

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MATHEUS RODRIGUES MARTINS

**CLORANTRANILIPROLE MEDIANDO A SOBREVIVÊNCIA E O
COMPORTAMENTO DE ADULTOS DE *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK)
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) EM TOMATEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Lemes
Fernandes

UBERLÂNDIA - MG

2021

MATHEUS RODRIGUES MARTINS

**CLORANTRANILIPROLE MEDIANDO A SOBREVIVÊNCIA E O
COMPORTAMENTO DE ADULTOS DE *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK)
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) EM TOMATEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Uberlândia, 26 de março de 2021.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio (ICIAG-UFU)

Prof.^a Dr.^a Vanessa Andaló Mendes de Carvalho (ICIAG-UFU)

Prof.^a Dr.^a Cristina Schetino Bastos (FAV-UnB)

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes (ICIAG-UFU)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M386c Martins, Matheus Rodrigues, 1996-
2021 Clorantraniliprole mediando a sobrevivência e o comportamento
de adultos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em
tomateiro [recurso eletrônico] / Matheus Rodrigues Martins. - 2021.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.5536>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Fernandes, Flávio Lemes, 1979-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU:631

Glória Aparecida – CRB-6/2047

Bibliotecária

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Toxicidade relativa de clorantraniliprole à lagartas e adultos de <i>Tuta absoluta</i>	17
FIGURA 2. Número de ovos de <i>Tuta absoluta</i> em folhas de tomate tratadas e não tratadas com a CL ₁₀ e a CL ₅₀ de clorantraniliprole.	18
FIGURA 3. Número de adultos/m e ovos de <i>Tuta absoluta</i> /folha de tomate tratados com os inseticidas clorantraniliprole e fenpropatrina aos 0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a aplicação.	19



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Mestrado Acadêmico, 004/2021, PPGAGRO				
Data:	Vinte e seis de março de dois mil e vinte e um.	Hora de início:	08:30	Hora de encerramento:	12:45
Matrícula do Discente:	11912AGR017				
Nome do Discente:	Matheus Rodrigues Martins				
Título do Trabalho:	Clorantranilprole mediando a sobrevivência e o comportamento de adultos de Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro.				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Marcus Vinicius Sampaio - UFU, Vanessa Andaló Mendes de Carvalho - UFU, Cristina Schetino Bastos - UNB, Flávio Lemes Fernandes - UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Flávio Lemes Fernandes, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Lemes Fernandes, Usuário Externo**, em 26/03/2021, às 13:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Andalo Mendes de Carvalho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/03/2021, às 14:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento



no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Sampaio, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/03/2021, às 14:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º,



§ 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Cristina Schetino Bastos, Usuário Externo**, em 26/03/2021, às 15:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2513432** e o código CRC **23109EA3**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e Nossa Senhora da Conceição Aparecida, por me darem força, saúde e sabedoria para conduzir meus estudos e trabalhos durante o período na universidade até aqui, e durante toda a minha trajetória.

Aos meus pais, irmãos, sogro e sogra, cunhado e namorada, pela paciência, amor, ajuda, compreensão e principalmente por me darem força e carinho em todos os momentos da minha vida.

Ao Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes, orientador deste trabalho, colaborando com o planejamento e execução de forma presente e ativa, além de sempre estar me aconselhando e se preocupando com o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Aos colegas de curso que ajudaram na execução deste trabalho, nas ideias trocadas, e nos momentos de descontração, tornando tudo mais leve e fácil.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1 Obtenção de criação de <i>Tuta absoluta</i>	12
2.2 Curva de dose-resposta	13
2.3 Efeito subletal da CL ₁₀ e da CL ₅₀	14
2.4 Ensaio de campo	15
3. RESULTADOS.....	16
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS.....	24

RESUMO

Em algumas ordens, como é o caso de Lepidoptera, as fases jovens dos insetos são as que se alimentam das plantas e causam prejuízos, levando à necessidade da busca por métodos que sejam efetivos no controle da fase praga, como é o caso de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Entretanto, a fase responsável pela dispersão das pragas são os insetos adultos. Um inseticida que atue em várias fases do ciclo de vida da praga pode apresentar maior eficácia de controle e maior amplitude de ação, possuindo maior capacidade em reduzir a população do inseto. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar as concentrações letais para lagartas e adultos de *T. absoluta* e avaliar se o inseticida clorantraniliprole influencia no comportamento e oviposição de adultos de *T. absoluta*, bem como na mortalidade de lagartas. O trabalho foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. A população de *T. absoluta* foi iniciada a partir de lagartas coletadas em produção de tomateiro e criadas em laboratório, sendo utilizadas nos estudos de toxicidade. Após a definição das concentrações letais (CLs) do clorantraniliprole, avaliou-se o efeito subletal em testes de oviposição em laboratório, e sobre a oviposição e mortalidade de adultos em ensaios a campo. No estudo de toxicidade para lagartas e adultos, a toxicidade foi maior para lagartas do que para adultos em todas as CLs estudadas. As concentrações letais CL₁₀ e CL₅₀ selecionadas para o estudo do efeito subletal do clorantraniliprole foram de 0,056 mg i.a. mL⁻¹ e 0,137 mg i.a. mL⁻¹, respectivamente. O inseticida clorantraniliprole causou mortalidade de lagartas e adultos de *T. absoluta*, além de apresentar efeito subletal, reduzindo tanto o número de ovos em ensaios de laboratório e a campo, quanto o número de adultos de *T. absoluta*.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; toxicidade; controle químico.

ABSTRACT

In some orders, such as Lepidoptera, the young phases of the insects are the ones that feed on the plants and cause damage, leading to the need to search for methods that are effective in controlling the pest phase, as is the case of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). However, the phase responsible for the dispersal of pests are adult insects. An insecticide that acts in several phases of the life cycle of the pest, can present greater control efficiency and greater amplitude of action, possessing greater capacity in reducing the population of the insect. In this context, the objective of this study was to determine the lethal concentrations for caterpillars and adults of *T. absoluta* and to evaluate whether the insecticide chlorantraniliprole influences the behavior and oviposition of adults of *T. absoluta* as well as the mortality of caterpillars. The study was conducted at the Federal University of Viçosa, Rio Paranaíba Campus. The population of *T. absoluta* was started from caterpillars collected in tomato production and created in the laboratory, being used in toxicity studies. After the definition of lethal concentrations (LCs) of chlorantraniliprole, the sublethal effect in laboratory oviposition tests, and on oviposition and mortality of adults in field trials were evaluated. In the study of toxicity to caterpillars and adults, toxicity was higher for caterpillars than for adults in all studied LCs. The lethal concentrations LC₁₀ and LC₅₀ selected for the study of the sublethal effect of chlorantraniliprole were 0.056 mg i.a. mL⁻¹ and 0.137 mg i.a. mL⁻¹, respectively. The insecticide chlorantraniliprole caused mortality in caterpillars and adults of *T. absoluta*, in addition to presenting a sublethal effect, reducing both the number of eggs, in laboratory and field trials, as the number of adults of *T. absoluta*.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; toxicity; chemical control.

