

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

JASMONATO DE METILA COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA À *Drosophila*  
*suzukii* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EM CULTIVO PROTEGIDO DE  
MORANGUEIRO

Aluno: Augusto Leal Meyer  
Engenheiro Agrônomo /UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Área de concentração Sanidade Vegetal

Porto alegre (RS), Brasil  
Março, 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Meyer, Augusto Leal  
JASMONATO DE METILA COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA À  
Drosophila suzukii (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EM CULTIVO  
PROTEGIDO DE MORANGUEIRO / Augusto Leal Meyer. --  
2020.  
65 f.  
Orientador: Josué Sant'Ana.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2020.

1. jasmonato de metila. 2. Drosophila suzukii. 3.  
defesa induzida. 4. morango. I. Sant'Ana, Josué,  
orient. II. Título.

# FOLHA DE HOMOLOGAÇÃO

Augusto Leal Meyer  
Engenheiro(a) Agrônomo(a) - UFRGS

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM FITOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em:09/03/2020  
Pela Banca Examinadora

NOME  
Josué Sant'Ana  
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

Regis Sivori Silva Dos Santos  
EMBRAPA Uva e Vinho

Andre Strassburger  
UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

Thais Fernanda Stella de  
Freitas  
UNIPAMPA

## AGRADECIMENTOS

A minha companheira de vida Catiane Souza, pelo apoio incondicional ao longo dessa jornada. Teu amor me encorajou a seguir em frente mesmo quando a vontade era jogar tudo pra cima. Te amo do tamanho de uma casca de noz.

A minha mestra Maria Clara Souza Meyer, pelo aprendizado constante. Sou muito grato pela tua chegada e por tudo que tu me fazes evoluir. Contigo eu sei que serei melhor a cada dia.

À quem mais está chegando, pela honra de ter sido escolhido para mais esse mergulho.

A minha família de origem e às famílias que me acolheram nesse processo, por terem me passado tudo o que tinham de melhor para passar.

Aos meus amigos de infância, Edgar Neto e Lucas Dornelles, que por mais distantes que estejamos, estaremos (nem) sempre juntos.

Ao meu orientador, Josué Sant'Ana, pela confiança e parceria ao longo desse processo.

Aos colegas da entomologia, pelas boas conversas na volta da cafeteira.

À UFRGS pelo ensino público de excelência

À CAPES pelo bolsa de fomento

# JASMONATO DE METILA COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA À *Drosophila suzukii* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EM CULTIVO PROTEGIDO DE MORANGUEIRO<sup>1</sup>

Autor: Augusto Leal Meyer

Orientador: Prof. Dr. Josué Sant'Ana

## RESUMO

*Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) é uma importante praga na cultura do morangueiro, sendo relevante o estudo de ferramentas para sua supressão, tais como as que ativam os mecanismos de defesas naturais com uso de fitormônios. Os objetivos desse estudo foram: a) avaliar a flutuação populacional de *D. suzukii* em uma estufa em arco com cultivo de morangueiros (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. San Andreas) em substrato e aspergidos com jasmonato de metila (JaMe); b) registrar, ao longo do tempo, a oviposição e a emergência de *D. suzukii* em morangos oriundos de plantas com aplicações sucessivas de JaMe, em diferentes concentrações e c) avaliar características físico-químicas de morangos oriundos de plantas com aplicações sucessivas de JaMe, em diferentes concentrações. Foram distribuídas na estufa 14 armadilhas com atrativo alimentar (vinagre de maçã e água destilada 1:1). Semanalmente os morangueiros foram aspergidos (20 ml) com uma das seguintes soluções aquosas: somente água destilada (H<sub>2</sub>O); Etanol a 1% (Et); 0,25 mM de jasmonato de metila e etanol 1% (JaMe 0,25); 0,5 mM de JaMe e etanol 1% (JaMe 0,50) e 1 mM de JaMe e etanol 1% (JaMe 1,00). Os frutos foram marcados e colhidos semanalmente para inspeção de ovos e adultos de *D. suzukii*. Ao final do experimento foi feita uma colheita para avaliar as características físico-químicas dos frutos provenientes das plantas submetidas aos diferentes tratamentos. As maiores capturas de *D. suzukii* ocorreram nas duas primeiras coletas antes da intervenção. O número médio de insetos capturados na terceira coleta (primeira após aplicação de JaMe na área) foi significativamente menor do que no das duas anteriores. A média total (cinco coletas) de ovos e a emergência de moscas em frutos oriundos de morangueiros aspergidos com JaMe 0,50 e JaMe 1,00 foi menor do que os registrados em H<sub>2</sub>O, o qual não diferenciou de Et, para ambos os fatores. Nas análises colorimétricas observou-se uma tonalidade de vermelho mais saturada para frutos provenientes do tratamento JaMe 0,50 em relação ao H<sub>2</sub>O e Et. Nas análises de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais, não foram observadas diferenças de frutos provenientes de morangueiros aspergidos com os diferentes tratamentos. No presente estudo foi demonstrado que a aplicação de JaMe a 0,50 e 1 mM ocasionou um menor número de ovos depositados nos frutos e de adultos emergidos dos mesmos. Desta forma, pode-se supor que a exploração das defesas naturais de morangueiros, por meio da ativação de rotas de metabolismo secundário com jasmonato de metila, pode ser uma alternativa para manejo de *D. suzukii* em ambiente protegido sem causar danos aos frutos.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (64f.) Março, 2020.

## METHYL JASMONATE AS A RESISTANCE INDUCTOR TO *Drosophila suzukii* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) IN GREENHOUSE STRAWBERRY<sup>2</sup>

Author: Augusto Leal Meyer

Adviser: Prof. Dr. Josué Sant'Ana

### ABSTRACT

*Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) is an important pest in strawberry cultivation, thus the study of tools for its suppression, such as those that activate the mechanisms of natural defenses using plant hormones, is relevant. The objectives of this study were: a) to evaluate the population fluctuation of *D. suzukii* in an arched roof greenhouse with strawberry cultivation (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv. San Andreas) in substrate and sprayed with methyl jasmonate (MeJa); b) register, over time, the oviposition and emergence of *D. suzukii* in strawberries from plants with successive MeJa applications, and c) evaluate physicochemical characteristics of strawberries from plants with successive MeJa applications, in different concentrations. 14 traps with attractive food (apple cider vinegar and distilled water 1: 1) were distributed in the greenhouse. The strawberries were sprayed weekly (20 ml) with one of the following aqueous solutions: only distilled water (H<sub>2</sub>O); 1% ethanol (Et); 0.25 mM methyl jasmonate and 1% ethanol (MeJa 0.25); 0.5 mM MeJa and 1% ethanol (MeJa 0.50) and 1 mM MeJa and 1% ethanol (MeJa 1.00). The fruits were marked and harvested weekly for inspection of *D. suzukii* eggs and adults. At the end of the experiment, a final harvest was made to evaluate the physicochemical characteristics of the fruits from the plants submitted to different treatments. The highest number of *D. suzukii* occurred in the first two collections before the intervention. The average number of insects captured in the third collection (first after applying MeJa in the area) was significantly lower than in the previous two. The total average (five collections) of eggs and the emergence of flies in fruits from strawberry sprinkled with MeJa 0.50 and MeJa 1.00 was lower than those recorded in H<sub>2</sub>O, which did not differ from Et, for both factors. In the colorimetric analyzes, a more saturated red tint was observed for fruits from the MeJa 0.50 treatment in relation to H<sub>2</sub>O and Et. In the pH analysis, total titratable acidity and total soluble solids, there were no differences in fruits from strawberries sprayed with the different treatments. In the present study, it was demonstrated that the application of MeJa at 0.50 and 1 mM caused a smaller number of eggs deposited on the fruits and adults that emerged from them. Thus, it can be presumed that the exploitation of the natural defenses of strawberries, through the activation of secondary metabolism routes with methyl jasmonate, can be an alternative for the management of *D. suzukii* in a protected environment without causing damage to the fruits.

---

<sup>2</sup> Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (64p.) Março, 2020

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Cultura do morangueiro.....	3
2.2 <i>Drosophila suzukii</i> .....	6
2.3 Defesa de plantas.....	10
3 REFERÊNCIAS.....	14
4 ARTIGO 1 – Jasmonato de metila como indutor de resistência à <i>Drosophila suzukii</i> (Diptera: Drosophilidae) em cultivo protegido de morangueiro.....	24
3.1 Resumo.....	26
3.2 Introdução.....	27
3.3 Material e métodos.....	29
3.4 Resultados.....	34
3.5 Discussão.....	36
3.6 Referências.....	43
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	54
6 APÊNDICES.....	55

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
ARTIGO 1	
1. Número médio ( $\pm$ EP) de ovos e de adultos emergidos de <i>Drosophila suzukii</i> em frutos oriundos de morangueiros ( <i>Fragraria x ananassa</i> Duch cv. San Andreas) cultivados em substrato sob uma estufa em arco (Nova Santa Rita, RS, Brasil), tratados ao longo de cinco semanas (7/10 à 4/11/19) com uma aspersão semanal e cumulativa com os seguintes tratamentos: T1) somente água destilada; T2) etanol (1 %); T3) 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); T4) 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e T5) 1 mM de JaMe e etanol (1%).....	53
2. Média das características físicoquímicas ( $\pm$ EP) de frutos oriundos de morangueiros ( <i>Fragraria x ananassa</i> Duch cv. San Andreas) cultivados em substrato sob uma estufa em arco (Nova Santa Rita, RS, Brasil), tratados ao longo de cinco semanas (7/10 à 4/11/19) com uma aspersão semanal e cumulativa com os seguintes tratamentos: H <sub>2</sub> O) somente água destilada; Et) etanol (1 %); JaMe 0,25) 0,25 mM de jasmonato de metila e etanol (1%); JaMe 0,5) 0,5 mM de jasmonato de metila e etanol (1%) e JaMe 1,00) 1 mM de jasmonato de metila e etanol (1%).....	53



## RELAÇÃO DE FIGURAS

ARTIGO 1	Página
1. Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de <i>Drosophila suzukii</i> e de parasitoides capturados semanalmente (24/09/19 à 04/11/19) com iscas atrativas de vinagre de maçã e água (1:1) em morangueiros cultivados em substrato sob uma estufa em arco em Nova Santa Rita, RS, Brasil. Capturas 1 e 2 referentes ao período pré-avaliação e as de 3 a 7 após aspersões semanais e cumulativas em morangueiros ( <i>Fragraria x ananassa</i> Duch cv. San Andreas) com os seguintes tratamentos: somente água destilada; etanol (1 %); 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e 1 mM de JaMe e etanol (1%). Pontos seguidos de letras diferentes em cada coleta diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....	49
2. Temperatura e umidade relativa coletadas diariamente (24/09/19 à 04/11/19) às 15h dentro de uma estufa de madeira do tipo em arco no município de Nova Santa Rita, RS com cultivo de morangueiros sob substrato. As medias 1 e 2 são referentes ao período pré-avaliação e as de 3 a 7 após aspersões semanais e cumulativas em morangueiros ( <i>Fragraria x ananassa</i> Duch cv. San Andreas) com os seguintes tratamentos: somente água destilada; etanol (1 %); 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e 1 mM de JaMe e etanol (1%).....	50
3. Número médio ( $\pm$ EP) de ovos de <i>Drosophila suzukii</i> em frutos oriundos de morangueiros cultivados em substrato sob uma estufa em arco, tratados com uma aspersão semanal (24/09/19 à 04/11/19) e cumulativa com os seguintes tratamentos: T1) somente água destilada; T2) etanol (1 %); T3) 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); T4) 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e T5) 1 mM de JaMe e etanol (1%). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre as colheitas e minúsculas entre os diferentes tratamentos em cada avaliação pelo teste de Dunn ( $p < 0,05$ ).....	51

4. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Drosophila suzukii* emergidos de frutos oriundos de morangueiros cultivados em substrato sob uma estufa em arco, tratados com uma aspersão semanal (24/09/19 à 04/11/19) e cumulativa com os seguintes tratamentos: T1) somente água destilada; T2) etanol (1 %); T3) 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); T4) 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e T5) 1 mM de JaMe e etanol (1%). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre as colheitas e minúsculas entre os tratamentos em cada avaliação pelo teste de Dunn ( $p < 0,05$ ).....

