

## Desafios e perspectivas do manejo da traça-do-tomateiro

### Challenges and perspectives for tomato moth management

### Desafíos y perspectivas para el manejo de la polilla del tomate

Recebido: 25/10/2022 | Revisado: 19/11/2022 | Aceitado: 03/12/2022 | Publicado: 12/12/2022

#### **Willian Ricardo Monesi da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5596-3037>  
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [willian.monesi@gmail.com](mailto:willian.monesi@gmail.com)

#### **Francieli da Silva Ponce**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3894-1506>  
Universidade Estadual Paulista, Brasil  
E-mail: [francielyponce@gmail.com](mailto:francielyponce@gmail.com)

#### **Claudia Aparecida de Lima Toledo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3232-5654>  
Universidade Estadual Paulista, Brasil  
E-mail: [claudia.toledo@unesp.br](mailto:claudia.toledo@unesp.br)

#### **Renê Arnoux da Silva Campos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3736-2801>  
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [renecampos@unemat.br](mailto:renecampos@unemat.br)

#### **Santino Seabra Junior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4986-7778>  
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [santino세abra@hotmail.com](mailto:santino세abra@hotmail.com)

#### **Resumo**

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma planta cosmopolita de grande importância mundial e seu cultivo está presente em diversos países tropicais e subtropicais. No entanto, a ocorrência da traça-do-tomateiro [*Tuta absoluta* (Meyrick)] pode causar danos de até 100% em seus cultivos. Esse inseto forma galerias em folhas, caules, flores e frutos do tomateiro, durante todo seu desenvolvimento fenológico. Nos últimos anos, esta praga tem provocado muitas perdas nos cultivos de tomate devido a seleção de populações resistentes a diamidas, a principal molécula inseticida utilizada no controle da traça-do-tomateiro. O objetivo deste trabalho foi combinar dados de múltiplos estudos sobre *T. absoluta* a fim de estabelecer no panorama atual, possíveis soluções e perspectivas para o manejo dessa praga, utilizando o Google Scholar como ferramenta de busca. A traça-do-tomateiro atualmente é motivo de preocupação em vários países produtores, por apresentar alto potencial de infestação, adaptação e resistência a inseticidas (Diamidas). Tornando o uso de métodos de controle biológico com base no uso de predadores (Mirídeos), parasitoides (Trichogramma), entomopatógenos e armadilhas de feromônio, importantes ferramentas para o manejo sustentável desta praga. O estudo conclui que os métodos de controle biológico podem ser importantes para um manejo integrado de pragas, frente a sua resistência a inseticidas. Tornando fundamental conhecer a biologia e comportamento para melhores resultados no manejo e monitoramento da traça-do-tomateiro.

**Palavras-chave:** Manejo de pragas; Controle químico; Gelechiidae; Solanaceae.

#### **Abstract**

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a cosmopolitan plant of great worldwide importance and its cultivation is present in several tropical and subtropical countries. However, the occurrence of the tomato leafminer [*Tuta absoluta* (Meyrick)] can cause damages of up to 100% in crops. This insect forms galleries in leaves, stems, flowers and fruits of the tomato plant, during the entire phenological development. In recent years, this pest has caused many losses in tomato crops due to the selection of populations resistant to diamides, the main insecticide molecule used to control the tomato pinworm. The objective of this work was to combine data from multiple studies on *T. absoluta* in order to establish, in the current scenario, possible solutions and perspectives for the management of this pest, using Google Scholar as a search tool. The tomato pinworm is currently a matter of concern in several producing countries, due to its high potential for infestation, adaptation and resistance to insecticides (Diamides). Making the use of biological control methods based on the use of predators (Mirids), parasitoids (Trichogramma), entomopathogens and pheromone traps, important tools for the sustainable management of this pest. The study concludes that biological control methods may be important for an integrated management of pests in view of their resistance to insecticides. Making it essential to know the biology and behavior for better results in the management and monitoring of the tomato pinworm.

**Keywords:** Pest management; Chemical control; Gelechiidae; Solanaceae.

## Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta cosmopolita de gran importancia mundial y su cultivo está presente en varios países tropicales y subtropicales. Sin embargo, la presencia del minador del tomate [*Tuta absoluta* (Meyrick)] puede causar daños de hasta el 100% en los cultivos. Este insecto forma galerías en hojas, tallos, flores y frutos de la planta de tomate, durante todo el desarrollo fenológico. En los últimos años, esta plaga há causado muchas pérdidas en los cultivos de tomate debido a la selección de poblaciones resistentes a las diamidas, la principal molécula insecticida utilizada para el control del oxiuro del tomate. El objetivo de este trabajo fue combinar datos de múltiples estudios sobre *T. absoluta* para establecer, en el escenario actual, posibles soluciones y perspectivas para el manejo de esta plaga, utilizando Google Scholar como herramienta de búsqueda. El oxiuro del tomate es actualmente motivo de preocupación en varios países productores, debido a su alto potencial de infestación, adaptación y resistencia a insecticidas (Diamidas). Haciendo uso de métodos de control biológico basados en el uso de depredadores (míridos), parasitoides (*Trichogramma*), entomopatógenos y trampas de feromonas, herramientas importantes para el manejo sustentable de esta plaga. El estudio concluye que los métodos de control biológico pueden ser importantes para un manejo integrado de los pliegues en vista de su resistencia a los insecticidas. Por lo que es fundamental conocer la biología y el comportamiento para obtener mejores resultados en el manejo y seguimiento de la oxiuro del tomate.

**Palabras clave:** Manejo de plagas; Control químico; Gelechiidae; Solanáceas.

## 1. Introdução

Em todo mundo a produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) alcança cerca de 180 milhões de toneladas numa área de 5 milhões de hectares, sendo a Ásia responsável por 61,1% da produção mundial, onde a China e a Índia são os dois maiores produtores mundiais. Nas Américas é produzido 14% do montante, sendo os EUA seu maior produtor ocupando o quarto lugar a nível mundial com 12,4 milhões de toneladas e o Brasil entra como décimo maior produtor mundial, tendo produção total de 4,1 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2019).