1. INTRODUÇÃO

Insetos adultos são os principais dispersores das populações de pragas. A presença de asas proporcionou aos mesmos maior aptidão para localizar hospedeiros para alimentação, oviposição e abrigo, visando o melhor desenvolvimento da sua prole (ATAIDE et al., 2017; PROFFIT et al., 2011). Em algumas ordens de insetos, como é o caso da ordem Lepidoptera, a fase imatura é a que se alimenta das plantas e causa prejuízos, sendo que no Brasil, esse prejuízo de maneira geral é em média de 7,7% ao longo das safras, representando uma perda anual de 14,7 bilhões de dólares (OLIVEIRA et al., 2014). Os inseticidas químicos, que podem agir por contato ou por ingestão, muitas vezes são aplicados direcionados ao controle da fase de desenvolvimento da praga que causa maiores danos à cultura, reduzindo a produtividade (PLATA-RUEDA et al., 2019). Para fins de registro de inseticidas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) os ensaios avaliam apenas a fase praga do inseto, ou seja, a fase que causa prejuízos à cultura. Entretanto, ensaios que considerem as demais fases dos insetos, tais como ovos e adultos, também devem ser realizados, uma vez que estas fases também podem ser influenciadas pelo uso de inseticidas (MULÉ et al., 2017). No tomateiro, destaca-se a traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), um microlepidóptero cuja fase larval é considerada como praga-chave da cultura (DESNEUX et al., 2010).

A traça-do-tomateiro possui ampla distribuição geográfica e causa severos prejuízos ao tomateiro *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) (DESNEUX et al., 2010). A larva se alimenta das folhas, dos frutos e das hastes do tomateiro e causa necrose, perda de área foliar e queda de frutos (DESNEUX et al., 2010; GUIMAPI et al., 2016; PIRI et al., 2020; SALAMA et al., 2015; YAROU et al., 2018). A ocorrência de *T. absoluta* em áreas de tomateiro aumenta consideravelmente o custo de produção da cultura, devido a necessidade contínua e constante do uso de inseticidas, aliada ao fato de que quando não é manejada, a praga pode gerar até 100% de perda na produção (DESNEUX et al., 2010; GUEDES; PICANÇO, 2012). O ciclo de vida curto dessa espécie, o alto potencial reprodutivo e a adaptabilidade às diferentes condições climáticas proporcionam maiores chances de sucesso nos processos de dispersão e aumentam as chances de insucesso de controle (GUEDES; PICANÇO, 2012; HEIDARI et al., 2020; MARTINS et al., 2016). Fêmeas de *T. absoluta* apresentam potencial de postura de 250 a 300 ovos durante sua vida e ovopositam preferencialmente na face

abaxial das folhas, nas hastes e frutos do tomateiro (DESNEUX et al., 2010; DOMINGUEZ et al., 2016, PROFFIT et al., 2011).

O controle químico é o principal e mais eficiente método para reduzir as densidades de *T. absoluta* nas áreas de tomate cultivadas. Os inseticidas disponíveis com eficácia para o controle dessa praga são na sua maioria, antigos e já apresentam relatos de populações resistentes ou falhas de controle (DOMINGUEZ et al., 2016; GUEDES; PICANÇO, 2012). Estudos anteriores relataram resistência de populações de *T. absoluta* a diferentes grupos de inseticidas, tais como piretroides, organofosforados, benzoilureias e espinosinas (CAMPOS et al., 2014; GONTIJO et al., 2013; HADDI et al., 2012, 2017; SILVA et al., 2011, 2016; ZIBAE et al., 2018). Desta forma, existe a necessidade de busca por inseticidas novos, que sejam menos tóxicos à organismos não-alvo e mais eficientes no controle da praga e que possibilitem a adoção de estratégias de manejo de resistência (JESCHKE, 2016).

A utilização de uma nova classe de inseticidas de alta eficiência e seletividade, as diamidas, estimularam várias indústrias a pesquisarem ingredientes ativos baseados nesse grupo (JEANGUENAT, 2013). As diamidas pertencem ao grupo dos moduladores dos receptores de rianodina, no qual estão inseridos o clorantraniliprole, ciantraniliprole, ciclaniliprole, flubendiamida e tetraniliprole. São inseticidas que induzem a ativação dos receptores de rianodina, liberando Ca^{2+} intracelular, que interrompe a alimentação, gera contração muscular descoordenada e leva os indivíduos à morte (CORDOVA et al., 2006; RODITAKIS et al., 2017). Devido à eficácia no controle de lagartas de lepidópteros, as diamidas têm sido utilizadas no controle da traça-do-tomateiro (JEANGUENAT, 2013; RODITAKIS et al., 2012). Em ensaios conduzidos por Campos et al. (2015), populações de lagartas de *T. absoluta* de segundo instar encontradas no Brasil apresentaram alta susceptibilidade ao clorantraniliprole, ciantraniliprole e à flubendiamida. Apesar desses resultados, poucos estudos avaliaram a influência das diamidas nos aspectos biológicos e ecológicos dos insetos adultos, sendo que a maioria dos estudos já realizados expuseram apenas a fase praga (imatura) dos alvos a serem controlados. Um inseticida que atua em várias fases do ciclo de vida de uma praga pode proporcionar maior eficácia de controle, objetivando possuir maior amplitude de ação e, portanto, maior capacidade em reduzir a população do inseto.

O primeiro relato do efeito de diamidas em lepidópteros adultos foi feito em 2007 (KNIGHT; FLEXNER, 2007), onde o tratamento com clorantraniliprole afetou o

comportamento sexual e movimentação de mariposas de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). Estudo posterior também verificou a ação de diferentes doses de clorraniliprole na fase adulta de *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae), aumentando o número de pupas e adultos deformados, reduzindo a emergência de adultos, a fecundidade e afetando os períodos de pré-oviposição de ambos os sexos (HE et al., 2019).

Adicionalmente, inseticidas cujos ingredientes ativos eram à base de *Bacillus thuringiensis*, espinosade, benzoato de emamectina, clorpirifós e indoxacarbe também demonstraram efeitos sobre larvas, pupas e adultos de *T. absoluta* (KANDIL et al., 2020). Inseticidas à base de azadiractina proporcionaram, além de mortalidade de lagartas de *T. absoluta*, redução na postura de fêmeas do inseto (TOMÉ et al., 2013). Outros estudos com azadiractina observaram além da mortalidade das lagartas de *T. absoluta*, redução no percentual de postura em testes com chance de escolha (TOMÉ et al., 2013).

Considerando a influência da fase adulta na dispersão da praga e o potencial efeito dos inseticidas recomendados para o controle da fase imatura sobre esta fase, é fundamental observar os efeitos das diamidas sobre os adultos de *T. absoluta*, bem como obter curvas de dose resposta para os adultos da traça-do-tomateiro. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar as concentrações letais para lagartas e adultos de *T. absoluta* e avaliar se o inseticida clorraniliprole influencia no comportamento e oviposição de adultos de *T. absoluta*, bem como na mortalidade de lagartas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção de criação de *Tuta absoluta*

A criação de *T. absoluta* foi estabelecida a partir de lagartas, sem que houvesse definição do instar, coletadas junto com folhas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) cv. Santini que se encontrava em fase reprodutiva em lavouras localizadas em Rio Paranaíba, MG, Brasil (19°14'45,7" S 46°11'02,6" O). As coletas foram feitas no mês de setembro de 2019 e a criação foi realizada no laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba (UFV-CRP).