## 1 INTRODUÇÃO

As moscas são os insetos que mais impactam negativamente a produção de frutas no mundo. Recentemente essa situação piorou com a invasão, quase que simultânea em todo ocidente, da drosófila-da-asa-manchada *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). Esta espécie se tornou relevante no cenário dos frutos de epiderme fina ou *berries*, principalmente no morangueiro, pelo fato de apresentar uma ampla gama de hospedeiros, de atacar frutos sadios e verdes e pela ausência de inimigos naturais eficientes. Desde então, esforços vêm sendo multiplicados com o objetivo de manejar a população desta mosca. Contudo, as ferramentas de controle não são eficazes, sendo que no Brasil não existem produtos registrados para plantas atacadas por este inseto, tornando imprescindível que novos métodos de supressão da população sejam estudados.

A exploração das defesas naturais de morangueiros, por meio da ativação de rotas de metabolismo secundário, pode ser uma alternativa para manejo de *D. suzukii*, especialmente na produção integrada e orgânica. A aplicação exógena de fitormônios ativa o metabolismo secundário das plantas e é capaz de mudar o perfil químico das plantas, se tornando um sinalizador para os inimigos naturais, podendo as tornar menos atrativas e/ou palatáveis para o herbívoro. Não existem estudos que tenham elucidado o papel de fitormônios como indutores de resistência de plantas à *D. suzukii*.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivos: a) avaliar a ocorrência populacional de *D. suzukii* frente a morangueiros cultivados em substrato sob estufas em arco e aspergidos com jasmonato de metila (JaMe); b) determinar, ao longo do tempo, a oviposição e a emergência de *D. suzukii* em morangos oriundos de plantas com aplicações sucessivas de JaMe, em diferentes concentrações e c) analisar fatores físico-químicos de morangos oriundos de plantas com aplicações sucessivas de JaMe, em diferentes concentrações.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura do morangueiro

O morangueiro é uma planta herbácea de porte rasteiro, nativa das regiões de clima temperado da Europa e das Américas, pertencente à família das rosáceas (López-Aranda, 2008). Segundo López-Aranda (2011), o uso de espécies selvagens de morangueiro data ao império romano, entre os séculos I e III A.C. Relatos feitos no final do século XIII apontam o uso da fruta como um alimento funcional, sendo os primeiros registros de transplântio de mudas para uso ornamental na Europa (Arias, Luque & Fernández-Dattoli, 2014), o que impulsionou seu consumo como um alimento (Medina-Mínguez, 2008) e culminou no crescimento do uso comercial na Europa em meados do século XVIII (Hancock, Lavín e Retamales, 1999; Njuguna, 2010). O material produzido comercialmente é denominado de híbrido natural, oriundo de um cruzamento casual entre espécies americanas (*F. chiloensis*, *F. virginiana* e *F. ovali*) e uma espécie europeia (*F. vesca*), resultando em um material genético hexaploide (Folta & Davis, 2006; Oliveira, Scivittaro & Rocha, 2011), presente em cerca de 60% da produção mundial (Amil-Ruiz *et al.*, 2011).

Historicamente os relatos trazem o cultivo de morangueiro como uma planta perene de clima temperado, porém o melhoramento genético mudou essa característica e adaptou a planta para cultivo em regiões mediterrâneas e subtropicais e com produção

ao longo de todo ano (Whitaker, 2011). Este fato potencializou o mercado da produção de mudas com a utilização de plantas matrizes, visto que a reprodução dessa espécie ocorre, principalmente, de forma assexuada por meio de estolões (Antunes, Carvalho & Santos, 2011).

O morangueiro é considerado uma importante fonte de vitamina C, antocianinas, antioxidantes, além de contribuir para prevenção de doenças e possuir um elevado apreço pelas suas características organolépticas (Amil-Ruiz *et al.*, 2011; Cocco *et al.*, 2015; Fagherazzi *et al.*, 2017). Possivelmente por isso, dentre as pequenas frutas ou *berries*, é a que tem maior importância econômica no mundo (FAOSTAT, 2019). Tal expressão culmina em uma grande área cultivada, a qual em 2017 foi de aproximadamente 396 mil hectares com uma produção total de 9,2 milhões de toneladas. A produção de morangos está concentrada principalmente na Ásia (com 50% da produção), seguido pela América (25 %), Europa (18 %), África (6 %) e Oceania (1%), sendo que aproximadamente 15 % da produção mundial é destinada à exportação como fruta fresca (FAOSTAT, 2019).

Em 2017 a produção brasileira foi de aproximadamente 155 mil toneladas, com uma área de 4,3 mil hectares e uma produtividade média em torno de 36 t.ha<sup>-1</sup> (Fagherazzi *et al.*, 2017) distribuída nos estados de Minas Gerais (47 %), Paraná (14 %), Rio Grande do Sul (13 %), São Paulo (6 %) e Santa Catarina (6 %) (IBGE, 2019), sendo praticamente toda a produção voltada para o mercado interno de frutas frescas (Antunes & Peres, 2013). A expansão do cultivo protegido foi um fator importante para a disseminação da cultura (Antunes, Carvalho & Santos, 2011). A produção passou a ter destaque na década de 1960, com o trabalho de melhoramento genético e o posterior lançamento de cultivares nacionais pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Antunes, Carvalho & Santos, 2011; Antunes & Peres, 2013). Já no cenário atual, a globalização permitiu a entrada de cultivares estrangeiras, aumentando os custos de produção (Zeist & Resende; 2019).

Contudo, essa cultura tem se mostrando lucrativa e de valor agregado para a agricultura familiar, ajudando o desenvolvimento socioeconômico do pequeno produtor (Antunes & Junior, 2007; Madail *et al.*, 2007).

Nesse cenário, o Rio Grande do Sul se destaca por uma grande variabilidade de microclimas nas suas diferentes regiões (Fagherazzi *et al.*, 2017). Ao contrário do restante do país, que comumente utiliza o sistema de túnel baixo ou campo aberto (Antunes & Peres, 2013; Fagherazzi *et al.*, 2014, 2017), o RS vem se especializando no cultivo em sistema sem solo ou de hidroponia, o que o torna propício para a produção de frutos de qualidade e possibilita a disponibilidade da fruta durante todo o ano (Fagherazzi *et al.*, 2017).

A presença de material vegetal a campo ao longo do ano, somado com o caráter intensivo da produção, pode ser um gatilho para surtos de organismos praga (Zawadeanek, Schuber & Móggor, 2013). Sabe-se que até 2012 os principais problemas da cultura eram o ácaro-rajado [*Tetranychus urticae* Kock (Acari: Tetranychidae)], o ácaro-do-enfezamento [*Steneotarsonemus pallidus* Banks (Acari: Tarsonemidae)], a *Frankniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Tripidae), as lagartas desfolhadoras (Lepidoptera: Noctuidae), a mosca-branca (Hemiptera: Aleyrodidae), os percevejos (Hemiptera: Rhyparochromidae) e as coleobrocas (Coleoptera: Curculionidae, Nitidulidae e Scarabaeidae) (Pinent *et al.*, 2011; Kirschbaum *et al.*, 2017). Porém, atualmente, a drosófila-da-asa-manchada (DAM), *D. suzukii*, introduzida no Brasil em 2013 (Deprá *et al.*, 2014), é o mais importante inseto-praga no morangueiro (Liburd & Rhodes, 2019)

## 2.2 *Drosophila suzukii*

*Drosophila suzukii* pertence ao subgênero *Sophophora*, possuindo relações filogenéticas com inúmeras espécies que ocorrem em todo continente asiático (Asplen *et al.*, 2015). Essa espécie foi descrita inicialmente no Japão em 1919 e tem como centro de origem mais provável o leste do continente asiático, com seus registros mais antigos em 1916 na Coréia, Tailândia e Índia (Hauser, 2011). Estudos bioecológicos com DAM foram realizados na cultura da cerejeira [*Prunus avium* L. (Rosaceae)] há mais de 70 anos (Kanzawa, 1939). Esta praga era desconhecida no ocidente até o início da última década e este fato foi atribuído a sua semelhança com outros drosofilídeos não considerados pragas (Calabria *et al.*, 2012).

Os primeiros registros da DAM na Europa ocorreram em 2007 na região de Rasquera (Espanha) e em 2009 na Itália, sendo encontrada de forma predominante frente a outras espécies de drosofilídeos (Grassi, Palmieri & Giongo, 2011; Calabria *et al.*, 2012; Cini, Ioranti & Anfora, 2012). Contudo, existem relatos anteriores a estes, indicando a presença de DAM no Havaí e na Costa Rica (O'Grady, Beardsley & Perreira, 2002). Na América do Norte foi registrada pela primeira vez na Califórnia em 2008, no ano seguinte já podia ser encontrada em diversas localidades não só da costa oeste dos Estados Unidos da América, mas também na Flórida e no Canadá (Hauser, 2011). Desde então, vem sendo apontada como um grande problema para a produção frutícola dessas regiões (Cini, Ioriatti & Anfora, 2012; Walsh *et al.*, 2011). Já no sul da América do sul, os primeiros registros de DAM ocorreram recentemente no Brasil, em reservas florestais nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (Deprá *et al.*, 2014).

A DAM possui corpo de cor amarela-amarronzada, com olhos de tonalidades vermelhas ou marrom-avermelhadas e tamanho entre 2 a 3 mm de comprimento (Vlach, 2010; Calabria *et al.*, 2012). Os machos são menores que as fêmeas e possuem uma



mancha característica na ponta da veia principal da asa, além de duas fileiras de pentes nas tíbias das pernas anteriores (Calabria *et al.*, 2012; Cini, Ioriatti & Anfora, 2012; Nava *et al.*, 2015). A diferença morfológica das fêmeas de DAM em relação à de outros drosofilídeos, está na presença de uma estrutura esclerotizada circundando seu ovipositor (Andreazza *et al.*, 2017; Deprá *et al.*, 2014).