A atividade é de alto custo, exigindo grande demanda de insumos desde o plantio até a colheita e também é descrita como de alto risco devido à grande ocorrência de insetos-praga e doenças (Loos et al., 2008; Grecco et al., 2016). A atividade demanda grande uso de produtos fitossanitários, que elevam seus custos de produção no Brasil, onde cerca de 32% do custo médio é devido ao consumo desses produtos (CONAB, 2019).

A traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), é a principal praga que acomete a cultura, elevando os níveis de alerta para a ocorrência desta praga mundialmente, pela sua ampla ocorrência e adaptação às condições climáticas (Santana et al., 2018). A perda de produção proporcionada pela praga pode causar prejuízos de até 100%, na falta de um controle efetivo nos cultivos (Biondi et al., 2018).

A traça-do-tomateiro foi relatada pela primeira vez na América do Sul e, atualmente, há relatos de surtos ameaçando a produção do tomateiro na Europa, África, Ásia e América (Campos et al., 2020). O controle químico é a principal ferramenta empregada para o controle de *T. absoluta* mesmo perdendo sua eficiência, por demandar, durante um ciclo de cultivo, várias aplicações semanais de inseticidas visando o controle do inseto (Guedes et al., 2019). Frente a dependência do controle químico, podemos observar efeitos colaterais como seleção de populações de *T. absoluta* resistentes a inseticidas e redução de populações benéficas como inimigos naturais, essenciais para o manejo integrado de pragas (MIP) (Roditakis et al., 2018; Campos et al., 2019; Guedes et al., 2019). Além disso, a traça-do-tomateiro é uma praga ressurgente, que após o início da utilização das diamidas, houve um controle efetivo da mesma, o que perdurou por mais de 10 anos. No entanto, desde 2016 tem sido relatado casos de seleção de populações resistentes a este princípio ativo, havendo uma ressurgência da praga (Bassi, et al, 2016).

O MIP compreende o uso de diferentes táticas de controle (e.g. biológico, cultural, físico, comportamental e químico), visando um manejo mais sustentável e mitigando a dependência do controle químico (Hogea, 2020). Devido ao grande desafio para o controle de *T. absoluta* na tomaticultura atual, vários estudos vêm abordando diferentes métodos de controle, pois há uma redução da eficiência das principais moléculas, principalmente as diamidas, que até então era o princípio ativo mais utilizado. Havendo, portanto, a necessidade de investigar a integração de métodos eficazes de controle relatados na literatura, possibilitando

avanços para o manejo da praga. Com isso, o objetivo deste trabalho foi combinar dados de múltiplos estudos sobre *T. absoluta* a fim de estabelecer possíveis soluções e perspectivas para o manejo da praga, no panorama atual.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Fontes de dados e triagens de artigos

No contexto de identificar pesquisas atuais sobre o manejo da *T. absoluta*, foi realizada busca manual no *Google Scholar*, que acessa uma ampla base de dados para reunir artigos recentes a respeito do manejo desta praga, os desafios no controle e as perspectivas futuras para contribuir com a viabilidade técnica da tomaticultura.

A busca de artigos foi preferencialmente por materiais publicados em revistas indexadas e acessados na íntegra, utilizando combinações de palavras chaves para direcionar a pesquisa. Desconsiderando resenhas, anais de conferências e capítulos de livros, por facilitar o acesso a conteúdo atualizado. Considerando para inclusão no estudo, os critérios determinantes: 1) Estudos de revisão sobre *T. absoluta*; 2) Estudos da biologia e taxonomia do inseto; 3) Estudos de dispersão geográfica do inseto; 3) Estudos de controle com diamidas e resistência em *T. absoluta*; 4) Estudos utilizando o controle biológico (parasitóides, predadores e entomopatógenos) no manejo de *T. absoluta*; e 5) Estudos comportamentais (feromônio) de *T. absoluta*. Foram recuperados um conjunto de trinta e três (33) publicações que atenderam aos critérios estabelecidos e foram incluídas no material as citações de todos os dados extraídos para compor este trabalho. Foram utilizados preferencialmente artigos publicados em inglês.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Biologia de *Tuta absoluta*

A *T. absoluta* é um inseto que pertence à família Gelechiidae da ordem Lepidoptera, tendo seu centro de origem no Peru e, que atualmente se encontra amplamente difundida por todo o continente da América do Sul. Recentemente, também foi relatada na Ásia, África e Europa (Gebremariam, 2015; Campos, 2019).

O ciclo de vida, deste inseto-praga passa por quatro fases em seu desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto e tem uma duração que varia entre 24 a 76 dias, dependendo das condições ambientais. Em temperaturas mais baixas, entre 15 a 20 °C o número de ovos é reduzido, sendo sua temperatura ótima de desenvolvimento por volta de 30 °C (Gebremariam, 2015; Biondi et al., 2019).

Os ovos apresentam coloração amarela nas primeiras horas, mudando gradualmente para uma coloração marrom com o desenvolvimento do embrião. O período de incubação dos ovos pode durar até sete dias variando conforme a temperatura e podem ser encontrados em várias partes da planta, mas preferencialmente na parte inferior das folhas que oferece proteção tanto do ambiente quanto aos inseticidas (Desneux et al., 2010; Hoge, 2020).

As lagartas recém eclodidas apresentam coloração verde pálida, durante o segundo e o terceiro ínstar são verdes, passando a apresentar coloração verde e roxa no quarto ínstar, com aproximadamente 10 milímetros de comprimento. Após a emergência, as lagartas penetram nos tecidos, se alimentando do mesófilo foliar, a formação de galerias nas folhas é o principal dano observado. Além disso, as larvas também podem atacar outros órgãos da planta como o caule, brotações e frutos (Desneux et al., 2010; Biondi et al., 2018).