Para iniciar a criação, folhas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Clara, de plantas cultivadas em campo, foram retiradas das plantas e tiveram seus pecíolos imersos em água contida no interior de frascos de 50 mL de capacidade. A

abertura dos frascos foi vedada com algodão hidrofílico para evitar perdas de água por evaporação e visando manter as folhas túrgidas por mais tempo (pelo menos sete dias). As lagartas coletadas foram dispostas sobre as folhas, e, em seguida, os frascos contendo as folhas foram acondicionados em gaiolas de 50 x 50 x 50 cm (Lab Creation®). A cada dois dias novas folhas foram inseridas nas gaiolas como fonte de alimentação para as lagartas, ocasião na qual as folhas secas contendo pupas foram coletadas e transferidas para gaiola de pupas onde foram mantidas até a emergência de adultos. Após a emergência, os adultos foram transferidos para as gaiolas de oviposição, de 50 x 50 x 50 cm (Lab Creation®), que continham frascos de 50 mL preenchidos com água destilada e folhas de tomateiro cv. Santa Clara para oviposição de *T. absoluta* (MIRANDA et al., 1998). As mariposas foram alimentadas com solução de mel a 10% v/v oferecidas em algodão hidrofílico presos na parte superior da gaiola por um alfinete. A cada 24 horas os frascos contendo folhas com oviposição foram transferidos para gaiolas de ovos até que houvesse a emergência das lagartas.

2.2 Curva de dose-resposta

O inseticida utilizado foi o Premio® SC (clorantraniliprole 200g L⁻¹, FMC Química do Brasil Ltda., Campinas-SP, Brasil). O bioensaio de toxicidade relativa a *T. absoluta* foi utilizado para determinar as concentrações letais que causam 10% (CL₁₀) e 50% (CL₅₀) de mortalidade. As concentrações foram definidas de forma a obter mortalidades entre 5 e 95% para lagartas e adultos. Um teste preliminar foi realizado para determinar o alcance da curva.

Inicialmente, foram preparadas soluções estoque que foram solubilizados separadamente em quatro provetas contendo água destilada. Em seguida foram feitas diluições seriadas em água destilada para que fossem obtidas oito concentrações em um volume final de 100 mL para determinação do intervalo de mortalidade. Este volume foi selecionado por permitir a imersão de todos os folíolos empregados nos testes.

Para a determinação da curva de dose-reposta de lagartas de *T. absoluta*, os folíolos, obtidos do terço médio de plantas de tomateiro aos 45 dias após o transplântio foram imersos na solução inseticida sob teste por 20 segundos e, em seguida, foram secas em condição ambiental por 5 a 10 minutos. Após a completa secagem, foram adicionadas 20 lagartas de primeiro instar sobre os folíolos que foram acondicionados em placas de Petri por 96 horas, mantidas em temperatura ambiente do laboratório.

Decorridas 96 horas, avaliou-se a mortalidade das lagartas que foram consideradas mortas quando ao serem tocadas com um pincel fino, não se movimentavam.

No ensaio de adultos, estes foram liberados nas gaiolas de 50 x 50 x 50 cm (Lab Creation®) 20 adultos da traça-do-tomateiro, e posteriormente foi aplicado as concentrações do clorantraniliprole obtidas no intervalo definido no teste preliminar, através de aerógrafo do tipo caneta conectado a uma mangueira e a um compressor de 1,6 bar (modelo-mod-1, Wimpel, São Paulo, Brasil), empregando volume de calda de 1,6 mL cm⁻² (500 L ha⁻¹) com as respectivas concentrações. A mortalidade foi avaliada 96 horas após a aplicação do inseticida, sendo que foram considerados mortos os adultos que quando tocados com pincel fino, não se movimentavam.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 14 tratamentos (concentrações) e 4 repetições. Cada repetição foi composta por 20 lagartas e um folíolo de tomate para o teste com lagartas, e 20 adultos por gaiola para a curva de dose-resposta de adultos. Os dados de mortalidade após a exposição aos tratamentos foram corrigidos para a mortalidade ocorrida na testemunha pela fórmula de Abbott (1925) e submetidos à análise de probit (FINNEY, 1971; PROC PROBIT, SAS, 2012).

2.3 Efeito subletal da CL₁₀ e da CL₅₀

Plantas de tomateiro cv. Santa Clara contendo 10 folhas foram tratadas com a CL₁₀ e a CL₅₀ para adultos e foram utilizadas nos ensaios de oviposição. As concentrações da CL₁₀ e da CL₅₀ de adultos foram 0,056 e 0,137 g de ingrediente ativo (i.a.) L⁻¹, respectivamente. Essas concentrações foram selecionadas para serem testadas no teste comportamental de oviposição, pois permitiram a sobrevivência dos adultos de *T. absoluta*. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial de 2 (faces da folha: adaxial e abaxial) x 2 (folhas tratadas e não tratadas). Os ensaios foram conduzidos com 10 repetições, sendo cada folíolo uma repetição. O inseticida foi aplicado em uma das faces isolando-se a outra face com papel filtro e plástico, de tal forma a evitar escorrimento para a outra face. A aplicação das soluções foi realizada por meio de um aerógrafo do tipo caneta conectado a uma mangueira e a um compressor de 1,6 bar (modelo-mod-1, Wimpel, São Paulo, Brasil), empregando volume de calda de 1,6 mL cm⁻² (500 L ha⁻¹). Após 30 minutos da aplicação, adultos de três dias de emergência foram acondicionados em gaiolas com o folíolo contendo as plantas tratadas para permitir a oviposição. Utilizou-se 15 casais de adultos por gaiola de tal forma a possibilitar a deposição de ovos em número suficiente para permitir distinção entre os

tratamentos. Dois dias após a liberação dos adultos, realizou-se a contagem de ovos em cada face foliar de cada tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida de teste de Tukey a $P < 0,05$.

2.4 Ensaio de campo

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba ($19^{\circ}10'38''$ S e $46^{\circ}06'14''$ O e Altitude: 1000 m). A semeadura do tomate foi realizada no dia 10/02/2020 e o transplântio 30 dias após a semeadura. As parcelas tinham 6,5 m x 2,00 m ($13 \text{ m}^2/\text{parcela}$), sendo adotado o espaçamento de 0,50 m entre plantas e 1 m entre linhas, perfazendo um total de 13 plantas/parcela. No momento do transplântio, aplicou-se 38 kg ha^{-1} de N e 170 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Adubações de cobertura foram realizadas com 110 kg ha^{-1} de N, 230 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 202 kg ha^{-1} de K_2O , 15 kg ha^{-1} de Ca e $0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de B.

Foram realizadas quatro pulverizações com os fungicidas Forum® (ditomorfe, 500 g kg^{-1} , BASF S.A., São Paulo-SP, Brasil) e Revus® (mandipropamida, 250 g L^{-1} , Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., São Paulo-SP, Brasil) nas doses de $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ e $0,6 \text{ L ha}^{-1}$, respectivamente, para evitar a ocorrência de doenças na cultura, sendo iniciadas preventivamente e com intervalo de sete dias entre as aplicações. Os tratamentos culturais durante foram feitos de acordo com as recomendações técnicas preconizadas para a cultura durante todo o seu ciclo de desenvolvimento.