Os ovos de *D. suzukii* são de cor branca, medindo aproximadamente 0,6 mm de comprimento com dois filamentos finos (aproximadamente 2 mm) para a respiração (Kanzawa, 1939; Walsh *et al.*, 2011). A duração do período embrionário é de 1,4 dia à temperatura de 22 °C (Nava *et al.*, 2015). As larvas apresentam forma cilíndrica (6 mm de comprimento), duas peças bucais escurecidas e dois estigmas na extremidade posterior, além de uma certa transparência no tegumento com os órgãos internos visíveis ou coloração branco-leitosa (Walsh *et al.*, 2011). Nesta fase, os insetos alimentam-se exclusivamente da polpa dos frutos e passam por três instares com duração total de, aproximadamente, seis dias a 22 °C (Nava *et al.*, 2015). As pupas possuem um par de protuberâncias filamentosas com aproximadamente 1 mm, medem cerca de 3 mm e apresentam coloração que varia de amarelo-acinzentado ao marrom (final da fase pupal) (Nava *et al.*, 2015; Walsh *et al.*, 2011). Essa fase tem a duração de, aproximadamente, 5,8 dias (22 °C) e pode ocorrer nos frutos ou no solo (Davis e Alston, 2011).

Os adultos de DAM podem permanecer no campo por até 80 dias com potencial de colocar em torno de 635 ovos durante o ciclo de vida (Eemiljanovich *et al.*, 2014). Após 11 dias ocorre a emergência de novos adultos, que se tornarão férteis depois de aproximadamente dois dias (Asplen *et al.*, 2015; Emiljanowicz *et al.*, 2014; Walsh *et al.*, 2011). Diferente de outros drosofilídeos, a *D. suzukii* tem capacidade de infestar e causar danos a frutos intactos e verdes, devido à presença do ovipositor serreado (Nava *et al.*, 2015), gerando uma necessidade de adaptação do manejo e conseqüentemente um

altíssimo dano econômico (Benito, Lopes-da-Silva & Santos, 2016; Goodhue *et al.*, 2011).

*Drosophila suzukii* é considerada um inseto praga não só para o morangueiro, mas para as demais frutíferas exóticas com epiderme fina, como kiwi [*Actinidia chinensis* Planch.(Actinidiaceae)], caqui [*Diospyros kaki* Thunberg (Ebenaceae)], mirtilo [*Vaccinium* sp. (Ericaceae)] e videiras com epiderme de cor rosada [*Vitis* spp. (Vitaceae)], além de espécies nativas das regiões neotropicais ou até mesmo espécies não exploradas comercialmente (Cini, Ioranti & Anfora, 2012; Lee *et al.*, 2016; Van Timerren & Iissaccs 2013). O Sul e Sudeste do Brasil, os quais são grandes produtoras desses frutos, são regiões de clima temperado, similares às da origem da praga, conferindo a essas localidades uma alta probabilidade de ocorrência de DAM (Benito, Lopes-da-Silva & Santos, 2016) onde vem causando sérios problemas fitossanitários (Antunes & Peres, 2013). As perdas causadas por esta praga podem chegar a 80% da produção quando não manejada (Walsh *et al.*, 2011). Somado a isso, Benito, Lopes da Silva & Dos Santos (2016) estimaram que o valor da produção dos frutos hospedeiros em áreas com alta probabilidade de estabelecimento dessa praga era de aproximadamente 1,1 bilhão de dólares.

O monitoramento de *D. suzukii* pode ser feito com uso de armadilhas contendo odores relacionados ao processo de fermentação, em especial aos voláteis relacionados ao álcool e aos ácidos acéticos presentes em vinagres e vinho, os quais já são utilizados em armadilhas comerciais no exterior (Burrack *et al.*, 2013 ). Com base nesses compostos, foram desenvolvidas algumas formulações comerciais disponíveis em outros países (Burrack *et al.*,2015),

O controle químico dessa praga nos Estados Unidos e na Europa é feito com a utilização de inseticidas organofosforados, piretroides, espinosinas e carbamatos (Beers

*et al.*, 2011; Bruck *et al.*, 2011; Van Timmeren & Isaacs, 2013). Contudo, existem evidências de resistência de DAM para alguns princípios ativos (Van Timmeren & Isaacs, 2013; Van Timmeren *et al.*, 2018), inclusive com a expressão de genes possivelmente responsáveis por mecanismos de detoxificação e redução da penetração cuticular (Mishra *et al.*, 2017). No Brasil, não existem produtos comerciais registrados para o controle desta praga (AGROFIT, 2019).

O manejo da DAM com o emprego de rede de exclusão foi uma alternativa que reduziu a infestação, em até 100%, na produção de mirtilo em ambiente protegido (Kawase *et al.*, 2008). Além disso, outras ferramentas de manejo que possam minimizar o impacto desta praga vêm sendo estudadas, como a captura massal com atraentes alimentares, aplicação de repelentes, adaptação da frequência de colheita e a técnica do inseto estéril (Lanouette *et al.*, 2017; Sassú *et al.*, 2019). Aly, Kraus & Burrack (2017) demonstraram que o estabelecimento de cadeias de frio abrangendo desde o produtor até o consumidor final, é uma parte importante estratégia no processo de comercialização, evitando danos causados pela DAM.

Os inimigos naturais também são agentes reguladores da praga (Nava *et al.*, 2015). Já foram identificadas larvas e/ou pupas de *D. suzukii* parasitadas por *Leptopilina heterotoma* (Thomson) (Gabarra *et al.*, 2015; Garcia-Cancino *et al.*, 2015; Miller *et al.*, 2015), *Leptopilina boulardi* (Costa Lima) (Hymenoptera: Figitidae) e *Trichopria anastrephae* (Perkins) (Hymenoptera: Diapriidae) (Cancino *et al.*, 2015; Wollman *et al.*, 2016; Vieira *et al.*, 2019), *Ganaspis* sp. (Hymenoptera: Figitidae), *Leptopilina japonica* (Novkovic e Kimura) (Hymenoptera, Figitidae) e *Asobara japonica* (Belokobylskij) (Hymenoptera, Braconidae) (Girod *et al.*, 2017), *Trichopria drosophilae* (Perkins) (Hymenoptera: Diapriidae) (Gabarra *et al.*, 2015; Garcia-Cancino *et al.*, 2015), *Spalangia simplex* Perkins (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Pachycrepoideus*

*vindemmiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) (Garcia-Cancino *et al.*, 2015) e *Asobara* sp. (Hymenoptera: Braconidae) (Asplen *et al.*, 2015), em frutas como morango, cereja mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L), framboesa (*Rubus idaeus* L.), amora-chinesa [*Myrica rubra* (Myricaceae)], amora-preta [*Rubus* sp. (Myricaceae)] e pêssego [*Prunus* sp. (Rosacea)]. Também foram registrados os predadores *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) e *Labidura riparia* Pallas (Dermaptera: Labiduridae) em framboesa (Walsh *et al.*, 2011; Gabarra *et al.*, 2015).

No Brasil, os parasitoides *L. boulandi*, *T. anastrephae* já foram encontrados em larvas (Wollmann *et al.*, 2016) e *P. vindemmiae* em pupas de DAM oriundas de morango (Marchiori & Barbaresco, 2007; Schlesener *et al.*, 2019).

### 2.3 Defesa de plantas

Durante o processo coevolutivo as plantas desenvolveram mecanismos para se defender do ataque dos herbívoros e microrganismos, sendo descritas como constitutivas (pré-formadas) ou induzidas. As defesas constitutivas são barreiras químicas e/ou físicas que as plantas possuem mesmo sem estarem expostas aos herbívoros, enquanto as induzidas são ativadas após o ataque, podendo ser diretas ou indiretas (Hutcheson, 1998). A defesa induzida é vantajosa para as plantas, uma vez que a sua ativação eventual tem um custo energético menor do que as defesas constitutivas (Baldwin, 1998; Karban, Agrawal & Mangel, 1997).

As defesas diretas afetam negativamente insetos herbívoros e se manifestam através da proteção mecânica relacionada à produção de ceras ou tricomas e/ou pela proteção bioquímica, associada à presença de substâncias com ação deterrente, como terpenoides, alcaloides, antocianinas, fenóis e quinonas, produzidas pelo metabolismo secundário vegetal (Dicke & Baldwin, 2010; War *et al.*, 2012). Tais defesas são

conhecidas por atuar sobre a preferência, sobrevivência ou *fitness* do herbívoro na planta (Smith; Boyko, 2006; War *et al.*, 2012). Por outro lado, as defesas indiretas resultam no recrutamento de agentes de controle biológico, pois ativam a emissão de voláteis atrativos a estes e/ou intensificam a produção de substâncias açucaradas (néctar extrafloral) que servem de fonte de alimento para inimigos naturais (War *et al.*, 2012). Tanto as defesas diretas como as indiretas, podem ser influenciadas por diversos fatores, como a espécie e o hábito alimentar do herbívoro (mastigador ou sugador), assim como o estágio fenológico e a espécie da planta injuriada (Dicke & Hilker, 2003; Fatouros *et al.*, 2005; Moraes *et al.*, 2005; Chen, 2008).

A defesa de plantas é desencadeada por indutores específicos relacionados, principalmente, à rota de dois tipos de fitormônios, o ácido jasmônico (AJ) e o ácido salicílico. O primeiro está associado ao ataque de herbívoros mastigadores e patógenos necrotróficos (Turner, Ellis & Devoto, 2002; Gfeller & Farmer, 2004) e o segundo, ao ataque de patógenos biotróficos e de artrópodes fitossuccívoros (Durrant & Dong, 2004; Thatcher, Anderson & Singh, 2005).

A rota de produção do AJ foi descrita por Vick & Zimmerman (1986). Esse hormônio é sintetizado a partir do ácido linolêico que, por sua vez, é liberado dos lipídeos da membrana plasmática. O cloroplasto e o peroxissomo são as duas organelas que participam da biossíntese deste ácido. Nos cloroplastos o ácido linolênico é oxigenado e posteriormente o ácido resultante é convertido por catálise a uma ciclopentanona, o ácido oxo-fitodienoico. Trabalhos com microarranjo de DNA mostram que a rota dos jasmonatos tem papel dominante na regulação da expressão de genes em resposta a danos mecânicos ou à herbivoria (Ralph *et al.*, 2006a, 2006b).

Estudos comprovam que a aspersão de jasmonatos resulta na defesa direta de plantas. Hamm, Stout & Riggio (2010) observaram que a aplicação de AJ, nas

concentrações de 1 e 5 mM em plantas de arroz (*Oryza sativa*), diminuiu a incidência de ovos e lagartas de *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae) em relação as não tratadas com este fitormônio. Em tomateiro [*Lycopersicon esculentum* Mill (Solanaceae)], a aplicação de JaMe e de AJ aumentou a atividade das enzimas relacionadas às rotas de defesa e retardou o desenvolvimento de *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae), não apenas daquelas que se alimentaram das folhas aspergidas, mas também das que consumiram folhas adjacentes, efeito que foi relatado como similar ao ocorrido quando a planta foi submetida à herbivoria (Thaler *et al.*, 1996).