A fase de pupa normalmente ocorre no solo onde ficam protegidas de inseticidas, mas também pode ser observada nas plantas. Este processo se inicia após as larvas formarem um casulo fino de seda ainda na planta (fase de pré-pupa), para posteriormente caírem da planta e formar a pupa no solo (Biondi et al., 2018). A pupa apresenta formato cilíndrico e tem comprimento de mais ou menos seis milímetros, com coloração verde claro quando jovem, e marrom quando próximo a emergência do adulto, este processo dura de sete a nove dias (Desneux et al., 2010; Hoge, 2020).

O adulto é microlepidóptero que mede cerca de 5 mm de comprimento e 9 mm de envergadura com coloração acinzentada e abdômen marrom. O tempo médio de vida do adulto varia de 25 a 75 dias (Biondi et al., 2018; Hoge, 2020), sendo influenciado principalmente pela temperatura e disponibilidade de carboidrato para alimentação. O acasalamento ocorre de forma mais intensa nas primeiras horas de emergência, a fêmea emite um feromônio, facilitando a localização, e cada fêmea pode ovipositar, em média até 260 ovos (Gebremariam, 2015; Biondi et al., 2018).

A *T. absoluta* tem como hospedeiro, preferencialmente o tomateiro, no entanto, podem se alimentar de outras plantas da família das solanáceas como por exemplo: berinjela (*Solanum melongena* L.), batata (*Solanum tuberosum* L.), pimentão (*Capsicum* spp.), melão andino (*Solanum muricatum* Aiton), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), pimenta (*Capsicum annum* L.) e de outra família (Fabaceae) como no caso do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). A traça-do-tomateiro pode ocorrer também em plantas espontânea, o que beneficia a permanência e ressurgência da praga no local de cultivo (Gebremariam, 2015; Cherif et al., 2018).

### 3.2 Ambiente e população de *Tuta absoluta*

O clima pode influenciar os níveis populacionais de *T. absoluta* a qual é uma espécie recorrente que não apresenta diapausa (dormência) em condições adversas (Bacci et al., 2019). A faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento deste inseto é cerca de 30 °C, já em temperaturas superiores a 34 °C ou inferiores a 14 °C seu desenvolvimento é limitado (Martins et al., 2016). Desta forma, o aumento populacional ocorre em condições de seca (baixa umidade e alta temperatura), no entanto, em condições de alta precipitação, umidade e temperaturas mais baixas, os níveis populacionais tendem a reduzir, mesmo em casa de vegetação (Bacci et al., 2019; Krechemer & Foerster, 2019).

As variáveis climáticas como temperatura, chuva e vento são os principais fatores que afetam negativamente a multiplicação e sobrevivência da praga em condições de campo, afetando a mortalidade das fases de ovo e adulto e, conseqüentemente, reduzindo os danos à cultura (Bacci et al., 2021). Compreender esse comportamento da praga em relação ao ambiente pode ser uma importante ferramenta no manejo deste inseto, visto que o nível populacional se eleva em relação ao aumento de temperatura (Cocco et al., 2015; Martins et al., 2016).

### 3.3 Danos causados por *Tuta absoluta* no tomateiro

Os danos causados pela alimentação das larvas de *T. absoluta* no tomateiro estão presentes em todo o ciclo fenológico da planta, podendo ser observados desde a fase de mudas até a fase final, além de sobreviver em restos de cultura.

O principal alvo são as folhas com a formação de minas irregulares no mesófilo foliar que facilita a entrada de patógenos (Huat et al., 2013). Este dano provoca redução da área fotossintética, perdendo capacidade produtiva (80 a 100%) formando frutos menores. Os danos podem afetar flores e frutos dependendo do nível populacional desta praga. O controle da traça-do-tomateiro implica no aumento dos custos de produção, em cultivos comerciais são realizadas inúmeras pulverizações de inseticidas buscando a redução populacional da praga (Desneux et al., 2010; Gebremariam, 2015; Biondi et al., 2018).

Para minimizar as perdas é importante ter parâmetros a respeito dos níveis de ação, evitando que os danos atinjam o nível de dano econômico (NDE) para *T. absoluta*. Desta forma, foram observados em experimentos de campo e estufa o comportamento desta praga e sua influência nos níveis de produção. Determinado o NDE a partir do número de indivíduos amostrados por planta, sendo estes de 2 e 4 larvas/planta em ambiente protegido e campo, respectivamente. Além disso, estes estudos também apontam uma redução de 80% na produção e na qualidade dos frutos causando a depreciação dos frutos de acordo com o nível populacional amostrado na área produtiva (Tadele & Eman, 2018; Ghaderi et al., 2019).

## 4. Tipos de controle de *Tuta absoluta*

### 4.1 Controle químico

O método de maior importância no controle de *T. absoluta* na América do Sul é o controle químico (Desneux et al., 2010), apesar da existência de outros métodos de manejo. No início da infestação o controle químico é uma importante ferramenta frente ao potencial destrutivo apresentado pela *T. absoluta* principalmente em cultivos de tomate. Este inseto-praga desafia a eficácia de diferentes inseticidas químicos, por apresentar um alto nível de infestação, vários ciclos em um curto período de tempo, favorecendo uma rápida seleção de populações resistentes (Gebremariam, 2015; Biondi et al., 2018).

O controle químico possui algumas desvantagens, ocasionadas principalmente pelo mau uso desta tecnologia, podendo-se citar a eliminação de inimigos naturais (predadores e parasitóides), presença de resíduos nos frutos de tomate e a rápida seleção de população resistente (Hogea, 2020). Na América do Sul, há relatos de resistência e perda de eficiência a diferentes princípios ativos importantes (Piretroides, organofosforados e abamectina) para o controle de *T. absoluta*, nas décadas 80 a 90. A partir de então, houve a entrada de novos princípios ativos como as diamidas que garantiram o controle da traça-do-tomateiro por 10 anos. Atualmente no Brasil são observados diferentes níveis de resistência a diamidas, variando em 80% de mortalidade, gerando um alerta para o monitoramento dessas populações resistentes a esse princípio ativo (Desneux et al., 2010; Biondi et al., 2018; IRAC, 2021).