Aos 30 dias após o transplântio (plantas com 4 a 7 folhas completamente expandidas), realizou-se a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos foram o controle (somente água), Premio® SC (clorantraniliprole 200 g L^{-1} , FMC Química do Brasil Ltda., Campinas-SP, Brasil) e Danimen® 300 EC (fenpropatrina 300 g L^{-1} , Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda., São Paulo-SP, Brasil) como padrão de controle químico comparativo.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas em uma única ocasião, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO_2 , com pressão constante a 40 psi, munido de barra de pulverização com ponta XR 11002 e um volume final de solução de 200 L ha^{-1} . As condições ambientais no momento da aplicação foram $25,5^{\circ}\text{C}$ de temperatura, 75% de umidade relativa, $5,1 \text{ km h}^{-1}$ de velocidade do vento e céu limpo, consideradas ideais de acordo com Hoffman; Boller (2004). A aplicação foi realizada entre 8h30min e 9h00min da manhã.

As variáveis avaliadas no experimento foram a contagem do número de ovos e adultos de *T. absoluta* presentes nas plantas de tomate submetidas aos diferentes tratamentos com inseticidas e no controle (água). Essas avaliações foram realizadas imediatamente antes da aplicação e aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos. O número de adultos foi avaliado agitando-se as plantas presentes em 3 m lineares. O número de ovos de *T. absoluta* foi avaliado em duas folhas localizadas entre o ápice e o meio da planta, sendo uma do lado direito e outra do lado esquerdo da planta (GONRING et al., 2020). Todas as avaliações foram realizadas na linha central da parcela (área útil da parcela).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três tratamentos e oito repetições. Os dados do número de ovos e adultos foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homocedasticidade de variâncias. Atendidos os pressupostos da análise de variância, procedeu-se a análise de variância seguida de teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

A mortalidade de lagartas e adultos de *T. absoluta* se ajustaram à distribuição de de probit (FINNEY, 1971) (Tabela 1). A razão de toxicidade (RT) foi maior para lagartas do que para adultos em todas as CLs avaliadas (Tabela 1). A CL_{10} de adultos foi 0,62 vezes maior que a CL_{80} para lagarta e a CL_{50} para adultos foi 1,52 vezes maior do que a CL_{80} para lagartas. As concentrações letais de CL_{10} e CL_{50} para adultos selecionadas para o estudo do efeito subletal do clorantraniliprole foram de 0,056 mg i.a. mL^{-1} e 0,137 mg i.a. mL^{-1} , respectivamente. O ajuste dos dados de mortalidade em função das CLs de lagartas e adultos estão presentes na Figura 1.

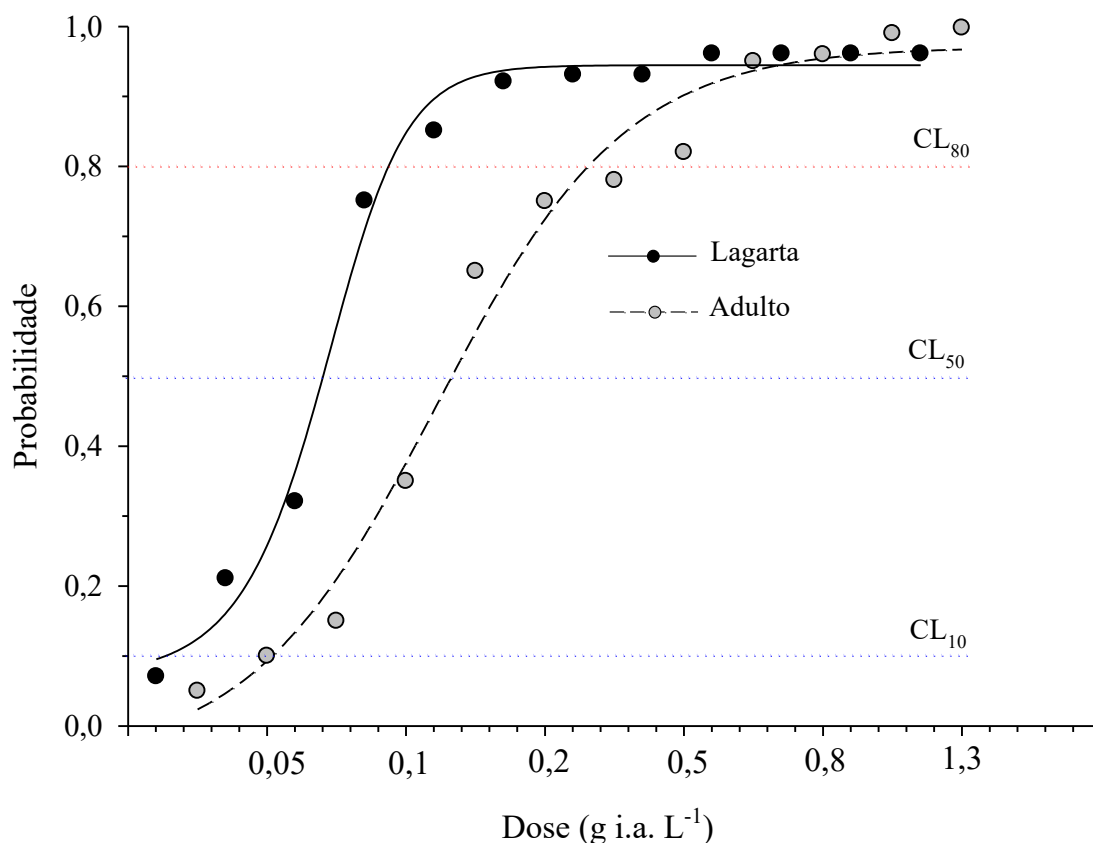
Tabela 1. Mortalidade de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) em resposta ao Premio® SC (clorantraniliprole 200g L^{-1}).

Fase	Número de insetos (n)	CLs (mg i.a. mL^{-1})			Inclinação ^b	χ^2 ^c	P-valor
		CL_{10} ^a	CL_{50} ^a	CL_{80} ^a			
Lagarta	1280	0,01	0,06	0,09	10,21($\pm 0,67$)	8,53	0,07
Adulto	1280	0,056	0,137	0,383	7,12($\pm 0,31$)	0,83	0,16
Razão de toxicidade (RT1)		5,60	2,28	4,25	-	-	-
Razão de toxicidade (RT2)		¹ 0,62	² 1,52	-	-	-	-

^aConcentração letal (CL) em mg i.a. mL^{-1} e seus respectivos intervalos de confiança a 95% (95% IC); ^bInclinação das curvas concentração-mortalidade e seu erro padrão; ^cgraus de liberdade; ² $CL_{50}(\text{adulto})/CL_{80}(\text{lagarta})$; RT1= $CL_{(\text{adulto})}/CL_{(\text{lagarta})}$; RT2= $CL_{10}(\text{adulto})/CL_{80}(\text{lagarta})$.

Fonte: O autor.

Figura 1. Toxicidade relativa de clorantraniliprole às lagartas e adultos de *Tuta absoluta*. Dados corrigidos para mortalidade ocorrida na testemunha.