A aplicação exógena de AJ e seu éster JaMe também interfere na sinalização das defesas indiretas da planta (Hare, 2011). Lou *et al.* (2005) observaram taxas maiores de parasitismo de ovos da cigarrinha *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) pelo parasitoide *Anagrus nilaparvate* Pang & Wang (Hymenoptera: Mymaridae) após a aplicação de 1 ou 10 mM de AJ em arroz. Parasitoides de ovos de pentatomídeos foram mais atraídos por plantas de soja [*Glycine max* L. (Fabaceae)] após aplicações de cis-jasmone (1,4 mM), em comparação com as que não receberam este fitormônio (Moraes *et al.*, 2009). Nesse mesmo sentido, o parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), um dos principais inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), foi atraído para plantas de arroz tratadas com JaMe (2 e 5 mM) e ácido salicílico (8 mM), em comparação com as aspergidas com água e etanol (Lopes & Sant'Ana, 2018).

Em plantas frutíferas a indução da defesa é pouco estudada, porém a literatura sugere que tais organismos se comportem de forma similar (Amil-Ruiz, 2011). Em oliveiras [*Olea europaea* L. (Oleaceae)] foi identificado um intenso aumento na produção de etileno (fitormônio) em plantas infestadas com a mosca-da-oliveira [*Bactrocera oleae* R. (Diptera: Tephritidae)] (Alagna *et al.* 2016). Aplicações de etileno

por nove anos consecutivos no final do período de floração de oliveiras, foi eficiente no controle de *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Yponomeutidae), importante lepidóptero praga da cultura (Ramos *et al.*, 2008). Em videiras, houve uma diminuição no número de ovos, bem como de indivíduos adultos e imaturos de *Tetranychus pacificus* McGregor (Acarida: Tetranychidae) e de *Daktulosphaira vitifoliae* Fitch (Hemiptera: Phylloxeridae) após a aplicação de solução de AJ (1 mM) (Omer *et al.*, 2000).

O uso de AJ ou de JaMe, em morangueiros, está associado regulação de genes responsáveis pelos mecanismos de defesa (Amil-Ruiz, 2011; Saavedra *et al.*, 2017). Han *et al.* (2019) observaram que a aspersão de JaMe (230  $\mu$ M) sobre morangueiros (cv. Benihoppe) intensificou o processo de maturação dos frutos, superexpressando genes envolvidos na pigmentação, no metabolismo do açúcar e na produção de antocianinas. O uso de JaMe também retardou a decomposição de frutos de morango cv. Festival armazenados, diminuindo as taxas respiratórias e a perda de peso seco, preservando as quantidades de ácido ascórbico, atividade antioxidante, compostos fenólicos e antocianinas, ao mesmo tempo que protegeu os frutos do ataque de patógenos (El-Mogy *et al.*, 2019). O JaMe (0,25 mM) também diminuiu os efeitos negativos do estresse salino em morangueiros cv. Camarosa (Faghieh, Ghobadi e Zarei, 2017). O único trabalho que avaliou o efeito de fitormônio com indutor de defesa em artrópodes atacando morangueiros foi publicado por Warabieda e Olszak (2010), os quais constataram que a aplicação de JaMe (0,1%) resultou na diminuição de fecundidade do ácaro-rajado (*Tetranychus* Koch) em comparação com plantas que não tiveram contato com o fitormônio.

### 3 REFERÊNCIAS

- ALAGNA, F. *et al.* Olive fruits infested with olive fly larvae respond with an ethylene burst and the emission of specific volatiles. **Journal of Integrative Plant Biology**, Beijing, v. 58, n. 4, p. 413–425, 2016.
- ALY, M. F. K.; KRAUS, D. A.; BURRACK, H. J. Effects of postharvest cold storage on the development and survival of immature *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in artificial diet and fruit. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 110, n. 1, p. 87–93, 2017.
- AMIL-RUIZ, F. *et al.* The strawberry plant defense mechanism: a molecular review. **Plant and Cell Physiology**, New York, v. 52, n. 11, p. 1873–1903, 2011.
- ANDREAZZA, F. *et al.* *Drosophila suzukii* in southern neotropical region: current status and future perspectives. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 46, n. 6, p. 591–605, 2017.
- ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2011. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00062580.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'esportazione in Europa. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, Milano v. 69, n. 5, p. 60–64, 2007.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, Natalia A. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, New York, v. 13, n. 1/2, p. 156–161, 2013.
- ARIAS, M. E. *et al.* **Strawberries**: cultivation, antioxidant properties and health benefits. New York: Nova Science Publisher, 2014. 417 p.
- ASPLEN, M. K. *et al.* Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 88, n. 3, p. 469–494, 2015.
- BALDWIN, I. T. Jasmonate-induced responses are costly but benefit plants under attack in native populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, New York, v. 95, n. 14, p. 8113–8118, 1998.
- BEERS, E. H. *et al.* Developing *Drosophila suzukii* management programs for sweet cherry in the western United States. **Pest Management Science**, New York, v. 67, n. 11, p. 1386–1395, 2011.
- BENITO, N. P.; SILVA, M. L.; SANTOS, R. S. S. Potential spread and economic impact of invasive *Drosophila suzukii* in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 5, p. 571–578, 2016.



BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. [Base de Dados AGROFIT]. Brasília, DF, 2019. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 10 nov. 2019.

BRUCK, D. J. *et al.* Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. **Pest Management Science**, New York, v. 67, n. 11, p. 1375–1385, 2011.

BURRACK, H. J. *et al.* Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. **Pest Management Science**, New York, v. 69, n. 10, p. 1173–1180, 2013.

CALABRIA, G. *et al.* First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. **Journal of Applied Entomology**, New York, v. 136, n. 1/2, p. 139–147, 2012.

CANCINO, M. D. G. *et al.* Parasitoides de *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) en Colima, México. **Southwestern Entomologist**, Weslaco, v. 40, n. 4, p. 855–858, 2015.

CHEN, M. Inducible direct plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, Tucson, v. 15, n. 2, p. 101–114, 2008.

CINI, A.; IORIATTI, C.; ANFORA, G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 65, n. 1, p. 149–160, 2012.

COCCO, C. *et al.* Effects of site and genotype on strawberry fruits quality traits and bioactive compounds. **Journal of Berry Research**, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 145–155, 2015.

COOPER, W. R.; GOGGIN, F. L. Effects of jasmonate-induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 115, n. 1, p. 107–115, 2005.

DAANE, K. M. *et al.* First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 89, n. 3, p. 823–835, 2016.

DAVIS, R. S.; ALSTON, D. **Spotted wing drosophila**. Logan: Utah State University Cooperative Extension, 2010. Disponível em: <https://extension.usu.edu/boxelder/files/SpottedWingDrosophila.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2019.

DEPRÁ, M. *et al.* The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 87, n. 3, p. 379–383, 2014.

DICKE, M.; BALDWIN, I. T. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the “cry for help”. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 15, n. 3, p.

167–175, 2010.

DICKE, M.; HILKER, M. Induced plant defences: from molecular biology to evolutionary ecology. **Basic and Applied Ecology**, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 3–14, 2003.

DICKE, M.; VAN LOON, J. A. Chemical ecology of phytohormones: how plants integrate responses to complex and dynamic environments. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v. 40, n. 7, p. 653–656, 2014.

DREVES, A.; WALTON, V.; FISHER, G. **A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon**. Eugene: Oregon University Service, 2009. Disponível em: <http://wci.colostate.edu/Assets/pdf/OR.SWD.em8991.pdf>. Acesso em: 1º dez. 2019.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 42, n. 1, p. 185–209, 2004. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.phyto.42.040803.140421>. Acesso em: 2 dez. 2019.

EL-MOGY, M. M. *et al.* Impact of salicylic acid, abscisic acid, and methyl jasmonate on postharvest quality and bioactive compounds of cultivated strawberry fruit. **Journal of Berry Research**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 333–348, 2019.

EMILJANOWICZ, L. M. *et al.* Development, reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 107, n. 4, p. 1392–1398, 2014.

FAGHERAZZI, A. F. *et al.* La fragolicoltura brasiliana guarda avanti. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, Milano, v. 76, n. 6, p. 20–25, 2014.

FAGHERAZZI, A. F. *et al.* Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1156, p. 937–940, 2017.

FAGHIH, S.; GHOBADI, C.; ZAREI, A. Response of strawberry plant cv. ‘Camarosa’ to salicylic acid and methyl jasmonate application under salt stress condition. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 36, n. 3, p. 651–659, 2017.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Food and Agriculture Data. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de morango**. [Base de Dados Faostat]. Rome: FAO, 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 26 nov. 2019.

FATOUROS, N. E. *et al.* Herbivore-induced plant volatiles mediate in-flight host discrimination by parasitoids. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v. 31, n. 9, p. 2033–2047, 2005.

FOLTA, K. M.; DAVIS, T. M. Strawberry genes and genomics. **Critical Reviews in Plant Sciences**, London, v. 25, n. 5, p. 399–415, 2006.

FRANCO, E. O.; ULIANA, C.; LIMA, C. S. M. Características físicas e químicas de morango ‘San Andreas’ submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de

plântio e meses de avaliação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Ciudad del México, v. 18, n. 2, p. 1–9, 2017.

GABARRA, R. *et al.* Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. **BioControl**, Dordrecht, v. 60, n. 3, p. 331–339, 2015.

GIROD, P. *et al.* Development of Asian parasitoids in larvae of *Drosophila Suzukii* feeding on blueberry and artificial diet. **Journal of Applied Entomology**, New York, v. 142, n. 5, p. 1–12, 2018.

GFELLER, A.; FARMER, E. E. Keeping the leaves green above us. **Science**, New York, v. 306, n. 5701, p. 1515–1516, 2004.

GOODHUE, R. E. *et al.* Spotted wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: economic analysis of potential revenue losses and control costs. **Pest Management Science**, New York, v. 67, n. 11, p. 1396–1402, 2011.

GRASSI, A.; PALMIERI, L.; GIONGO, L. *Drosophila (Sophophora) suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), new pest of soft fruits in Trentino (North-Italy) and in Europe. **IOBC/WPRS Bulletin**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 121–128, 2011.

HALITSCHKE, R. *et al.* Shared signals - “Alarm calls” from plants increase apparency to herbivores and their enemies in nature. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 24–34, 2008.

HAMBY, K. A. *et al.* Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 89, n. 3, p. 605–619, 2016.

HAMM, J. C.; STOUT, M. J.; RIGGIO, R. M. Herbivore- and elicitor-induced resistance in rice to the rice water weevil (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) in the laboratory and field. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v. 36, n. 2, p. 192–199, 2010.

HAN, L.; JIANG, X.; PENG, Y. Potential resistance management for the sustainable use of insect-resistant genetically modified corn and rice in China. **Current Opinion in Insect Science**, Tucson, v. 15, p. 139–143, 2016.

HAN, Y. *et al.* The methyl jasmonate accelerates the strawberry fruits ripening process. **Scientia Horticulturae**, New York, v. 249, p. 250–256, 2019.

HANCOCK, J. F.; LAVÍN, A.; RETAMALES, J. B. Our southern strawberry heritage: *Fragaria chiloensis* of Chile. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 34, n. 5, p. 814–816, 1999.

HARE, J. D. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 56, p. 161–180, 2011. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ento-120709-144753>. Acesso em: 10 nov. 2019.