A classe das diamidas surge como uma importante ferramenta no controle de lepidópteros, com ação nos moduladores do receptor de rianodina (RyR), composto por Ciantraniliprole, Clorantraniliprole, Cyclaniliprole e Flubendiamida conforme registrado pelo Comitê de Ação de Resistência (IRAC, 2021). Atuando no canal de cálcio responsável pela contração muscular, sua ação esgota os receptores RyR acabando com reservas de cálcio, e provocando contração muscular, paralisia e morte do inseto. Porém, o amplo uso deste novo modo de ação (MOA), causou uma pressão de seleção para populações de insetos resistentes, devido a uma mutação que pode estar associada ao RyR como evidenciado para a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), também resistente a diamidas (Campos et al., 2015; Roditakis et al., 2015; Richardson et al., 2020).

Com o surgimento de resistência à diamidas em populações de *T. Absoluta*, registrados no Brasil (campo) e Itália (estufa), surge um alerta para a importância da tática de gerenciamento de resistência considerando a severidade da praga, importância da cultura e um montante comercial de 8% representado por diamidas no mercado mundial (Roditakis et al., 2015; Silva et al., 2016). Esse fenômeno da resistência gera preocupação aos maiores produtores mundiais, somado a expansão geográfica em direção ao EUA, maior produtor da América e em direção à China maior produtor mundial, que adota medidas de controle baseadas no monitoramento de regiões chave por meio de armadilhas de feromônio (Biondi et al., 2018).

Todas as ferramentas de controle devem ser empregadas na contenção da seleção de populações resistentes a diamidas e outros princípios ativos na tentativa de reduzir a atual dependência de indoxacarbe (grupo químico) e espinosade (Espinósina), moléculas que ainda apresentam eficiência de controle acima de 80% para traça-do-tomateiro. Por meio da implementação de estratégias de biocontrole, fortalecendo as práticas de MIP aliada a rotação de princípios ativos, garantindo a duração prolongada de novas moléculas por meio do monitoramento de resistência (Tabela 1). Além disso, o manejo de resistência deve considerar a não exposição de gerações futuras do inseto ao mesmo modo de ação (Silva et al., 2016; Roditakis et al., 2015; Biondi et al., 2018; Guedes et al., 2019).

**Tabela 1** - Produtos registrados no Agrofit para o controle de *Tuta absoluta* em tomateiro 2021.

Produto	Ingrediente Ativo (Grupo Químico)	Formulação	CT	CA
<b>Inseticidas Químicos (Diamidas)</b>				
Avatar	Indoxacarbe (Oxadiazina)	EC	4	III
Belt	Flubendiamida (Diamida do ácido ftálico)	SC	Não	III
Delegate	Espinetoram (Espinósinas)	WG	5	II
Laijin	Flubendiamida (Diamida do ácido ftálico)	SC	5	III
Nomolt 150	Teflubenzurom (Benzoiluréia)	SC	Não	II
Prêmio	Plorantraniliprole (Antranilamida)	SC	Não	II
Takumi	Flubendiamida (Diamida do ácido ftálico)	SC	5	III
Tracer	Espinosade (Espinósinas)	SC	Não	III
Verismo	Metaflimizona (Semicarbazone)	SC	5	III
<b>Biológicos (Entomopatógeno)</b>				
Able	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Kurstaki; EG 2348)	SC	5	IV
Agree	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Aizawai; GC 91)	WP	5	IV
Dipel	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Kurstaki; HD-1)	SC	Não	IV
Dipel ES-NT	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Kurstaki; HD-1)	SC	4	IV
Thuricide	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Kurstaki; HD-1)	SC	5	IV
Xentari	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Aizawai; GC-91)	WG	5	III
Meta-Turbo	<i>Metarhizium anisopliae</i> (Isolado IBCB 425)	SC	5	IV
<b>Biológicos (Parasitoide)</b>				
Hunter	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	Não	IV
Pretiobug	<i>Trichogramma pretiosum</i>	XX - Outras	Não	IV
PretioIN	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	Não	IV
TrichoAgri	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	*	IV
<i>Trichobiogramma</i>	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	Não	IV
Trichobio-P	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	Não	IV
<i>T. pretiosum</i> AMIPA	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	*	IV
Trichomip-P	<i>Trichogramma pretiosum</i>	XX - Outras	*	IV
Trichosul	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	Não	IV
Tricho-Vit	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	*	IV
Trilag	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Insetos Vivos	*	IV

Formulação do produto: Suspensão Concentrada (SC), Pó Molhável (WP), Grânulos Dispersíveis em Água (WG); Concentrado Emulsionável (EC). Classificação toxicológica e ambiental do produto: Produto não classificado (Não), produto não determinado devido à natureza (\*). Classificação Toxicológica (CT), Classificação Ambiental (CA.). Fonte: Agrofit (2021).

#### 4.2 Controle Biológico aliado ao manejo de *Tuta absoluta*

O controle biológico é uma importante ferramenta para o controle de *T. absoluta* e pode acontecer por meio do uso de macro e microbiológicos. Na América do Sul é comum o uso de parasitoides de ovos, por meio de liberações de *Trichogramma* spp., mas esse controle também pode ser feito por espécies predadoras de ovos e larvas (Desneux et al., 2010). Outra importante ferramenta é o uso de inseticidas microbiológicos a base de entomopatógenos como *Beauveria bassiana* e *Bacillus thuringiensis*, que entregam bons resultados, quando avaliada a redução de danos em cultivos (Gebremariam, 2015; Guedes et al., 2019). Pela semelhança com os inseticidas químicos no modo de aplicação, os microbiológicos têm maior aceitação entre os produtores, sendo um dos mercados mais promissores.

Este método é uma importante tática de controle, amplamente utilizada para reduzir os danos ao cultivo. Podendo compor um conjunto de medidas integradas associando o uso de armadilhas (feromônio e luminosa), uso de inimigos naturais (parasitoides e predadores), variedades resistentes e inseticidas químicos mais seletivos a inimigos naturais sempre alternando o princípio ativo conforme o recomendado (Biondi et al., 2018; Hogeia, 2020).