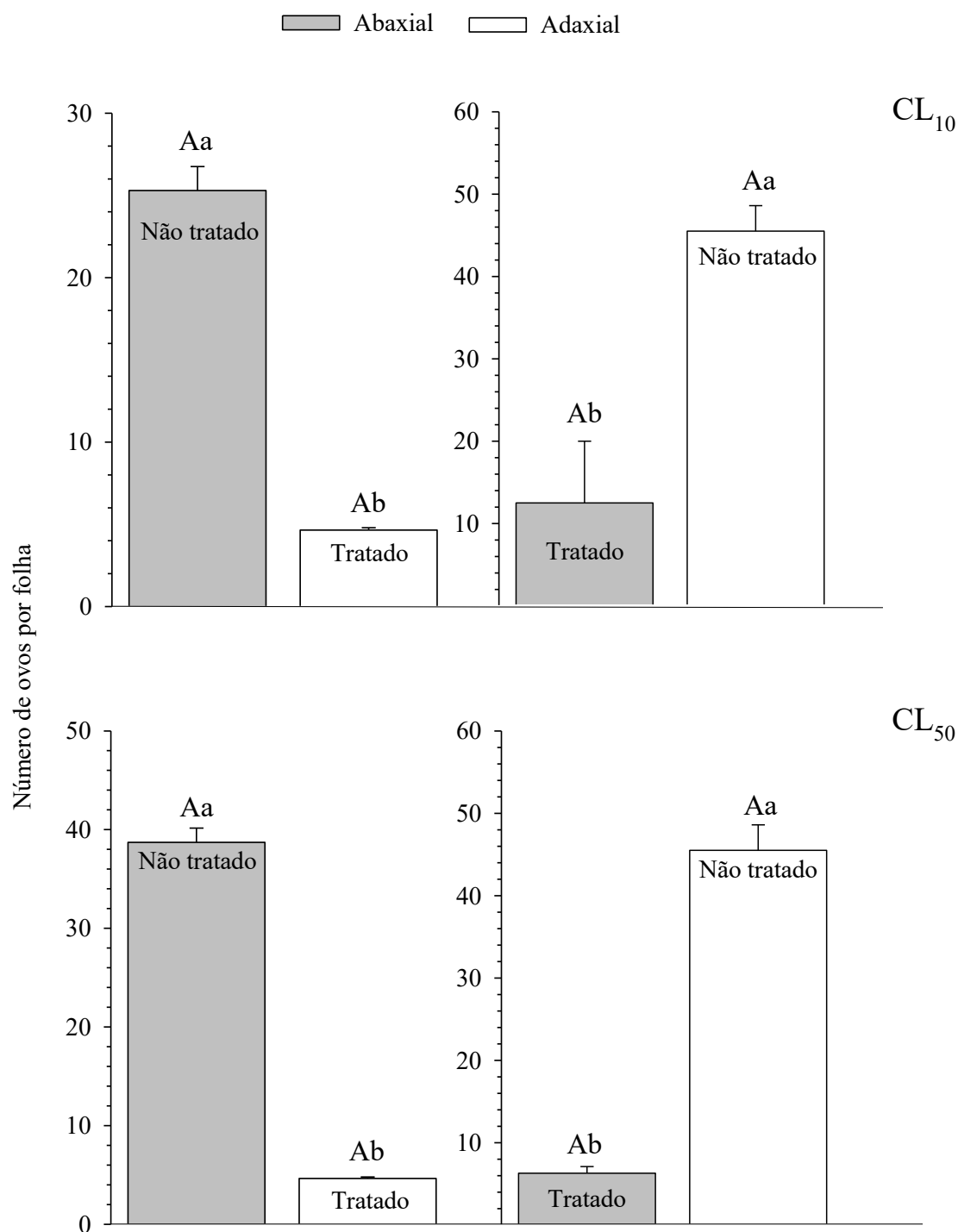
Fonte: O autor.

Os adultos de *T. absoluta* quando submetidos às CL₁₀ e CL₅₀ de clorantraniliprole, reduziram o número de ovos em ambas as faces (Figura 2).

Não foram detectados efeitos significativos para a interação entre faces das folhas e tratamento com o inseticida. Entretanto, houve efeito significativo do clorantraniliprole tanto para a CL₁₀ quanto para a CL₅₀. Não houve preferência de oviposição pela face da folha, uma vez que não foi observada diferença significativa no número de ovos entre as faces abaxial e adaxial.

Observou-se que o número de ovos depositados tanto na face abaxial quanto na face adaxial das plantas foram reduzidos em $\approx 500\%$ e $\approx 400\%$ mediante tratamento das plantas com clorantraniliprole na concentração equivalente à CL₁₀ para adultos de *T. absoluta* (Figura 2). Semelhantemente, o tratamento das plantas com o inseticida na concentração equivalente à CL₅₀ para adultos da traça-do-tomateiro causou redução no número de ovos em $\approx 1.000\%$ e $\approx 900\%$ nas faces abaxial e adaxial, respectivamente (Figura 2).

Figura 2. Número de ovos de *Tuta absoluta* em folhas de tomateiro tratadas e não tratadas com a CL₁₀ e a CL₅₀ do clorantraniliprole para adultos do inseto.

