. 2017. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**. 47: 06, e20160829.

Bueno AF, AR Panizzi, TE Hunt, PM Dourado, RM Pitta, J Gonçalves. 2020. Challenges for adoption of Integrated Pest Management (IPM): the soybean example. **Neotropical Entomology**. 50: 5-20.

Buss N, SS Restelatto, RE Contini, AF Bueno, O Bernardi, MIC Boff, CR Franco. 2022. Comparative susceptibility of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae) and *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) to insecticides. **Ciência Rural**. 52: 8, e20210047.

Caballero R, DJ Schuster, NA Peres, J Mangandi, T Hasing, F Trexler, S Kalb, HE Portillo, PC Marçon, IB Annan. 2015. Effectiveness of cyantraniliprole for managing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and interfering with transmission of tomato yellow leaf curl virus on tomato. **Journal Economic Entomology**. 108: 894-903.

Conab (Companhia Nacional de Abastecimento). 2021. Batata, cebola e tomate. Caracterização da produção e da comercialização na Região Integrada de Desenvolvimento Econômico do Distrito Federal e Entorno - Ride-DF. **Compêndio de estudos Conab**. v.28, 30p.

Cox ME, RL Amborski, AD Larson. 1972. Nuclear polyhedrosis vírus of *Pseudoplusia includens*. **Journal of Invertebrate Pathology**. 19: 411-413.

Dângelo RAC, M Michereff-Filho, MR Campos, PS da Silva & RNC Guedes. 2018. Insecticide resistance and control failure likelihood of the whitefly *Bemisia tabaci* (MEAM1; B biotype): a Neotropical scenario. **Annals of Applied Biology**. 172: 88-89.

Durli MM, L Sangoi, CA Souza, LS Leolato, TL Turek, HF Kuneski. 2020. Defoliation levels at vegetative and reproductive stages of soybean cultivars with different relative maturity groups. **Revista Caatinga**. 33: 402-411.

Fleisher DH, DJ Timlin, VR Reddy. 2006. Temperature influence on potato leaf and branch distribution and on canopy photosynthetic rate. **Agronomy Journal**. 98: 1442-1452.

Gayler S, E Wang, E Priesack, T Schaaf, FX Maidl. 2002. Modeling biomass growth, N-uptake and phenological development of potato crop. **Geoderma**. 105: 367-383.

Giraud M, F Hilliou, T Fricaux, P Audant, R Feyereisen, GL Goff. 2014. Cytochrome P450s from the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): responses to plant allelochemicals and pesticides. **Insect Molecular Biology**. 24: 115-128.

Godoy DN, FM Führ, RF Stacke, DS Muraro, P Marçon, HJR Popham, O Bernardia. 2019. No cross-resistance between ChinNPV and chemical insecticides in *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Invertebrate Pathology**. 164: 66-68.

Gonzalez-Sanpedro MC, TIE Toan, J Moreno, L Kergoat, E Rubio. 2008. Seasonal variations of leaf area index of agricultural fields retrieved from landsat data.

Remote Sensing of Environment. 112: 810-824.

Guo JF, MD Zhang, ZP Gao, DJ Wang, KL He, ZY Wang. 2021. Comparison of larval performance and oviposition preference of *Spodoptera frugiperda* among three host plants: Potential risks to potato and tobacco crops. **Insect Science.** 28: 602-610.

Henderson, CF, EW Tilton. 1995. Test with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology.** 43: 157-161.

Horikoshi RJ, PM Dourado, GU Berger, DS Fernandes, C Omoto, A Willse, S Martinelli, GP Head, AS Corrêa. 2021. Large-scale assessment of lepidopteran soybean pests and efficacy of Cry1Ac soybean in Brazil. **Scientific Reports.** 11:15956.

Idrees A, ZA Qadir, KS Akutse, A Afzal, M Hussain, W Islam, MS Waqas, BS Bamisile, J Li. 2021. Effectiveness of entomopathogenic fungi on immature stages and feeding performance of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Insects.** 12: 1044.

IRAC-BR, Comitê de Ação a Resistência a Inseticidas Brasil. Falsa-medideira, *Chrysodeixis includens*. Disponível em: <https://www.irac-br.org/>. Acesso em 15 de fevereiro de 2022.