HAUSER, M. A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura)

(Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. **Pest Management Science**, New York, v. 67, n. 11, p. 1352–1357, 2011.

HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles: targets, perception and unanswered questions. **Journal of Physiology**, Paris, v. 204, n. 2, p. 297–306, 2014.

HOWE, G. A.; JANDER, G. Plant immunity to insect herbivores. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 41–66, 2008. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092825>. Acesso em: 10 nov. 2019.

HUTCHESON, S. W. Current concepts of active defense on plants. **The Plant Cell**, Rockville, v. 36, p. 59–90, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.36.1.59>. Acesso em: 5 dez. 2019.

JIANG, Y. *et al.* Methyl jasmonate-induced emission of biogenic volatiles is biphasic in cucumber: a high-resolution analysis of dose dependence. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 68, n. 16, p. 4679–4694, 2017.

KANZAWA, T. **Studies on *Drosophila suzukii* Mats.** Wallingford: CAB International, 1939. 49 p.

KARBAN, R. *et al.* Kin recognition affects plant communication and defence. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 280, n. 1756, p. 1–5, 2013.

KARBAN, R.; AGRAWAL, A. A.; MANGEL, M. The benefits of induced defenses against herbivores. **Ecology**, New York, v. 78, n. 5, p. 1351–1355, 1997.

KAWASE, S. *et al.* Netting control of cherry drosophila *Drosophila suzukii* injurious to blueberry [Vaccinium]. **Bulletin of the Chiba Prefectural Agriculture Research Center**, Chiba, v. 7, p. 9-15, 2008.

KHOO, H. E. *et al.* Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. **Food & Nutrition Research**, Bålsta, v. 61, n. 1, [art.] 1361779, 2017.

KIRSCHBAUM, D. S. *et al.* Strawberry in South America: from the Caribbean to Patagonia. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1156, p. 947–956, 2017.

LANOUILLE, G. *et al.* The sterile insect technique for the management of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*: establishing the optimum irradiation dose. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 12, n. 9, [art.] e0180821, [p. 1–15], 2017.

LEE, J. C. *et al.* Characterization and manipulation of fruit susceptibility to *Drosophila suzukii*. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 89, n. 3, p. 781–782, 2016.

LIBRURD, O.; RHODES, E. Management of strawberry insect and mite pests in greenhouse and field crops. *In*: ASAO, T.; ASADUZZAMAN, M. **Strawberry: pre- and post-harvest management techniques for higher fruit quality strawberries**. London: IntechOpen, 2019. cap. 6, p. 101-122.

LOPES, F. B.; SANT'ANA, J. Responses of *Spodoptera frugiperda* and *Trichogramma pretiosum* to rice plants exposed to herbivory and phytohormones. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 48, n. 3, p. 381-390, 2019.

LÓPEZ-ARANDA, J. M. El cultivo de la fresa en Huelva. *In*: MEDINA MÍNGUEZ, J. J. *et al.* (ed.). **La fresa de huelva**. Sevilla: Junta de Andalucía. Consultoría de Agricultura y Pesca, 2008. p. 343-344.

LÓPEZ-ARANDA, J. M. *et al.* Strawberry production in mild climates of the world: a review of current cultivar use. **International Journal of Fruit Science**, New York, v. 11, n. 3, p. 232-244, 2011.

LOU, Y. G.; MA, B.; CHENG, J. A. Attraction of the parasitoid *Anagrus nilaparvatae* to rice volatiles induced by the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v. 31, n. 10, p. 2357-2372, 2005.

MADAIL, J. C. M. *et al.* **Avaliação econômica dos sistemas de produção de morango: convencional, integrado e orgânico**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. (Comunicado Técnico, 181). Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/avaliacao\\_economica\\_000giwzwdz\\_v02wx5ok05vadr129jqgbk.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/avaliacao_economica_000giwzwdz_v02wx5ok05vadr129jqgbk.pdf). Acesso em: 10 nov. 2019.

MARCHIORI, C. H.; BARBARESCO, L. F. Occurrence of *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani, 1875) (Hymenoptera: Pteromalidae) as a parasitoid of *Megaselia scalaris* (Loew, 1866) (Diptera: Phoridae) in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 67, n. 3, p. 577-578, 2007.

MARKOW, T. A.; O'GRADY, P. **Drosophila: a guide to species identification and use**. London: Elsevier, 2006. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=OfYOU8liOn0C&pgis=1>. Acesso em: 10 nov. 2019.

MEDINA-MÍNGUEZ, J. J. Origen del cultivo: un pionero. *In*: MEDINA MÍNGUEZ, J. J. *et al.* (ed.). **La fresa de huelva**. Sevilla: Junta de Andalucía. Consultoría de Agricultura y Pesca, 2008. p. 15-44.

MILLER, B. *et al.* Resident parasitoids associated with *Drosophila suzukii* and their seasonal occurrence in two small fruit production regions. **Biological Control**, Cambridge, v. 68, n. 2, p. 255-263, 2015.

MISHRA, R. *et al.* High throughput sequencing reveals *Drosophila suzukii* responses to insecticides. **Insect Science**, Tucson, v. 25, n. 6, p. 928-945, 2018.

MORAES, M. *et al.* Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 115, n. 1, p. 227-237, 2005.

MORAES, M. C. B. *et al.* Attraction of the stink bug egg parasitoid *Telenomus podisi* to defence signals from soybean activated by treatment with cis-jasmone. **Entomologia**

**Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 131, n. 2, p. 178–188, 2009.

NAVA, D. E. *et al.* **Bioecologia, monitoramento e controle de *Drosophila suzukii* na cultura do morangueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. (Documentos, 398). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/301892247\\_Bioecologia\\_monitoramento\\_e\\_controle\\_de\\_Drosophila\\_suzukii\\_na\\_cultura\\_do\\_morangueiro](https://www.researchgate.net/publication/301892247_Bioecologia_monitoramento_e_controle_de_Drosophila_suzukii_na_cultura_do_morangueiro). Acesso em: 10 dez. 2019.

NJUGUNA, W. **Development and use of molecular tools in *Fragaria***. 2010. Thesis (Doctorate Degree) - Oregon State University, Corvallis, 2010.

NONDILLO, A. **Biologia, exigências térmicas e caracterização de danos de *Frankliniella occidentalis pergande* (Thysanoptera: Thripidae), em morangueiro**. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

O'GRADY, P. M.; BEARDSLEY, J. W.; PERREIRA, W. D. New records for introduced *Drosophilidae* (Diptera) in Hawaii. **Bishop Museum Occasional Papers**, [S.l.], n. 69, p. 34–35, 2002. Disponível em: <https://nature.berkeley.edu/ogradylab/Publications/pdfs/013A.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2019.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; ROCHA, P. S. G. Produção de cultivares de morango, utilizando túnel baixo em Pelotas. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 5, p. 625–631, 2011.

OMER, A. D. *et al.* Jasmonic acid induced resistance in grapevines to a root and leaf feeder jasmonic acid induced resistance in grapevines to a root and leaf feeder. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 93, n. 3, p. 840–845, 2000.

PINENT, S. M. J. *et al.* Species of thrips (Insecta, Thysanoptera) in two strawberry production systems in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 55, n. 3, p. 419–423, 2011.

POYET, M. *et al.* Invasive host for invasive pest: when the asiatic cherry fly (*Drosophila suzukii*) meets the american black cherry (*Prunus serotina*) in Europe. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 16, n. 3, p. 251–259, 2014.

QIU, B. L. *et al.* Root and shoot jasmonic acid induction differently affects the foraging behavior of *Cotesia glomerata* under semi-field conditions. **BioControl**, Dordrecht, v. 57, n. 3, p. 387–395, 2012.

RALPH, S. *et al.* Genomics of hybrid poplar (*Populus trichocarpa* × *deltoides*) interacting with forest tent caterpillars (*Malacosoma disstria*): normalized and full-length cDNA libraries, expressed sequence tags, and a cDNA microarray for the study of insect-induced defences. **Molecular Ecology**, London, v. 15, n. 5, p. 1275–1297, 2006a.

RALPH, S. G. *et al.* Conifer defence against insects: microarray gene expression profiling of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) induced by mechanical wounding or feeding

by spruce budworms (*Choristoneura occidentalis*) or white pine weevils (*Pissodes strobi*) reveals large-scale. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 29, n. 8, p. 1545–1570, 2006b.

RAMOS, P. *et al.* Crop losses due to olive moth mediated by ethylene. **Pest Management Science**, New York, v. 64, n. 7, p. 720–724, 2008.

SAAVEDRA, G. M. *et al.* Independent preharvest applications of methyl jasmonate and chitosan elicit differential upregulation of defense-related genes with reduced incidence of gray mold decay during postharvest storage of *Fragaria chiloensis* fruit. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 18, n. 7, p. 1–17, 2017.

SASSÙ, F. *et al.* Irradiation dose response under hypoxia for the application of the sterile insect technique in *Drosophila suzukii*. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 14, n. 12, [art.] e0226582, 2019.

SANTOS, R. S. S. **Ocorrência de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), (Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morango no Brasil.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. (Comunicado Técnico, 159). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/992353/ocorrencia-de-drosophila-suzukii-matsumura-1931-diptera-drosophilidae-atacando-frutos-de-morango-no-brasil#:~:text=Resumo%3A%20Este%20comunicado%20t%C3%A9cnico%20trata,monitoramento%20e%20controle%20da%20praga>. Acesso em: 30 out. 2019.

SCHLESENER, D. C. H. *et al.* Insecticide toxicity to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) parasitoids: *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 112, n. 3, p. 1197–1206, 2019.

SHAW, D. V.; LARSON, D. **Strawberry plant named San Andreas.** Assignee: The Regents of the University of California. US n. PP19,975P2. Deposit: 25 Jan. 2008. Concession: 12 May 2009. Int. Cl. AOIH 5/00 (2006.01). Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/05/25/0e/e1ae08f5cbf0cf/USPP19975.pdf>. Acesso em: 25 set. 2019.

SIMPSON, M. *et al.* Attract and reward: combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 48, n. 3, p. 580–590, 2011.

SMITH, C. M.; BOYKO, E. V. The molecular bases of plant resistance and defense responses to aphid feeding: current status. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 122, n. 1, p. 1–16, 2006.

STOUT, M. J.; RIGGIO, M. R.; YANG, Y. direct induced resistance in *Oryza sativa* to *Spodoptera frugiperda*. **Environmental Entomology**, College Park, v. 38, n. 4, p. 1174–1181, 2009.

THALER, J. S. *et al.* Exogenous jasmonates simulate insect wounding in tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) in the laboratory and field. **Journal of Chemical Ecology**,

Dordrecht, v. 22, n. 10, p. 1767–1781, 1996.

THATCHER, L. F.; ANDERSON, J. P.; SINGH, K. B. Plant defence responses: what have we learnt from Arabidopsis? **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 32, n. 1, p. 1–19, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/FP04135>. Acesso em: 10 nov. 2019.

TONIN, J. *et al.* Yield and quality of fruits of strawberry cultivars in an organic production system. **Científica**, Jaboticabal, v. 45, n. 3, p. 271–277, 2017.