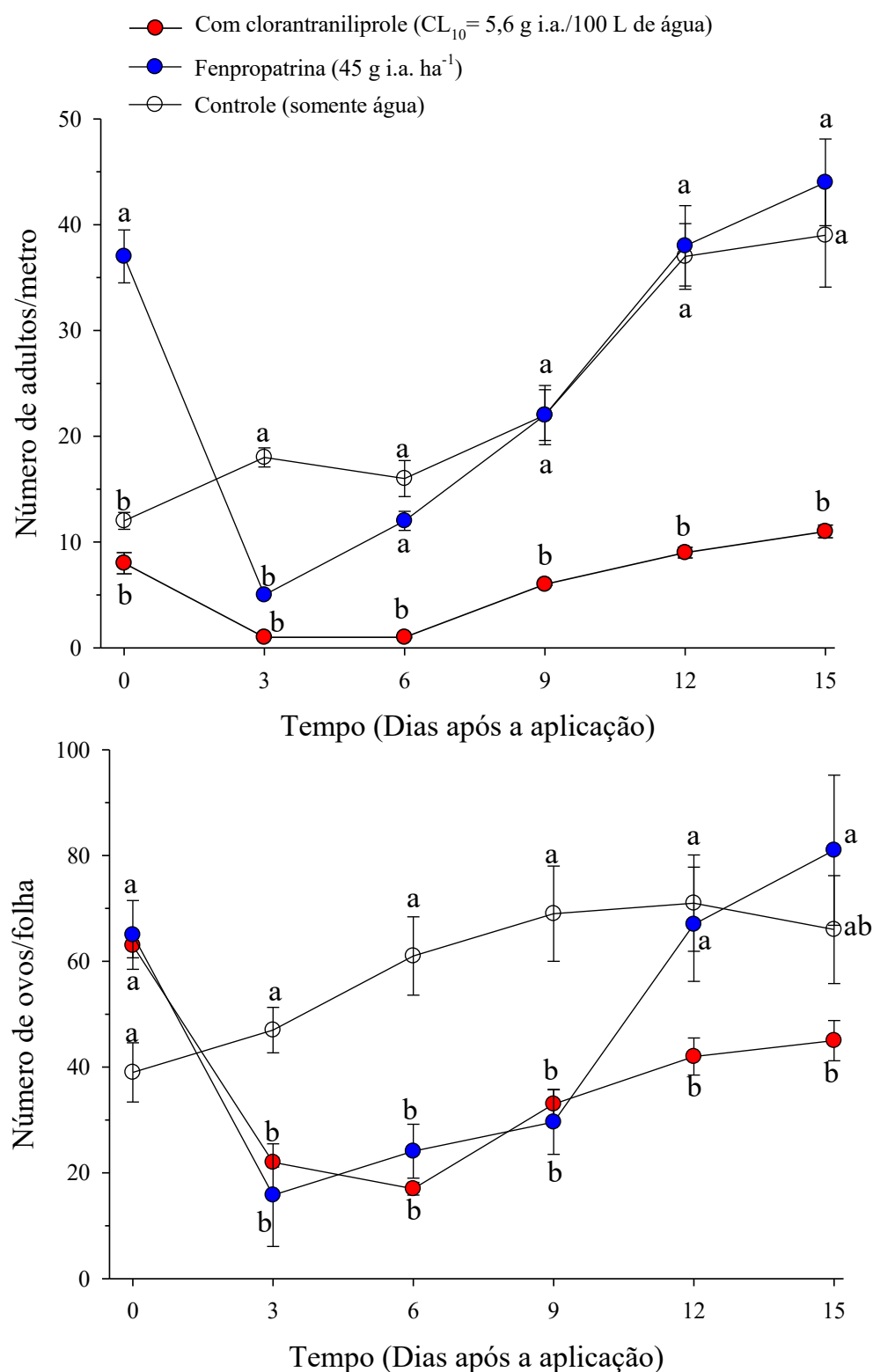


Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparando as faces de exposição (abaxial/adaxial) dos folíolos submetidos à mesma exposição ao inseticida (tratado/não tratado); e mesma letra minúscula comparando tratado e não tratado com clorantraniliprole não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a $P < 0,05$.

Fonte: O autor.

No estudo de campo, a avaliação do número de adultos por metro na prévia, antes da aplicação, observou-se mais insetos nas plantas de tomate referente ao tratamento com a fenpropatrina (Figura 3).

Figura 3. Número de adultos/m e ovos de *Tuta absoluta*/folha de tomate tratados com os inseticidas clorantraniliprole (Premio SC®) na concentração de 5,6 g i.a. 100L⁻¹ de água e fenpropatrina (Danimen 300 EC®) na concentração de 45g i.a. ha⁻¹ aos 0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a aplicação.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si os diferentes tratamentos pelo teste de Tukey a ($p < 0,05$).

Fonte: O autor.

Aos três dias após a aplicação (3 DAA), houve redução na densidade populacional dos adultos de *T. absoluta* mediante tratamento com os inseticidas (fenpropatrina e clorantraniliprole). Entretanto, nas demais avaliações realizadas aos 6, 9, 12 e 15 DAA o tratamento das plantas com fenpropatrina não causou redução significativa no número de adultos, não diferindo da testemunha. Em contrapartida, em todas essas avaliações houve redução significativa do número de adultos de *T. absoluta* nas plantas tratadas com o clorantraniliprole (Figura 3).

Em relação ao número de ovos de *T. absoluta* por folha, na primeira avaliação, realizada no dia da aplicação dos tratamentos, não houve redução no número de ovos de *T. absoluta* em virtude do tratamento das plantas com os inseticidas que não diferiram da testemunha (Figura 2). Aos 3, 6 e 9 DAA ambos os inseticidas causaram redução no número de ovos de *T. absoluta* em relação à testemunha (Figura 2). Todavia, nas demais avaliações, realizadas aos 12 e 15 DAA, apenas o clorantraniliprole reduziu significativamente o número de ovos de *T. absoluta* em relação à testemunha (Figura 2).

4. DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam que o clorantraniliprole apresenta efeitos tanto na fase de lagarta, quanto na fase adulta de *T. absoluta*. Além disso, esse inseticida proporcionou efeitos subletais demonstrados através da redução tanto do número de ovos depositados sobre as folhas tratadas em laboratório, quanto do número de adultos e da oviposição após a aplicação a nível de campo.

No estudo das concentrações do clorantraniliprole sobre lagartas e adultos de *T. absoluta*, é possível observar que para todas as CLs (10, 50 e 80%), há uma maior suscetibilidade da lagarta ao clorantraniliprole do que ao adulto, verificadas ainda pelas razões de toxicidade calculadas entre as diferentes CLs de adultos e lagartas. Essa maior suscetibilidade das lagartas ao produto pode se justificar pela menor exposição dos adultos aos resíduos do produto, seja pelo fato do seu contato se dar por meio das gotículas pulverizadas, seja ainda pela proteção adicional oferecida pelas escamas e cutícula, que é mais espessa nos adultos, dificultando a penetração do produto (MOUSSIAN, 2010). As lagartas por se alimentarem das folhas contendo os resíduos da pulverização com o clorantraniliprole são expostas à toxicidade do produto por ingestão

e contato, algo que potencializa a ação do inseticida conforme observado por Castro et al., (2021) em lagartas de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Kamimuro et al., (2019) observaram mortalidade de adultos de *Caloptilia theivora* (Walsingham) (Lepidoptera: Gracillariidae) em virtude da aplicação tópica de inseticida pertencente ao grupo das diamidas no dorso torácico e supressão da oviposição de fêmeas pela aplicação indireta nas folhas e em recipientes onde os adultos foram liberados. Em estudos de suscetibilidade da *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) ao ciantraniliprole, a CL_{50} foi de 28 mg L⁻¹ em bioensaios tópicos e 0,065 mg L⁻¹ em bioensaios de ingestão, evidenciando que a toxicidade é mais alta via ingestão, com RT de 430,77 (BIRD, 2016). O ciantraniliprole também apresentou maior toxicidade por ingestão via dieta artificial oferecida para *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) comparado aos outros métodos de exposição indireta testados (GONRING et al., 2019).

É válido ressaltar que a razão obtida entre a CL_{10} e a CL_{50} de adultos e a CL_{80} de lagartas foi de 0,62 e 1,52, respectivamente, o que permite inferir que todas as concentrações do ingrediente ativo utilizadas para o controle do adulto serão suficientes para se obter um controle satisfatório da população de lagartas da traça-do-tomateiro (80%).