Jadoski SO, LLSR Sales, LR Saito, MS Ramos, CA Pott. 2014. Desenvolvimento vegetativo da cultura da batata em função da amontoa e espaçamento de plantas. **Revista Caatinga.** 27: 83-92.

Kim JS, SJ Lee, HB Lee. 2014. Enhancing the thermotolerance of entomopathogenic *Isaria fumosorosea* SFP-198 conidial powder by controlling the moisture content using drying and adjuvants. **Mycobiology.** 42: 59-65.

Kroschel J, M Sporleder, HEZ Tonnang, H Juarez, P Carhuapoma, JC Gonzales, R Simon. 2013. Predicting climate change caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping. **Agricultural and Forest Meteorology.** 170:

228-241.

Milla R, JM Bastida, MM Turcotte, G Jones, C Violle, CP Osborne, J Chacón-Labela, EE Sosinski Jr., J Kattge, DC Laughlin, E Forey, V Minden, JHC Cornelissen, B Amiaud, K Kramer, G Boenisch, T He, VD Pillar, C Byun. 2018. Phylogenetic patterns and phenotypic profiles of the species of plants and mammals farmed for food. **Nature Ecology & Evolution**. 2: 1808-1817.

Mironidis GK, DC Stamopoulos, M Savopoulou-Soultani. 2010. Overwintering survival and spring emergence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Northern Greece. **Environmental Entomology**. 39: 1068-1084.

Montezano DG, A Specht, DR Sosa-Gómez, VF Roque-Specht, NM Barros. 2014. Immature stages of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae): developmental parameters and host plants. **Journal of Insect Science**. 14: 238.

Moscardi F, AF Bueno, DR Sosa-Gomez, S Roggia, CB Hoffmann-Campo, AF Pomari, IC Corso, SAC Yano. Artrópodes que atacam folhas da soja. *In*: Hoffman-Campo CB, BS Corrêa Ferreira, F Moscardi. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes praga**. Brasília, DF: Embrapa. 2012. p. 213-334.

Muraro DS, T Giacomelli, RF Stacke, DN Godoy, P Marçon, HJR Popham, O Bernardi. 2018. Baseline susceptibility of brazilian populations of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to *C. includens* Nucleopolyhedrovirus and diagnostic concentration for resistance monitoring. **Journal of Economic Entomology**. 112: 349-354.

Oliveira RC, JRR Silva, RMQ Lana, AIA Periera, JMQ Luz. 2021. Phosphate fertilization in potato: productivity of Ágata and Atlantic. **Journal of Plant Nutrition**. 44: 1621-1632.

Pádua JG, MSC Dias, HA Mesquita. 2012. Batata: tecnologias e sustentabilidade da produção. Informe Agropecuário. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). v. 33, n. 270, 120p.

Panizzi AR, BS Corrêa, DL Gazzoni, EB Oliveira, GG Newman, SG Turnipseed. 1977. Insetos da soja no Brasil. Londrina: **EMBRAPA CNPSo**. Boletim Técnico: 1. 20 p.

Paredes-Sánchez FA, G Rivera, V Bocanegra-García, HY Martínez-Padrón, M Berrones-Morales, N Niño-García, V Herrera-Mayorga. 2021. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*. A review. **Molecules**. 26: 5587.

Pereira RR, DVC Neves, JN Campos, PA Santana Júnior, TE Hunt, MC Picanço. 2018. Natural biological control of *Chrysodeixis includens*. **Bulletin of Entomological Research**. 108: 831-842.

Pereira AIA, CM Silva, CRS Curvêlo, NC Pontes, JL Pereira, WS Tavares, JC Zanuncio & JMQ Luz. 2020. Mixtures between *Beauveria bassiana* and potassium silicate to manage thrips in tomato plants for industrial processing. **Horticultura Brasileira**. 38: 415-420.

Perini CR, JA Arnemann, LA Cavallin, GA Guedes, RP Marques, I Valmorbidia, K Silva, NM Feltrin, L Puntel, R Froehlich, JVC Guedes. 2019. Challenges in chemical management of soybean looper (*Chrysodeixis includens*) using several insecticides. **Australian Journal of Crop Science**. 13: 1723-1730.