TURNER, J. G.; ELLIS, C.; DEVOTO, A. The jasmonate signal pathway. **The Plant Cell**, Rockville, v. 14, p. S153–S164, 2002. Supl. 1. Disponível em: [http://www.plantcell.org/content/14/suppl\\_1/S153.abstract](http://www.plantcell.org/content/14/suppl_1/S153.abstract). Acesso em: 10 nov. 2019.

VAN TIMMEREN, Steven *et al.* Baseline susceptibility of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*) to four key insecticide classes. **Pest Management Science**, New York, v. 74, n. 1, p. 78–87, 2018.

VAN TIMMEREN, S.; ISAACS, R. Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs. **Crop Protection**, London, v. 54, p. 126–133, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.08.003>. Acesso em: 10 nov. 2019.

VICK, B. A.; ZIMMERMAN, D. C. The biosynthesis of jasmonic acid: a physiological role for plant lipoxygenase. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v. 111, n. 2, p. 470–477, 1983.

VICK, B. A.; ZIMMERMAN, D. C. Characterization of 12-oxo-phytodienoic acid reductase in corn: the jasmonic acid pathway. **Plant Physiology**, Rockville, v. 80, n. 1, p. 202–205, 1986.

VICK, B. A.; ZIMMERMAN, D. C. Biosynthesis of jasmonic acid by several plant species. **Plant Physiology**, Rockville, v. 75, n. 2, p. 458–461, 1984.

VIEIRA, J. G. A. *et al.* Some aspects of the biology of *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae), a resident parasitoid attacking *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 113, n. 1, p. 1–7, 2019.

VLACH, J. **Identifying *Drosophila suzukii***. Salem: Oregon Department of Agriculture, 2017. Disponível em: <http://drosophila-suzukii.se/su/wp-content/uploads/2019/02/SpottedWingDrosophilaIDKey.pdf>. Acesso em: 15 out. 2019.

WALSH, Douglas B. *et al.* *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. **Journal of Integrated Pest Management**, Lanham, v. 2, n. 1, p. G1–G7, 2011. Disponível em: <http://academic.oup.com/jipm/article/2/1/G1/2193867/Drosophila-suzukii-Diptera-Drosophilidae-Invasive>. Acesso em: 10 nov. 2019.

WAR, A. R. *et al.* Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant**



**Signaling & Behavior**, Philadelphia, v. 7, n. 10, p. 1306–1320, 2012.

WARABIEDA, W.; OLSZAK, R. Effect of exogenous methyl jasmonate on numerical growth of the population of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) on strawberry plants and young apple trees. **Journal of Plant Protection Research**, Berlin, v. 50, n. 4, p. 541–544, 2010.

WHITAKER, V. M. Applications of molecular markers in strawberry. **Journal of Berry Research**, Amsterdam, v. 1, n. 3, p. 115–127, 2011.

WIMAN, N. G. *et al.* *Drosophila suzukii* population response to environment and management strategies. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 89, n. 3, p. 653–665, 2016.

WOLLMANN, J. *et al.* Parasitoids of *Drosophilidae* with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. **Drosophila Information Service**, Norman, v. 99, p. 38–42, 2016.

ZAWADNEAK, M. P. C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, A. F. **Como produzir morangos**. Curitiba: Editora UFPR, 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/99830/1/2013CL08.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 7–16, 2019.

## 4 ARTIGO 1

**Jasmonato de metila como indutor de resistência à *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) em cultivo protegido de morangueiro\***

---

\* Artigo formatado conforme as normas da Pest Management Science.

**JASMONATO DE METILA COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA À *Drosophila suzukii* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EM CULTIVO PROTEGIDO DE MORANGUEIRO**

Augusto L Meyer<sup>a\*</sup>, Eduardo M Shimbori<sup>b</sup>, Josué Sant'Ana<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de Etologia e Ecologia Química de Insetos, Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

<sup>b</sup>Laboratório de Taxonomia dos Insetos de Importância Agrícola, Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil.

\*Autor para correspondência: Augusto L Meyer - Laboratório de Etologia e Ecologia Química de Insetos, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540000 Porto Alegre, RS, Brasil. Email: [augustomeyer123@gmail.com](mailto:augustomeyer123@gmail.com)

Título abreviado: jasmonato de metila como indutor de resistência à *D. suzukii*

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) é uma importante praga na cultura do morangueiro, sendo relevante o estudo de ferramentas que ativam os mecanismos de defesas naturais com uso de fitormônios. No presente estudo, plantas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) foram tratadas com três concentrações de jasmonato de metila e soluções controle para avaliar a flutuação populacional, oviposição e emergência de *D. suzukii* ao longo do tempo, bem como as características físico-químicas dos morangos.

**RESULTADOS:** As maiores capturas de *D. suzukii* ocorreram nas duas primeiras coletas antes da aplicação dos tratamentos na área. O número médio de insetos capturados na terceira coleta (primeira após aplicação de JaMe na área) foi significativamente menor do que no das duas anteriores. A média total (cinco coletas) de ovos e a emergência de moscas em frutos oriundos de morangueiros aspergidos com 0,5 mM (T4) e 1 mM (T5) foi menor do que os registrados em T1 (água), o qual não diferenciou de T2 (água + etanol), para ambos os fatores. Nas análises colorimétricas observou-se uma tonalidade de vermelho mais saturada para frutos provenientes do tratamento T4 (0,5 mM) em relação ao T1 (água) e T2 (água + etanol). Nas análises de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais, não foram observadas diferenças de frutos provenientes de morangueiros aspergidos com os diferentes tratamentos.

**CONCLUSÃO:** A aplicação de JaMe a 0,5 e 1 mM ocasionou um menor número de ovos depositados nos frutos e de adultos emergidos dos mesmos sem influenciar o pH, ácidos solúveis totais e acidez total titulável dos frutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** jasmonato de metila; *Drosophila suzukii*; defesa induzida; morango

## INTRODUÇÃO

*Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) é uma importante praga carpófaga, principalmente no cenário dos pequenos frutos com epiderme fina ou *berries*, injuriando diversas espécies nativas e de importância agrícola<sup>1</sup>. O primeiro registro deste drosofilídeo foi no Japão, em 1919, com provável centro de origem no leste do continente asiático<sup>2</sup>. No Brasil *D. suzukii* foi detectada em 2013 nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo<sup>3</sup>. Desde então, vem sendo apontada como um grande problema para a produção frutícola neste país, principalmente por serem escassas as estratégias de manejo<sup>1</sup> e de não existir controle químico regulamentado<sup>4</sup>. Já foram registrados parasitoides de *D. suzukii* em território brasileiro, como *Leptopilina boulardi* (Costa Lima) (Hymenoptera: Figitidae) e *Trichopria anastrephae* (Perkins) (Hymenoptera: Diapriidae)<sup>5</sup> e *Pachycrepoideus vindemmiai* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae)<sup>6,7</sup>, contudo a ação destes inimigos naturais não é suficiente para mitigar a praga, visto os danos econômicos causados em morangueiros neste país<sup>8,9</sup>.

A exploração das defesas naturais das plantas, por meio da ativação de rotas de metabolismo secundário através de aplicações exógenas de fitormônios, como os jasmonatos e ácido salicílico, pode ser uma estratégia no manejo de pragas<sup>10,11</sup>. Trabalhos conduzidos com arroz<sup>10,12,13</sup> e algodão<sup>14</sup>, evidenciaram que houve uma mudança no perfil químico de plantas tratadas com estes compostos, ativando a ação deterrente em herbívoros (defesa direta) e/ou o recrutamento de inimigos naturais (defesa indireta).

Em frutíferas tal relação é pouco estudada, porém a literatura sugere que estas plantas respondam de forma similar<sup>15</sup>. A aplicação de etileno (fitormônio) no final do período de floração de oliveiras [*Olea europaea* L. (Oleaceae)], ao longo de nove anos

foi eficiente no controle de *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Yponomeutidae), um importante lepidóptero praga da cultura. O número de ovos, bem como de indivíduos adultos e imaturos de *Tetranychus pacificus* (McGregor) (Acarida: Tetranychidae) e de *Daktulosphaira vitifoliae* (Hemiptera: Phylloxeridae (Fitch) diminuiu após a aplicação de soluções de 1 mM de ácido jasmônico em videiras<sup>14</sup>.

A maioria dos trabalhos com fitormônio em morangueiro está associada a fatores físico-químicos da planta. Foi constatado que aplicações de soluções de 0,25 mM de JaMe melhoraram o crescimento e a atividade das enzimas antioxidantes de morangueiro<sup>16</sup>. Da mesma forma, foi observado que morangueiros tratados o JaMe superexpressam os genes envolvidos no processo de maturação dos frutos, aumentando a pigmentação, o teor de açúcar e a produção de antocianinas<sup>17</sup>. O uso de JaMe também diminuiu as taxas respiratórias e a perda de peso seco de morangos armazenados, preservando as quantidades de ácido ascórbico, atividade antioxidante, compostos fenólicos e antocianinas, além de proteger os frutos do ataque de patógenos<sup>18</sup>. Entretanto, o uso do ácido jasmônico ou seu éster jasmonato de metila também está associado à regulação de genes responsáveis pelos mecanismos de defesa<sup>15,19</sup>. Foi constatado que a aplicação de 0,1% JaMe diminuiu a presença e a fecundidade do ácaro-rajado [*Tetranychus urticae* Koch (Acarida: Tetranychidae)] em relação aos que se alimentaram em plantas de morango sem a aplicação do fitormônio<sup>20</sup>.

Não existem estudos que tenham elucidado o papel de fitormônios como indutores de resistência à *D. suzukii* em morangueiro. Sendo assim, este trabalho teve como objetivos: a) avaliar a flutuação populacional de *D. suzukii* em estufa semi-hidropônica frente a morangueiros aspergidos com jasmonato de metila (JaMe); b) registrar, ao longo do tempo, a oviposição e a emergência de *D. suzukii* em morangos oriundos de plantas com aplicações sucessivas de JaMe, em diferentes concentrações e c) avaliar fatores

físico-químicos de morangos oriundos de plantas com aplicações sucessivas de JaMe, em diferentes concentrações.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Área Experimental** - Os experimentos foram realizados em uma área de produção comercial, com morangueiros (*Fragaria x ananassa* Duch cv. San Andreas e cv. Albion) cultivados em substrato sob uma estufa em arco confeccionada em madeira (400 m<sup>2</sup>) com altura de 3 m e cortinas retráteis nas laterais, localizada no município de Nova Santa Rita (coordenadas aproximadas: 29°50'55.83" S; 51°16'15.01" O), Rio Grande do Sul, Brasil. A estufa estava inserida em uma região periurbana próxima a um fragmento de mata atlântica com ocorrência de diversas frutíferas da família Myrtaceae. As mudas de morangueiro foram plantadas em 14 calhas em sistema de dupla fileira suspensas em bancadas de 1,20 m com caimento de 12,4 graus em substrato contendo 50% casca de arroz carbonizada, 20% vermiculita e 30% turfa (Carolina Soil. Santa Cruz do Sul, RS - Brasil).