As diamidas são uma alternativa de controle químico de pragas amplamente utilizadas e com boa eficácia no manejo de lepidópteros em vários cultivos agrícolas, inclusive no controle da *T. absoluta*, em que existe registro de uso do ciantraniliprole, flubendiamida e mesmo do clorantraniliprole, que é foco deste estudo (CAMPOS et al., 2015; JEANGUENAT, 2013; RODITAKIS et al., 2012). Os resultados desse estudo encontraram para a população estudada uma CL_{50} de 60 mg i.a. L⁻¹, porém em estudos de toxicidade conduzidos por Roditakis et al. (2017), populações brasileiras de *T. absoluta* coletadas em campo no ano de 2014 demonstraram maiores valores de CL_{50} e variáveis entre 92 e 650 mg i.a. L⁻¹. Diversos trabalhos demonstraram a sensibilidade de lagartas de *T. absoluta* ao inseticida clorantraniliprole. Roditakis et al. (2012) estudando a toxicidade do clorantraniliprole em populações europeias da traça-do-tomateiro observaram uma variação da CL_{50} entre 0,103 e 1,342 mg i.a. L⁻¹. Em estudos conduzidos com populações de campo e laboratório coletadas em diferentes estados brasileiros, Campos et al. (2015) encontraram valores para a CL_{50} variáveis entre 0,0032 e 0,0296 mg i.a. L⁻¹. Entretanto, nenhum destes estudos avaliaram efeitos subletais do clorantraniliprole na biologia ou comportamento dos adultos da traça.

No presente estudo, os adultos quando submetidos à CL₁₀ e CL₅₀ do clorraniliprole para adultos, apresentaram redução no número de ovos em ambas as faces da folha, o que indica uma possível repelência do inseticida ou efeito subletal na postura das fêmeas da traça-do-tomateiro. Em estudos de oviposição da traça-do-tomateiro conduzidos por Ataíde et al., (2017), foi observado que a cv. Santa Clara utilizada neste trabalho, é mais preferida para oviposição de fêmeas de *T. absoluta*, descartando um possível efeito de resistência da planta sobre o inseto. Estudos anteriores que avaliaram o efeito das diamidas sobre adultos de lepidópteros comprovaram que o clorraniliprole apesar de ter reduzido o número de fêmeas acasaladas de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) não afetou o número de ovos depositados na cultura da maçã (KNIGHT; FLEXNER, 2007). Porém, estudos mais recentes com a mesma molécula detectaram redução na emergência de adultos *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae), maior deformidade de pupas e adultos e menor fecundidade das fêmeas (nº de ovos/fêmea) quando testadas subdosagens do clorraniliprole sobre larvas de 3º instar (HE et al., 2019).

Os resultados obtidos mediante tratamento das plantas com a CL₁₀ do clorraniliprole obtidas para adultos de *T. absoluta* demonstraram supressão da população de adultos durante todo o período de avaliação (15 dias), indicando possível repelência e efeito residual. O uso da fenprotrina refletiu em um menor número de adultos somente até os 3 DAA, sendo esse controle inferior ao obtido mediante o uso do clorraniliprole. Adicionalmente, a fenprotrina apresenta efeitos significativos sobre adultos de inimigos naturais, conforme demonstrado por Vilela et al. (2010), que observou 100% de mortalidade de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1981) (Neuroptera: Chrysopidae) quando os adultos foram expostos aos resíduos do inseticida.

Com relação ao número de ovos por folha, novamente, enquanto o clorraniliprole proporcionou redução significativa na maioria das avaliações (cinco de seis avaliações) a fenprotrina causou redução no número de ovos apenas em 50% das avaliações realizadas, mantendo esse efeito somente até os 9 DAA. Tais resultados corroboram a hipótese de que há efeito residual do inseticida clorraniliprole sobre adultos de *T. absoluta* e das concentrações subletais utilizadas no ensaio (CL₁₀ de 0,056 mg i.a. mL⁻¹), ressaltando-se ainda que o número de ovos está diretamente relacionado ao número de adultos.

5. CONCLUSÕES

As CL_{10} e CL_{50} do clorantraniliprole para lagartas e adultos foram de 0,01 mg i.a. mL^{-1} e 0,06 mg i.a. mL^{-1} , e 0,056 mg i.a. mL^{-1} e 0,137 mg i.a. mL^{-1} , respectivamente.

O inseticida clorantraniliprole causou mortalidade de lagartas e adultos de *T. absoluta*, além de apresentar efeito subletal, reduzindo tanto o número de ovos, em ensaios de laboratório e a campo, quanto o número de adultos quando as plantas são tratadas com concentrações equivalentes à CL_{10} (0,056 mg i.a. mL^{-1}) do clorantraniliprole para adultos de *T. absoluta*.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- ATAIDE, L. M. S.; ARCE, C. C. M.; CURTINHAS, J. N.; SILVA, D. J. H. DA; DESOUSA, O.; LIMA, E. Flight behavior and oviposition of *Tuta absoluta* on susceptible and resistant genotypes of *Solanum lycopersicum*. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 11, n. 4, p. 567–575, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9500-1>
- BIRD, L. J. Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to cyantraniliprole determined from topical and ingestion bioassays. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 3, p. 1350–1356, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tow027>
- CAMPOS, M. R.; RODRIGUES, A. R. S.; SILVA, W. M.; SILVA, T. B. M.; SILVA, V. R. F.; GUEDES, R. N. C.; SIQUEIRA, H. A. A. Spinosad and the tomato borer *Tuta absoluta*: A bioinsecticide, an invasive pest threat, and high insecticide resistance. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103235>
- CAMPOS, M. R.; SILVA, T. B.; SILVA, W. M.; SILVA, J. E.; SIQUEIRA, H. A. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Brazilian populations to ryanodine receptor modulators. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 537–544, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3835>
- CASTRO, B. M. DE C. E.; MARTÍNEZ, L. C.; PLATA-RUEDA, A.; SOARES, M. A.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, A. J. V.; FIAZ, M.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Exposure to chlorantraniliprole reduces locomotion, respiration, and causes histological changes in the midgut of velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Chemosphere**, v. 263, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128008>
- CORDOVA, D. *et al.* Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, n. 3, p. 196–214, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2005.07.005>
- DESNEUX, N. *et al.* Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology, geographic expansion and prospects for biological control. **Journal of Pest Science**, v. 83, n. 3, p. 197–215, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
- DOMINGUEZ, A.; PUIGMARTÍ, M.; BOSCH, M. P.; ROSELL, G.; CREHUET, R.; ORTIZ, A.; QUERO, C.; GUERRERO, A. Synthesis, Functional Assays, Electrophysiological Activity, and Field Tests of Pheromone Antagonists of the Tomato Leafminer, *Tuta absoluta*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 18, p. 3523–3532, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00674>
- FINNEY, D. J. Probit analysis. **Cambridge Press**, London, p. 283-287, 1971.
- GONRING, A. H. R.; SILVA, F. M. DE A.; PICELLI, E. DA CRUZ M.; PLATA-