Restelatto SS, PE Wille, N Buss, CL Wille, MIC Boff, RE Contini, CR Franco. 2021. Intraspecific variation in the *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) susceptibility to insecticides. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 51: e67353.

Richardson EB, BJ Troczka, O Gutbrod, TGE Davies, R Nauen. 2020. Diamide resistance: 10 years of lessons from lepidopteran pests. **Journal of Pest Science**. 93: 911-928.

Salas FJS, C Müller, T Jocys. 2017. Pragas da cultura de batata. 1-43. *In*: Salas FJS, JG Töfoli (Eds.). Cultura da batata: pragas e doenças. São Paulo: **Instituto Biológico**. 241p.

Santos SR, A Specht, E Carneiro, SV Paula-Moraes, MM Casagrande. 2017. Interseasonal variation of *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) populations in the Brazilian Savanna. **Revista Brasileira de Entomologia**. 61: 294-299.

Schittenhelm S, U Menge-Hartmann, E Oldenburg. 2004. Photosynthesis, carbohydrate metabolism, and yield of phytochrome-*B*-overexpressing potatoes under different light regimes. **Crop Science**. 44: 131-143.

Scott GJ, U Kleinwechter. 2017. Future scenarios for potato demand, supply and trade in South America to 2030. **Potato Research**. 60: 23-45.

Shahriari M, A Zibae, SA Khodaparast, M Fazeli-Dinan. 2021. Screening and virulence of the entomopathogenic fungi associated with *Chilo suppressalis* Walker. **Journal of Fungi**. 7:34.

Simón O, A Bernal, T Williams, A Carnero, E Hernández-Suárez, D Muñoz, P Caballero. 2014. Efficacy of an alphabaculovirus-based biological insecticide for control of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato and banana crops. **Pest Management Science**. 71: 1623-1630.

Sosa-Gómez DR, CCL Lastra, RA Humber. 2010. An overview of arthropod-associated fungi from Argentina and Brazil. **Mycopathologia**. 170: 61-76.

Specht A, SV Paula-Moraes, DR Sosa-Gómez. 2015. Host plants of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae, Plusiinae). **Revista Brasileira de Entomologia**. 59: 343-345.

Stacke RF, DN Godoy, VE Pretto, FM Führ, PS Gubiani, BL Hettwer, CG Garlet, JC Somavilla, DS Muraro, O Bernardi. 2020. Field-evolved resistance to chitin synthesis inhibitor insecticides by soybean looper, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), in Brazil. **Chemosphere**. 259: 127499.

Storm C, F Scoates, A Nunn, O Potin, A Dillon. 2016. Improving efficacy of *Beauveria bassiana* against stored grain beetles with a synergistic co-formulant. **Insects**. 7: 1-14.

Timlin D, SML Rahman, J Baker, VR Reddy, D Fleisher, B Quebedeaux. 2006. Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. **Agronomy Journal**. 98: 1195-1203.

Torres JB, AF Bueno. 2018. Conservation biological control using selective insecticides - A valuable tool for IPM. **Biological Control**. 126: 53-64.

Vinson SB. 1998. The general host selection behavior of parasitoid hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **Biological Control**. 11: 79-96.

Wang W, P He, Y Zhang, T Liu, X Jing, S Zhang. 2020. The population growth of *Spodoptera frugiperda* on six cash crop species and implications for its occurrence and damage potential in China. **Insects**. 11: 639.

War AR, MG Paulraj, T Ahmad, AA Buhroo, B Hussain, S Ignacimuthu, HC Sharma. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**. 7: 1306-1320.

Wink M. 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. **Phytochemistry**. 64: 3-19.

Zanardo Botelho ABR, IF da Silva, CJ Avila. 2019. Control of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) using *Chin-IA* (I-A) isolate as integrate component of management in soybean crops. **Arquivos do Instituto Biológico**. 86: e0712018.

Ziems JR, BJ Zechmann, WW Hoback, JC Wallace, RA Madsen, TE Hunt, LG Higley. 2016. Yield response of indeterminate potato (*Solanum tuberosum* L.) to simulated insect defoliation. **Agronomy Journal**. 98: 1435-1441.