#### 4.3 Parasitóides

Na América do Sul, 12 espécies de parasitoides Hymenoptera pertencentes à família Trichogrammatidae foram associadas ao parasitismo de *T. absoluta* com destaque para o *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) registrado para uso comercial no controle de pragas como a *T. absoluta*, *P. xylostella*, *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), entre outras (Ferracini et al., 2019; Agrofit, 2021).

Na Europa a espécie de *Trichogramma achaeae* foi identificada em baixo parasitismo natural (2,5%), apresentando taxas de parasitismo em condições de estufa que variou entre 57% nas primeiras semanas à 100% considerando a redução na disponibilidade de ovos a serem parasitados (Oliveira et al., 2017). Em teste de laboratório duas espécies de parasitoides foram indicadas como promissoras no controle de *T. absoluta* devido a taxas máximas de parasitismo observada em um período de 24 horas, onde *T. achaeae* e *T. pretiosum* parasitam, 16 e 13 ovos respectivamente (Manohar et al., 2019).

No Brasil, *T. pretiosum* é usado para o controle de *T. absoluta* em uma área de 1.500 ha de tomate, e possui registro comercial para pragas de ocorrência em diversas culturas, contando atualmente com 11 produtos registrados. Os índices de fecundidade e razão sexual para *T. pretiosum* foram avaliados como bons indicadores do desempenho em campo (Coelho Jr. et al., 2016; Parra & Coelho Jr., 2019; Agrofit, 2021). Dada à importância desses parasitoides no controle de *T. absoluta* foram relatadas na Tabela 2, as espécies presentes na América do Sul relacionadas ao parasitismo desta praga (Ferracini et al., 2019).

**Tabela 2** – Parasitoides (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associados a *Tuta absoluta* relatados na América do Sul.

Espécie parasitoide de ovos	Status de avaliação
<i>Trichogramma</i> sp. Westwood	RT
<i>Trichogramma dendrolimi</i> Matsumura	RT
<i>Trichogramma euproctidis</i> (Girault)	RT/L/SC
<i>Trichogramma exiguum</i> (Girault)	RT
<i>Trichogramma fasciatum</i> (Perkins)	RT
<i>Trichogramma lopezandinensis</i> Sarmiento	RT
<i>Trichogramma minutum</i> Riley	RT
<i>Trichogramma nerudai</i> Pintureau & Gerding	RT/L/C
<i>Trichogramma pinto</i> Voegelé	RT
<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley	RT/L
<i>Trichogramma rojasi</i> Nagaraja & Nagarkatti	RT
<i>Trichogrammatoidea bactrae</i> Nagaraja	RT/SC

RT: Registrada associada a *Tuta absoluta*; L: Testadas em condições de laboratório; SC: Testadas em condições de semi-campo; C: Testadas em condições de campo. Fonte: Ferracini et al. (2019).

#### 4.4 Predadores

Estudos recentes que avaliam a ocorrência de *T. absoluta* nos territórios invadidos e de origem desta praga, destacam populações de predadores pertencentes à ordem Hemiptera e família Miridae com cinco espécies (Tabela 3), classificadas como inimigos naturais eficientes no controle do inseto-praga na América do Sul (Ferracini et al., 2019).

**Tabela 3** – Predadores (Hemiptera: Miridae) associados a *Tuta absoluta* relatados na América do sul.

Espécie	Estágio alvo	Status de avaliação
<i>Annona bimaculata</i> (Distant)	Ovos/larvas iniciais	RT/SC
<i>Campyloneuropsis infumatus</i> (Carvalho)	Ovos/larvas	L/SC
<i>Engytatus varians</i> (Distant)	Ovos/larvas	L/SC
<i>Hyaliodocoris insignis</i> (Stål)	Ovos/larvas iniciais	RT/SC
<i>Macrolophus basicornis</i> (Stål)	Ovos/larvas	L/SC
<i>Tupiocoris cucurbitaceus</i> (Spinola)	Ovos	RT

RT: Registrada associada a *Tuta absoluta*; L: Testadas em condições de laboratório; SC: Testadas em condições de semi-campo; C: Testadas em condições de campo. Fonte: Ferracini et al. (2019).

Às áreas de cultivo invadidas na Europa, obtiveram bons resultados no controle, usando a liberação de mirídeos *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) e *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). Essas liberações de predadores ocorreram tanto na forma inundativa quanto inoculativa em campos e estufas de tomate (Biondi et al., 2018; Hogeia, 2020). É importante ressaltar que *N. tenuis* possui comportamento alimentar onívoro, podendo ocasionar danos à planta, na falta de uma presa alternativa dificultando seu uso no controle biológico (Biondi et al., 2015).

Considerando os bons resultados obtidos na Europa com liberação de mirídeos e a dificuldade para importação dos agentes de controle biológico exóticos, foram avaliadas três espécies de mirídeos nativos do Brasil, o *Campyloneuropsis infumatus*, *Engytatus varians* e *Macrolophus basicornis*. Entre estas espécies foi observada uma relação positiva, reduzindo em 75% para fêmeas e 25% para machos emergidos dos ovos de *T. absoluta*. No caso destas espécies de mirídeos os danos em mudas e frutos mesmo em alta densidade populacional destes agentes de controle não foram observados (Silva et al., 2016; Van Lenteren et al., 2018).

Em outro experimento foi avaliado o consumo de ovos por mirídeos adultos, onde foi observado um maior consumo de ovos por fêmeas, apontando *M. basicornis* mais eficaz em relação a *C. infumatus* (Van Lenteren et al., 2018). Esses dados indicam as espécies avaliadas como candidatas promissoras a serem empregadas no controle biológico de *T. absoluta* (Silva et al., 2016), merecendo mais estudos regionais (Campos et al., 2015; Ferracini et al., 2019).