Foi adotado um espaçamento de plantio de oito plantas por metro linear. As plantas foram irrigadas por gotejamento de duas a quatro vezes ao dia dependendo da sua demanda hídrica. A nutrição foi fornecida a cada dois dias por meio de fertirrigação com uma mistura dos fertilizantes minerais FertiMorango e FertiBase 1:1 (SAMO FERTILIZANTES. Feliz, RS - Brasil). O manejo fitossanitário era feito com insumos químicos não sintéticos. O produtor aplicou, semanalmente, durante todo o período experimental, os seguintes produtos de forma intercalada: GlobalNim (Azadiractina 0,12 p/p) da Global Fertilizantes, São José do Rio Preto, SP -Brasil, com ação inseticida, na dose de 2,5 l.ha<sup>-1</sup> de produto comercial e Ecofol -D5 (acetato de cálcio) da

Agrobiológica, Leme – SP, com ação bactericida e fungistática, na dose de 200 ml.ha<sup>-1</sup> de produto comercial.

A parte da estufa com a cv. San Andreas (86% da área total) foi dividida em cinco blocos (15 x 2 m) de forma a manter pelo menos uma calha como bordadura para separá-los. Os blocos foram formados por duas calhas (15 m/cada) paralelas, nos quais foram dispostos os cinco tratamentos (Apêndice 1). Cada tratamento foi composto por 16 plantas (2 m) separadas por dois metros lineares de bordadura, distribuídos em zig-zag dentro de cada bloco. Armadilhas para captura de *D. sukikii*, confeccionadas com garrafas de polietileno tereftalato (PET) de 500 ml, foram posicionadas entre as calhas de uma mesma bancada na altura dos frutos de morango. A disposição dos tratamentos dentro dos blocos foi aleatória e obtida através na interface Rstudio (versão 1.1.447, 2018) dentro do software R (versão 3.6.2, 2019). A temperatura e umidade dentro da estufa foram registradas diariamente entre as 15:00 e as 17:00 por meio de um termohigrômetro (MT-241, Minipa, Joinville, SC) posicionado no centro da estufa a aproximadamente 1,5 m do chão, sendo considerada como a temperatura e umidade máxima do dia.

**Soluções** - Para o preparo da solução com 1 mM de jasmonato de metila (JaMe) (Sigma-Aldrich 95%), 0,2243 g de reagente foi diluído em 1 mL de etanol e dissolvido em 1000 mL de água destilada. Para a solução 0,5 mM de JaMe, 0,1122 g de reagente foi diluído em 1 mL de etanol e dissolvido em 1000 mL de água destilada. Para 0,25 mM de JaMe, 0,0561 g de reagente foi diluído em 1 mL de etanol e dissolvido em 1000 mL de água destilada. Foram utilizadas duas soluções controle, uma somente com água destilada e outra com 1 ml de etanol diluído em 1000 ml de água destilada.



**População de *D. suzukii*** - Foram distribuídas durante o período de 16/09/2019 a 04/11/2019, 14 armadilhas de forma homogênea dentro da estufa, uma a cada 28 m<sup>2</sup>, confeccionadas com garrafas PET de 500 ml com quatro orifícios equidistantes de 1 cm de diâmetro na sua porção inferior. As garrafas foram posicionadas entre as calhas de uma mesma bancada na altura dos frutos de morango. As mesmas continham aproximadamente 30 ml de vinagre de maçã (Vinagres Winna, Lajeado, RS) e água destilada (1:1), solução indicada para monitoramento de *D. suzukii*<sup>22</sup>.

As armadilhas foram renovadas semanalmente até o final do bioensaio, ou seja, por seis semanas. O conteúdo de cada armadilha foi acondicionado em potes plásticos de 250 ml, sendo devidamente etiquetados, de acordo com a data e localização dentro da estufa. Machos e fêmeas de *D. suzukii* encontrados foram triados em laboratório com o uso de um estereomicroscópio com aumento de 40 x (ZEISS INTERNATIONAL. Oberkochen, Alemanha). Foram encontrados inúmeros microhimenopteros nas armadilhas com atrativo alimentar, os quais foram enviados e para identificação do Dr. Eduardo Shimbori (ESALQ). Após este procedimento, os insetos foram armazenados em frascos de vidro âmbar (15 ml) com álcool 70%.

**Avaliação da oviposição e da emergência de *D. suzukii*** – Dezesesseis plantas por tratamento, dentro de cada bloco, foram aspergidas com uma das seguintes soluções aquosas: T1 - somente água destilada (H<sub>2</sub>O); T2 - etanol (99 %, Sigma-Aldrich) (1 %) (Et); T3 - 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) (95 %, Sigma-Aldrich) e etanol (1%) (0,25 JaMe); T4 - 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) (0,5 JaMe) e T5 - 1 mM de JaMe e etanol (1%) (1 JaMe). Em cada aplicação utilizou-se cerca de 20 ml de cada tratamento (ponto de escorrimento) em um borrifador plástico de pressão manual, com capacidade de 500 ml (SANREMO. Esteio, RS).

As pulverizações ocorreram semanalmente no período da manhã (entre 7 e 9 horas) ao longo de cinco semanas (30 de setembro a 28 de outubro). Após cada pulverização foram marcados, com fita vermelha de cetim (7 mm) amarrada no pedúnculo, seis frutos verdes íntegros/tratamento com até 2 cm de diâmetro na região equatorial e com os aquênios visíveis dentro dos receptáculos, correspondendo ao estágio 73<sup>23</sup>, por tratamento dentro de cada bloco. Os frutos marcados foram colhidos após uma semana com pelo menos 70% da sua superfície vermelho, nos estádios entre 85 e 87<sup>23</sup>. A colheita também foi feita semanalmente e após tal processo, os frutos foram refrigerados e transportados para o laboratório.

No laboratório foi feita a contagem de ovos de *D. suzukii* nos frutos em um estereomicroscópio com aumento de 40 x (ZEISS INTERNATIONAL. Oberkochen, Alemanha). Após a avaliação visual, os mesmos foram etiquetados e individualizados em potes plásticos (150 ml) contendo uma camada (1 cm) de areia esterilizada, cobertos com tecido *virole*. Tais recipientes foram mantidos em condições controladas por três semanas para avaliação da emergência de moscas e/ou parasitoides. Se após este período fossem encontrados pupários, os mesmos eram isolados identificados, armazenados em condições controladas e avaliados semanalmente durante mais duas semanas. Os pupários sem emergência foram posteriormente dissecados.

**Análise físico-química dos frutos** – Após a última data de aplicação (28/10/2019) foram marcados, conforme descrito anteriormente, mais cinco frutos verdes/tratamento/bloco, os quais foram colhidos após sete dias (70% vermelho) para avaliação físico-química. As análises foram executadas no Laboratório de Pós-Colheita da Faculdade de Agronomia (UFRGS).

As características avaliadas foram: (1) teores de sólidos solúveis totais (SST) determinado por refratometria com um refratômetro digital portátil (PAL-1, ATAGO, Japão) e expresso em ° Brix; (2) Análise colorimétrica utilizando um colorímetro (CR-400 Konica Minolta, Nova Jersey, EUA) para medir a cor considerando o espaço Yxy; (3) Potencial Hidrogeniônico (pH) utilizando um medidor de pH microprocessado (R-TEC-7-MP, Tecnal, Piracicaba, SP) com um eletrodo combinado de pH (DME-CV4, Digimed, São Paulo, SP) e (4) Acidez total titulável (ATT) determinada por titulometria com NaOH 0,1 N utilizando uma bureta digital de garrafa com capacidade para 50 ml (Digital Burette III Bottle-top burette, Brand, Wertheim, Alemanha) para neutralizar a amostra até pH 8,1. O valor de ATT foi calculado utilizando a fórmula  $\%AC = (V \times N \times EQ \times P^{-1}) \times 100$ , onde %AC = Percentual de ácido, V = Volume de NaOH gasto para pH até 8,1, N = Normalidade da solução de NaOH, Eq = Equivalente de ácido cítrico e P = Peso da amostra. O resultado foi expresso em percentual de ácido cítrico.

**Análise estatística** - As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos pacotes estatísticos: ExpDest.pt “Pacote Experimental Designs (Portuguese)” (versão 1.2.0, 2018), Stats “R statistical functions” (version 3.5.2, 2018) e dunn.test “Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums” (versão 1.3.5, 2017), sendo todas as análises feitas na interface Rstudio (versão 1.1.447, 2018) dentro do software R (versão 3.6.2, 2019).

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados relativos à oviposição, a emergência de *D. sukii* e aos valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais, não se enquadraram no modelo de distribuição normal, portanto foram feitos múltiplos testes de Kruskal-Wallis com as médias analisadas pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, quando necessário. Os dados para a flutuação populacional de *D. sukii* e para a avaliação colorimétrica dos frutos, se enquadraram

em um modelo de distribuição normal, portanto foram analisados com uma ANOVA de um fator com *post hoc* de Tukey quando necessário. As curvas das populações comparadas com as condições climáticas bem como entre si, com um teste de correlação de Pearson. Todos os testes consideraram  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS

### Flutuação populacional de *D. suzukii*

Foram capturados 4.592 insetos, sendo 2.968 fêmeas e 1.624 machos, com razão sexual de 0,65. Houve variação no número indivíduos de *D. suzukii* capturados ao longo do tempo ( $F(1,96) = 140,8$ ,  $p < 0,01$ ) (Figura 1), porém esta flutuação populacional não teve correlação com a temperatura máxima ( $r = -0,3642$ ,  $p = 0,4219$ ) nem com a umidade relativa máxima ( $r = -0,3091$ ,  $p = 0,4999$ ), as quais apresentaram média de  $27\text{ °C} \pm 0,80$  e  $77,7\% \pm 1,67$ , respectivamente (Figura 2). As maiores capturas de *D. suzukii* ocorreram nas duas primeiras coletas antes da aplicação dos tratamentos na área, não diferindo entre si. O número médio de insetos capturados na terceira coleta (primeira após aplicação de JaMe na área) foi significativamente menor do que nas duas anteriores, diferindo apenas da última coleta ( $F(1,96) = 99.936$ ,  $p < 0,01$ ).

[Figura 1]

[Figura 2]

Nas armadilhas de captura de *D. suzukii* registrou-se a ocorrência de 97 parasitoides, divididos em oito espécies, sendo que o maior número médio de indivíduos foi coletado na segunda avaliação após a aplicação dos tratamentos na estufa ( $H(5) = 14,952$ ,  $p < 0,05$ ) (Figura 1). *Leptopilina Boulardi* (Barbotin, Carton & Kelner-Pillaut, 1979) (Hymenoptera: Figitidae), *Pachycrepoideus vindimmae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Spalangia Simplex* (Perkins, 1910) (Hymenoptera: Pteromalidae) foram

as mais abundantes, com percentual de insetos coletados em relação ao total de 38,14%, 24,74% e 23,71%, respectivamente. As demais foram identificadas como *Trichopria anastrephae* (Lima, 1940) (Hymenoptera: Diapriidae) (5,15%%), *Ceraprhon* sp. (Hymenoptera: Ceraprhonidae) (2,06%%), *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) (4,12%%), *Elasmus* sp (Hymenoptera: Eulophidae) (1,03%) e *Haltichella* sp. (Hymenoptera: Chalcididae) (1,03%).