- RUEDA, R. A.; GORRI, J. E. R.; FERNANDES, F. L. Comparative bioassay methods to determine diamide susceptibility for two coffee pests. **Crop Protection**, v. 121, n. April 2018, p. 34–38, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.010>
- GONRING, A. H. R.; WALERIUS, A. H.; PICANÇO, M. M.; BACCI, L.; MARTINS, J. C.; PICANÇO, M. C. Feasible sampling plan for *Tuta absoluta* egg densities evaluation in commercial field tomato. **Crop Protection**, v. 136, n. May, p. 105239, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105239>
- GONTIJO, P. C.; PICANÇO, M. C.; PEREIRA, E. J. G.; MARTINS, J. C.; CHEDIK, M.; GUEDES, R. N. C. Spatial and temporal variation in the control failure likelihood of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. **Annals of Applied Biology**, v. 162, n. 1, p. 50–59, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12000>
- GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C. The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: Pest status, management and insecticide resistance. **EPPO Bulletin**, v. 42, n. 2, p. 211–216, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/epp.2557>
- GUIMAPI, R. Y. A.; MOHAMED, S. A.; OKEYO, G. O.; NDJOMATCHOUA, F. T.; EKESI, S.; TONNANG, H. E. Z. Modeling the risk of invasion and spread of *Tuta absoluta* in Africa. **Ecological Complexity**, v. 28, p. 77–93, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2016.08.001>
- HADDI, K.; BERGER, M.; BIELZA, P.; CIFUENTES, D.; FIELD, L. M.; GORMAN, K.; RAPISARDA, C.; WILLIAMSON, M. S.; BASS, C. Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage-gated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 42, n. 7, p. 506–513, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2012.03.008>
- HADDI, K.; BERGER, M.; BIELZA, P.; RAPISARDA, C.; WILLIAMSON, M. S.; MOORES, G.; BASS, C. Mutation in the ace-1 gene of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) associated with organophosphates resistance. **Journal of Applied Entomology**, v. 141, n. 8, p. 612–619, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12386>
- HE, F.; SUN, S.; TAN, H.; SUN, X.; QIN, C.; JI, S.; LI, X.; ZHANG, J.; JIANG, X. Chlorantraniliprole against the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae): From biochemical/physiological to demographic responses. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46915-0>
- HEIDARI, N.; SEDARATIAN-JAHROMI, A.; GHANE-JAHROMI, M.; ZALUCKI, M. P. How bottom-up effects of different tomato cultivars affect population responses of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae): a case study on host plant resistance. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 14, n. 2, p. 181–192, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-020-09739-8>
- HOFFMANN, L.L.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja. In: Canal, C.A.B. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas II**, 2004, p. 46-60.
- SALAMA, H. S. A. E. R.; ISMAIL, I. A. K.; FOUDA, M.; EBADAH, I.; SHEHATA, I. Some Ecological and Behavioral Aspects of the Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta*

(Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ecologia Balkanica**, v. 7, n. 2, p. 35–44, 2015. DOI: N/A

JEANGUENAT, A. The story of a new insecticidal chemistry class: The diamides. **Pest Management Science**, v. 69, n. 1, p. 7–14, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3406>

JESCHKE, P. Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. **Pest Management Science**, v. 72, n. 3, p. 433–455, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4190>

KAMIMURO, T.; HIGASHITARUMIZU, S.; FUKUDA, T.; SUENAGA, H.; NOMURA, M. Effects of direct or indirect treatment with insecticides on adult tea leafroller, *Caloptilia theivora* (Lepidoptera: Gracillariidae), and its progeny. **Applied Entomology and Zoology**, v. 54, n. 4, p. 377–387, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13355-019-00634-0>

KANDIL, M. A.; ABDEL-KERIM, R. N.; MOUSTAFA, M. A. M. Lethal and sub-lethal effects of bio-and chemical insecticides on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 1, p. 1–7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00278-1>

KNIGHT, A.L.; FLEXNER, L. Disruption of mating in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) by chlorantranilipole, an anthranilic diamide insecticide. **Pest Management Science**, v. 63, n. 2, p. 180–189, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1318>

MARTINS, J. C.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; GUEDES, R. N. C.; SANTANA, P. A.; FERREIRA, D. O.; CHEDIAK, M. Life table determination of thermal requirements of the tomato borer *Tuta absoluta*. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 4, p. 897–908, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0729-8>

MIRANDA, M.M.M., PICANCO, M., ZANUNICIO, J.C., GUEDES, R. N. C. Biocontrol Science and Technology Ecological Life Table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 8, n. 4, p. 597–606, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583159830117>

MOUSSIAN, B. Recent advances in understanding mechanisms of insect cuticle differentiation. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 40, n. 5, p. 363–375, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.03.003>

MULÉ, R.; SABELLA, G.; ROBBA, L.; MANACHINI, B. Systematic review of the effects of chemical insecticides on four common butterfly families. **Frontiers in Environmental Science**, v. 5, p. 1–5, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00032>

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50–54, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.022>

PIRI, A.; SAHEBZADEH, N.; ZIBAEI, A.; SENDI, J. J.; SHAMAKHI, L.;

- SHAHRIARI, M. Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Chemosphere**, v. 256, p. 127103, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127103>
- PLATA-RUEDA, A.; MARTÍNEZ, L. C.; SILVA, B. K. R. DA; ZANUNCIO, J. C.; FERNANDES, M. E. DE S.; GUEDES, R. N. C.; FERNANDES, F. L. Exposure to cyantraniliprole causes mortality and disturbs behavioral and respiratory responses in the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). **Pest Management Science**, v. 75, n. 8, p. 2236–2241, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5358>
- PROFFIT, M.; BIRGERSSON, G.; BENGTSSON, M.; REIS, R.; WITZGALL, P.; LIMA, E. Attraction and Oviposition of *Tuta absoluta* Females in Response to Tomato Leaf Volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, n. 6, p. 565–574, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-011-9961-0>
- RODITAKIS, E. *et al.* Ryanodine receptor point mutations confer diamide insecticide resistance in tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 80, p. 11–20, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2016.11.003>
- RODITAKIS, E.; SKARMOUTSOU, C.; STAURAKAKI, M.; MART, R.; GARC, L.; BIELZA, P.; HADDI, K.; RAPISARDA, C.; RISON, J. Determination of baseline susceptibility of European populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) to indoxacarb and chlorantraniliprole using a novel dip bioassay method. **Pest Management Science**, v. 69, n. 2, p. 217–227, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3404>
- SILVA, G. A.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B.; ROSADO, J. F.; GUEDES, R. N. C. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest Management Science**, v. 67, n. 8, p. 913–920, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2131>
- SILVA, W. M.; BERGER, M.; BASS, C.; WILLIAMSON, M.; MOURA, D. M. N.; RIBEIRO, L. M. S.; SIQUEIRA, H. A. A. Mutation (G275E) of the nicotinic acetylcholine receptor $\alpha 6$ subunit is associated with high levels of resistance to spinosyns in *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 131, p. 1–8, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.02.006>
- TOMÉ, H. V. V.; MARTINS, J. C.; CORRÊA, A. S.; GALDINO, T. V. S.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C. Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. **Crop Protection**, v. 46, p. 63–69, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.12.021>
- VILELA, M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BOAS, M. A. V. Seletividade De Acaricidas Utilizados Em Cafeeiro Para Pré-Pupas E Adultos De *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 3, p. 505–510, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p5052010>
- YAROU, B. B.; BAWIN, T.; BOULLIS, A.; HEUKIN, S.; LOGNAY, G.;

VERHEGGEN, F. J.; FRANCIS, F. Oviposition deterrent activity of basil plants and their essentials oils against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 30, p. 29880–29888, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9795-6>

ZIBAEI, I.; MAHMOOD, K.; ESMAEILI, M.; BANDANI, A. R.; KRISTENSEN, M. Organophosphate and pyrethroid resistances in the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) from Iran. **Journal of Applied Entomology**, v. 142, n. 1–2, p. 181–191, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12425>