#### 4.5 Microbiológico - Entomopatógenos

O uso de inseticidas microbiológicos, como a aplicação de produtos formulados a partir de *B. thuringiensis*, predomina como os principais produtos de controle biológico utilizados. Devido ao seu modo de uso, semelhante aos métodos de aplicação do controle químico, facilita a aceitação dos produtores. O emprego de inseticidas microbiológicos é, atualmente, responsável pelo manejo de milhões de hectares tratados com estes produtos e principalmente em cultivos orgânicos (Parra & Coelho Jr., 2019; Guedes et al., 2019;). Atualmente, seis produtos registrados à base de *B. thuringiensis* (bactéria) e um à base do fungo *Metarhizium anisopliae* (isolado IBCB 425), para o controle de *T. absoluta* associado aos cultivos de tomate. No Brasil é relatado o uso de duas variedades de *B. thuringiensis* var. *aizawai* na cepa GC-91 e *kurstaki* cepas EG-2348 e HD-1), ambas com modo de ação no intestino médio dos insetos (IRAC, 2021; Agrofitec, 2021).

A capacidade de *T. absoluta* desenvolver alteração no local alvo das proteínas Cry de *B. thuringiensis* em populações deste inseto-praga foram observadas, indicando que o produto formulado com a *Bt.* var. *kurstaki* (HD-1) induziu uma maior modificação na histofisiologia do intestino da larva, em relação ao *Bt.* var. *aizawai* (ATTC SD-1372), principalmente em população mais suscetível, onde foi observado a hipertrofia de células colunares e a presença de grânulos densos no lúmen influenciando o desequilíbrio iônico que ocorre de forma mais eficaz alterando o conteúdo glicogênio que é importante para a

ligação das diferentes composições das toxinas Cry *Bt.* com seus receptores (Oliveira et al., 2018; Kumar et al., 2020; IRAC, 2021).

Em estudo realizado em laboratório, a mortalidade de *T. absoluta* foi superior usando *B. thuringiensis*, apontando um melhor desempenho quanto ao uso combinado com *B. bassiana*, indicando esta combinação como uma possível alternativa no controle da praga em uma concentração de 0,15% a 0,2% para resultados de mortalidade entre 78% e 90% da praga, oferecendo menor risco de contaminação ao meio ambiente (Tsoulnara & Port, 2016; Illakwahhi e Srivastava, 2017).

#### **4.6 Controle comportamental**

As armadilhas de feromônio do tipo delta (amarelas) podem ser importantes aliadas no monitoramento e detecção precoce de *T. absoluta* em áreas de cultivo, não apresentando perda de eficiência para detectar a presença da praga em relação a diferentes tipos de ambientes (Machekano et al., 2018).

O monitoramento por meio dessas armadilhas contribui de forma positiva para detectar a ocorrência da praga e estabelecer o momento de controle por meio de inseticidas químicos ou controle biológico, sendo também um medidor da dinâmica populacional durante o cultivo (Hogea, 2020). Este método se baseia no uso de armadilhas que atraem os machos, simulando um sinal (feromônio) liberado pelas fêmeas no período de acasalamento (Gebremariam et al., 2015).

A China adota medidas de controle baseadas no monitoramento de suas fronteiras por meio de armadilhas de feromônio dada a severidade dos danos que podem ocorrer em um eventual surto de *T. absoluta* no país. Em 2014, o Departamento de Invasões Biológicas (DBI), responsável por monitorar essas áreas de risco, realizou amostragens nos cultivos de tomate além de pontos específicos de fronteira com países já invadidos (Biondi et al., 2018).

### **5. Panorama Atual do Manejo da Praga**

A disseminação de *T. absoluta* por diversos continentes é uma realidade, tornando-se uma praga de grande importância global. Essa espécie é uma ameaça aos principais países produtores de tomate, sendo seu monitoramento muito importante para evitar a invasão em novas áreas, o que pode resultar no abandono dessa atividade produtiva. O controle químico pode não apresentar bons resultados, devido a rápida seleção de populações resistentes de *T. absoluta* no mundo. Portanto, é necessário destacar o uso correto de inseticidas aplicados no controle da praga, a fim de assegurar a eficiência das moléculas por maior período de tempo, evitando a perda da tecnologia, por meio da rotação de princípios ativos (Desneux et al., 2010; Biondi et al., 2019).

Nos casos de populações resistentes à diamidas ou invasão desta praga, o uso do controle biológico com predadores ou parasitoides, pode ser a melhor alternativa para o controle da praga (Biondi et al., 2015; Van Lenteren et al., 2018). O uso de estratégias de MIP auxilia tanto no manejo eficiente como na redução da pressão de seleção sobre a praga. Sendo uma importante ferramenta para o manejo de qualquer praga, especialmente aquelas de difícil controle.

### **6. Perspectivas futuras e considerações finais**

Com a dependência de inseticidas químicos na cultura do tomate, a resistência de *T. absoluta* a grupos químicos é uma realidade, tornando o uso de métodos mais sustentáveis como o controle biológico uma importante alternativa no manejo de pragas, principalmente o uso de inseticidas contendo *B. thuringiensis* por sua aplicação similar aos inseticidas químicos que oferece menor dano ambiental.

O uso de parasitoides possui um amplo uso comercial, por atender grandes culturas como soja e milho, embora haja necessidade de uma maior difusão do uso desses inimigos naturais nos cultivos de hortaliças. Porém, o número de empresas que comercializam esses produtos é pequeno e sua aquisição deve ser planejada com antecedência, devido a produção e oferta do

produto. Outro ponto a se destacar é a distância da biofábrica e local de uso, o que limita a procura por parte do produtor. Por se tratar de organismos vivos estas biofábricas devem estar mais próximas dos polos agrícolas, havendo clara necessidade de expansão, mediante o aumento da aceitação dessa forma de controle por parte dos produtores.

Por outro lado, os mirídeos (predadores) são potenciais candidatos ao uso comercial, para o controle de *T. absoluta* na América do Sul, considerando sua relação predatória com esta praga, podendo resultar em novos produtos para o controle da traça do tomateiro, assim como ocorre na Europa. Há necessidade de mais estudos que avaliem o potencial de controle dessas espécies em plantios comerciais de tomateiro no Brasil.

Atualmente, o emprego de armadilhas com feromônio para detectar a presença da praga é um importante aliado e fonte auxiliar de informação nos cultivos de tomate. Essas armadilhas são empregadas no monitoramento da expansão de populações resistentes em programas de manejo da resistência, ou utilizadas no controle por capturas em massa de insetos adultos, embora esse método ainda não esteja bem estabelecido em relação a infestação e redução de danos, indicando necessidade mais estudos.

Portanto se torna importante a ampliação da área protegida por métodos de controle biológico seja tanto em sua forma individual quanto conjunta compondo um manejo integrado de pragas (MIP) mais forte visando uma produção sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente, para garantir uma alimentação mais saudável aos consumidores. Além disso, a adoção de táticas de MIP reduz a pressão de seleção sobre populações de *T. absoluta*, auxiliando na manutenção da eficiência de moléculas inseticidas. O uso de parasitoides de ovos auxilia ainda na redução dos danos ocasionados pela praga, uma vez que não há a emergência das larvas evitando o consumo das folhas, flores e frutos.

## Agradecimentos

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), pela oportunidade de realizar esse trabalho, ao Dr. Santino Seabra Júnior e à Dra. Franciely da Silva Ponce, pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho.

## Referências

- AGROFIT – Sistema de Agrotóxico Fitossanitário (2021). <https://agrofit.agricultura.gov.br/>
- Bacci, L., Silva, É. M., Martins, J. C., Soares, M. A., Campos, M. R., & Picanço, M. C. (2019). Seasonal variation in natural mortality factors of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in open-field tomato cultivation. *Journal of Applied Entomology*, 143(1-2), 21-33. <https://doi.org/10.1111/jen.12567>
- Bacci, L., Silva, É. M., Martins, J. C., Silva, R. S., Chediak, M., Milagres, C. C., & Picanço, M. C. (2021). The seasonal dynamic of *Tuta absoluta* in *Solanum lycopersicon* cultivation: contributions of climate, plant phenology, and insecticide spraying. *Pest Management Science*, 77(7): 3187-3197. <https://doi.org/10.1002/ps.6356>
- Bassi, A., Roditakis, E., & Flier, W. G. (2016). The first cases of diamide-resistant *Tuta absoluta* (Meyrick) and the alternation of the insecticide modes of action as a key IPM practice for sustainable control. *The first cases of diamide-resistant Tuta absoluta (Meyrick) and the alternation of the insecticide modes of action as a key IPM practice for sustainable control.*, 119, 13-20.
- Biondi, A., Zappalà, L., Di Mauro, A., Tropea Garzia, G., Russo, A., Desneux, N., & Siscaro, G. (2015). Can alternative host plant and prey affect phytophagy and biological control by the zoophytophagous mirid *Nesidiocoris tenuis*? *BioControl*, 61(1): 79-90. <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9700-5>
- Biondi, A., Guedes, R. N. C., Wan, F.-H., & Desneux, N. (2018). Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, present, and future. *Annual Review of Entomology*, 63(1): 239-258. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-034933>
- Campos, M. R., Silva, T. B., Silva, W. M., Silva, J. E., & Siqueira, H. A. (2015). Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Brazilian populations to ryanodine receptor modulators. *Pest Management Science*, 71(4): 537-544. <https://doi.org/10.1002/ps.3835>
- Campos, M. R., Monticelli, L. S., Béarez, P., Amiens-Desneux, E., Wang, Y., Lavoit, A.-V., Zappalà, L., Biondi, A., & Desneux, N. (2020). Impact of a shared sugar food source on biological control of *Tuta absoluta* by the parasitoid *Necremnus tuta*. *Journal of Pest Science*, 93(1): 207-218. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01167-9>
- Cocco, A., Deliperi, S., Lentini, A., Mannu, R., & Delrio, G. (2015). Seasonal phenology of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open-field crops under Mediterranean climatic conditions. *Phytoparasitica*, 43(5): 713-724. <https://doi.org/10.1007/s12600-015-0486-x>
- Coelho Jr., A., Rugman-Jones, P. F., Reigada, C., Stouthamer, R., & Parra, J. R. P. (2016). Laboratory performance predicts the success of field releases in inbred lines of the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Plos One*, 11(1): e0146153. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146153>

- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (2019). *Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. Compêndio de estudos Conab*. 21. <http://www.conab.gov.br> (Acesso em: 03/10/2019).
- Cherif, A., Mansour, R., Attia-Barhoumi, S., Zappalà, L., & Grissa-Lebdi, K. (2018). Effectiveness of different release rates of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open field tomato crops in Tunisia. *Biocontrol Science and Technology*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1542485>
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C. A., González-Cabrera, J., Catalán Ruescas, D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T., & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83(3), 197-215. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (2019). *Harvested area, yield and production in the main tomato producing countries*. <http://faostat.fao.org/> (Acesso em: 10/10/2019).
- Ferracini, C., Bueno, V. H. P., Dindo, M. L., Ingegno, B. L., Luna, M. G., Salas Gervassio, N. G., Sánchez, N. E., Siscaro, G., van Lenteren, J. C., Zappalà, L., & Tavella, L. (2019). Natural enemies of *Tuta absoluta* in the Mediterranean basin, Europe and South America. *Biocontrol Science and Technology*, 29(6), 578-609. <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1572711>
- Gebremariam, G. (2015). *Tuta absoluta*: A global looming challenge in tomato production, review paper. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(14): 57-62.
- Ghaderi, S., Fathipour, Y., Asgari, S., & Reddy, G. V. P. (2019). Economic injury level and crop loss assessment for *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different tomato cultivars. *Journal of Applied Entomology*, 143(5): 493-507. <https://doi.org/10.1111/jen.12628>
- Grecco, E. D., Pratisoli, D., Zago, H. B., Fragoso, D. F. M., & Carvalho, J. R. (2016). Management of insect vectors of viruses in tomato plants using different densities of yellow traps. *Journal of Life Sciences*, 10(4): 185-191. <https://doi.org/10.17265/1934-7391/2016.04.003>
- Guedes, R. N. C., Ruditakis, E., Campos, M. R., Haddi, K., Bielza, P., Siqueira, H. A. A., Tsagkarakou, A., Vontas, J., & Nauen, R. (2019). Insecticide resistance in the tomato pinworm *Tuta absoluta*: patterns, spread, mechanisms, management and outlook. *Journal of Pest Science*, 92(4): 1329-1342. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01086-9>
- Hogea, S. Ş. (2020). *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) – Biology, Ecology, prevention and control measures and means in greenhouse tomato crops: a review. *Current Trends in Natural Sciences*, 9(17): 222-231. <https://doi.org/10.47068/ctns.2020.v9i17.028>
- Huat, J., Doré, T., & Aubry, C. (2013). Limiting factors for yields of field tomatoes grown by smallholders in tropical regions. *Crop Protection*, 4: 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.11.003>
- Illakkwahhi, D. T., & Srivasta B. B. L. (2017). Control and management of tomato leafminer-*Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera, Gelechiidae). A review. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, 10(6): 14-22.
- IRAC – Insecticide Resistance Action Committee (2021). *Situação da suscetibilidade de Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) a inseticidas no Brasil na safra 2018/2019*. <https://www.irc-br.org/> (Acesso em 15/10/2021).
- Krechemer, F. S., & Foerster, L. A. (2019). Influence of biotic and abiotic factors on the population fluctuation of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in an organic tomato farming. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(1): 199-208. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00070-1>
- Kumar, J. S., Jayaraj, J., Shanthi, M., Theradimani, M., Venkatasamy, B., Irulandi, S., & Prabhu, S. (2020). Potential of standard strains of *Bacillus thuringiensis* against the tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 123. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00326-w>
- Loos, R. A., Silva, D. J. H., Fontes, P. C. R., & Picanço, M. C. (2008). Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção do tomateiro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 26(2): 281-286. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000200031>
- Machekano, H., Mutamiswa, R., & Nyamukondiwa, C. (2018). Evidence of rapid spread and establishment of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in semi-arid Botswana. *Agriculture & Food Security*, 7(1): 48. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0201-5>
- Manohar, T. N., Sharma, P. L., Verma, S. C., Sharma, K. C., & Chandel, R. S. (2019). Functional response of indigenous *Trichogramma* spp. to invasive tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) under laboratory conditions. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(1): 101-107. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00057-y>
- Martins, J. C., Picanço, M. C., Bacci, L., Guedes, R. N. C., Santana, P. A., Ferreira, D. O., & Chediak, M. (2016). Life table determination of thermal requirements of the tomato borer *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science*, 89(4): 897-908.
- Oliveira, A. C., W.-T., V., Silva, C. T., Teixeira, Á. A., Siqueira, H. A., Cruz, G. S., Neto, C. J. C. L., Lima, A. L., & Correia, M. T. (2018). Labeling membrane receptors with lectins and evaluation of the midgut histochemistry of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) populations with different levels of susceptibility to formulated Bt. *Pest Management Science*, 74(11): 2608-2617. <https://doi.org/10.1002/ps.5051>
- Oliveira, L., Durão, A. C., Fontes, J., Roja, I. S., & Tavares, J. (2017). Potential of *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in biological control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Azorean greenhouse tomato crops. *Journal of Economic Entomology*, 110(5): 2010-2015. <https://doi.org/10.1093/jee/tox197>
- Parra, J. R. P., & Coelho Jr., A. (2019). Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. *Journal of Insect Science*, 19(2): páginas?. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>
- Richardson, E. B., Troczka, B. J., Gutbrod, O., Davies, T. G. E., & Nauen, R. (2020). Diamide resistance: 10 years of lessons from lepidopteran pests. *Journal of Pest Science*, 93(3): 911-928. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01220-y>

- Roditakis, E., Vasakis, E., Grispou, M., Stavrakaki, M., Nauen, R., Gravouil, M. & Bassi, A. (2015). First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. *Journal of Pest Science*, 88(1): 9-16. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0643-5>
- Roditakis, E., Vasakis, E., García-Vidal, L., del Rosario Martínez-Aguirre, M., Rison, J. L., Haxaire-Lutun, M. O., Nauen, R., Tsagkarakou, A., & Bielza, P. (2018). A four-year survey on insecticide resistance and likelihood of chemical control failure for tomato leaf miner *Tuta absoluta* in the European/Asian region. *Journal of Pest Science*, 91(1), 421-435. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0900-x>
- Santana, P. A., Kumar, L., Da Silva, R. S., & Picanço, M. C. (2018). Global geographic distribution of *Tuta absoluta* as affected by climate change. *Journal of Pest Science*, 92(4): 1373-1385. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1057-y>
- Silva, D. B., Bueno, V. H. P., Calvo, F. J., & van Lenteren, J. C. (2017). Do nymphs and adults of three Neotropical zoophytophagous mirids damage leaves and fruits of tomato? *Bulletin of Entomological Research*, 107(2): 200-207. <https://doi.org/10.1017/S0007485316000778>
- Silva, J. E., Assis, C. P. O., Ribeiro, L. M. S., & Siqueira, H. A. A. (2016). Field-Evolved Resistance and Cross-Resistance of Brazilian *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Populations to diamide insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 109(5): 2190-2195. <https://doi.org/10.1093/jee/tow161>
- Tadele, S., & Emanu, G. (2018). Determination of the economic threshold level of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant under glasshouse conditions. *Journal of Horticulture and Forestry*, 10(2): 9-16. <https://doi.org/10.5897/JHF2018.0522>
- Tsoulnara, D., & Port, G. (2017). Efficacy of a *Beauveria bassiana* strain, *Bacillus thuringiensis* and their combination against the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Entomologia Hellenica*, 25(2): 23. <https://doi.org/10.12681/eh.11548>
- Van Lenteren, J. C., Bueno, V. H. P., Calvo, F. J., Calixto, A. M., & Montes, F. C. (2018). Comparative effectiveness and injury to tomato plants of three Neotropical mirid predators of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 111(3): 1080-1086. <https://doi.org/10.1093/jee/toy057>