### **Oviposição e emergência de *D. suzukii***

O número médio de ovos de *D. suzukii* contabilizados em morangos coletados na primeira avaliação ( $17,2 \pm 10,5$ ) foi maior que os encontrados nas demais ( $9,26 \pm 9,66$ ,  $2,34 \pm 3,4$ ,  $2,53 \pm 2,86$  e  $1,26 \pm 2,00$  respectivamente), não sendo constatada diferença no número de ovos presentes em morangos oriundos da terceira até a quinta avaliação ( $H(4) = 91,236, p < 0,01$ ) (Figura 3). A quantidade de adultos emergidos nos morangos oriundos da primeira colheita ( $14,64 \pm 6,93$ ) também foi maior que nas demais ( $H(4) = 65,888, p < 0,01$ ), sendo observada uma menor emergência na quinta colheita ( $0,55 \pm 0,90$ ), não havendo diferença entre a terceira ( $1,65 \pm 1,77$ ) e quarta ( $1,83 \pm 1,59$ ) nem entre a segunda ( $1,81 \pm 3,78$ ) e a terceira colheita (Figura 4).

Quando cada uma das cinco colheitas foi avaliada separadamente, o número médio de ovos, com exceção da segunda, foi em geral menor nos tratamentos com jasmonato de metila em relação ao T1 (Figura 3). A presença do fitormônio em morangueiros também refletiu em uma menor emergência de *D. suzukii* em morangos provenientes da primeira ( $H(4) = 15,625, p < 0,01$ ), segunda ( $H(4) = 20,863, p < 0,01$ ) e quinta ( $H(4) = 11,537, p < 0,05$ ) colheita (Figura 4).

[Figura 3]

[Figura 4]

A média total (cinco coletas) de ovos ( $H(4) = 24,964$ ,  $p < 0,01$ ) e da emergência de moscas ( $H(4) = 10,636$ ,  $p < 0,05$ ), em frutos oriundos de morangueiros aspergidos com 0,5 % (T4) e 1% (T5) foi menor do que os registrado em T1 (água), o qual não diferenciou de T2 (água + etanol), para ambos os fatores (Tabela 1).

[Tabela 1]

### **Análises físico-químicas**

Nas análises colorimétricas observou-se variações estatisticamente significativas somente na coordenada cromática “x”, para frutos provenientes do tratamento T4 (0,5 mM), os quais apresentaram uma tonalidade de vermelho mais saturada em relação ao T1 (água) e T2 (água + etanol) ( $F(4,119) = 4,611$ ,  $p < 0,01$ ), porém para as demais coordenadas cromáticas (“Y” e “y”) não foi encontrado diferença estatística significativa ( $F(4,120) = 1,231$ ,  $p = 0,301$  e  $F(4,120) = 1,574$ .  $p = 0,185$ , respectivamente) (Tabela 2). Nas análises de pH ( $3,54 \pm 0,03$ ) ( $H(4) = 1,2675$ ,  $p = 0,8669$ ; acidez total titulável (AAT) ( $0,90 \pm 0,05$  % ácido cítrico) ( $H(4) = 2,4812$ ,  $p = 0,648$ ) e sólidos solúveis totais (SST) ( $5,28 \pm 0,19$  ° Brix) ( $H(4) = 0,4235$ ,  $p = 0,9805$ ) não foram observadas diferenças de frutos provenientes de morangueiros aspergidos com os diferentes tratamentos (Tabela 2).

## **DISCUSSÃO**

O número de adultos de *D. sukii* capturados nas armadilhas antes da aplicação dos tratamentos na estufa foi maior do que o constatado após as aspersões. Sabe-se que os níveis populacionais de *D. sukii* no campo podem variar em função de diversos fatores, tais como a qualidade e tipo do hospedeiro, as interações com inimigos naturais, a temperatura, a umidade<sup>24</sup>, bem como o manejo empregado no agroecossistema<sup>25</sup>. *D. sukii* é registrada como sendo originária de regiões temperadas<sup>3</sup>, porém apresenta um comportamento fisiológico de adaptação gradual da temperatura, inclusive apresentando

diferenças morfológicas advindas de tal adaptação<sup>24</sup>, portanto, mesmo com ocorrências pontuais de dias com a temperatura superior a 28°C a linha de tendência da mesma (Figura 2) se manteve estável ao longo do período avaliado, com uma média de temperatura abaixo do limite superior para esse inseto<sup>3</sup>. Tal informação, somada ao fato de não ter sido encontrada nenhuma relação de correlação entre a flutuação populacional da mosca com as temperaturas e umidades coletadas ao longo do período de avaliação leva a supor-se que não houve influência de tais fatores sobre a população de *D. suzukii* nessa área. Além disso, o manejo na área, inclusive o fitossanitário, não variou desde a implantação da estufa (aproximadamente dois anos), assim como, durante os meses das avaliações dos bioensaios.

Outro aspecto que pode ter impactado a população de *D. suzukii* foi ocorrência de parasitoides na estufa. Entre as oito espécies de micro-himenópteros identificadas, *L. boulandi*, *T. anastrephae*, *Ceraprhon* sp. (parasitoides larvais), *P. vindemiae* e *S. simplex* (parasitoides pupais) estão relacionadas à Drosophilidae, sendo todas, com exceção de *Ceraprhon* sp., já relatadas como parasitoide de *D. suzukii*<sup>(1,26,27)</sup>. Um fato que chamou atenção neste estudo foi o aumento do número médio de parasitoides capturados na segunda coleta após a aplicação de JaMe, em relação ao período pré-aplicação. É possível supor que o aumento na população destes organismos esteja relacionado a voláteis de defesa indireta liberados pelas plantas após a aplicação de JaMe (indutor), os quais recrutaram parasitoides que estavam no entorno da área, provavelmente em mirtáceas infestadas por seu hospedeiro.

A atração de inimigos naturais por voláteis liberados por plantas aspergidas com fitormônios já tinha sido observada em outros agroecossistemas. Plantas de soja, por exemplo, após indução por cis-jasmona (fitormônio) intensificam a liberação de compostos orgânicos voláteis (COVs) atraindo *Telenomus podisi* (Ashmead)

(Hymenoptera: Scelionidae), um importante parasitoide de ovos de percevejos que ocorrem nessa cultura. Da mesma forma, *T. pretiosum*, um parasitoide generalista de ovos de lepidópteros, teve um comportamento quimiotático positivo para plantas de arroz após aplicação de JaMe (2 mM e 5 mM)<sup>12</sup>. Porém, o maior recrutamento de inimigos naturais nem sempre reflete em aumento de parasitismo e consequente diminuição das populações de pragas<sup>11</sup>. *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Ichneumonidae), um parasitoide de *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieride), respondeu positivamente a plantas de repolho induzidas por ácido jasmônico, no entanto sua oviposição não diferiu entre larvas presentes nas plantas tratadas e não tratadas<sup>28</sup>. De acordo com Simpson *et al.*<sup>29</sup>, o recrutamento de parasitoides para plantas induzidas sem a presença do herbívoro ou algum recurso floral que permita a sobrevivência do mesmo, pode prejudicar o comportamento de busca e conseqüentemente o parasitismo, visto que muitas vezes a reserva energética desses indivíduos não os permite aguardar o aumento da presença dos hospedeiros.

Portanto, apesar da defesa indireta de plantas ser um aspecto relevante na dinâmica populacional de herbívoros, provavelmente este não tenha sido o fator mais relevante para diminuição da mosca na estufa, principalmente porque não foi constatada a emergência de parasitoides presentes em larvas e/ou pupas dos frutos oriundos da área de estudo. Além disso, já foi constatado que as populações que ocorrem naturalmente nas regiões de invasão de *D. suzukii* não são efetivas no controle populacional de *D. suzukii*<sup>30</sup>. Este fato pode estar relacionado às defesas imunológicas desta espécie, a qual aumenta o número de hemócitos após a oviposição do parasitoide dificultando o desenvolvimento do inimigo natural<sup>31</sup>. Outro fator que deve ser considerado é que os parasitoides presentes nas áreas invadidas são generalistas (incluindo todos os identificados no presente estudo), ou seja, a presença deles está associada a uma gama



de hospedeiros que atacam simultaneamente os frutos<sup>32</sup>. Portanto, a oferta de outros hospedeiros provavelmente diminui o impacto no controle de *D. suzukii*.

Com base no relatado, pode-se supor que a menor ocorrência de *D. suzukii* esteja associada a um efeito alelopático dentro da estufa, ou seja, que plantas adjacentes àquelas induzidas tenham entrado em um estado de *priming*, ativando seus mecanismos de defesa<sup>33,34</sup>. Tal efeito, na maior parte das vezes, se manifesta em forma de cascata, podendo desencadear uma defesa generalizada entre plantas<sup>11,35</sup>. Este fato fica mais evidente quando se observa que plantas aspergidas com JaMe tiveram, supostamente, seus mecanismos de defesa direta ativados, refletindo, de forma geral, em morangos com uma menor quantidade de ovos e um número inferior de adultos de *D. suzukii* emergidos.

Já se sabe que indutores de resistência, como os jasmonato, ativam os mecanismos de defesa secundária das plantas os quais resultam em um aumento na produção e liberação de COVs responsáveis por mediar às respostas de defesa direta e indireta das plantas<sup>11,36</sup>. As diretas se refletem em um conjunto de características que afetam negativamente a fisiologia ou o comportamento de insetos herbívoros<sup>37</sup>. No presente estudo o JaMe, principalmente nas concentrações de 0,5 e 1 mM, afetou negativamente a oviposição e emergência de *D. suzukii* em morangos, contudo, em outras interações, soluções com jasmonatos desencadearam outros efeitos em herbívoros. Lopes e Sant'Ana<sup>12</sup>, por exemplo, observaram um menor ganho de peso de lagartas de *S. frugiperda* que se alimentaram em plantas de arroz induzidas com concentrações maiores (2 e 5 mM) de jasmonato de metila. Resultados similares já haviam sido obtidos por Stout *et al.*<sup>38</sup> com aplicações de 2 mM de ácido jasmônico nesta mesma planta. Em tomateiros, a aplicação de ácido jasmônico (1,5 mM) causou efeito negativo na sobrevivência e no desenvolvimento do pulgão-grande-da-batata [*Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Hemiptera: Aphididae)]<sup>39</sup>.

Não somente a presença, mas também a concentração das soluções com fitormônio podem alterar o metabolismo da planta. No nosso estudo, o número de ovos e a emergência de moscas presentes em morangos oriundos de plantas tratadas com soluções aquosas com 0,25 mM de JaMe (T3) e com etanol (T2) não diferenciaram, fato que não foi constatado para as concentrações mais altas (0,5 e 1 mM de JaMe). Tal resultado pode estar relacionado a um efeito de dose-resposta<sup>40</sup>. Jiang *et al.*<sup>41</sup> constataram que concentrações mais altas de fitormônios podem ativar de forma mais acelerada a biossíntese de voláteis de defesa oriundos de lipoxigenases, contudo os autores apontam que altas doses podem causar problemas de fitotoxicidade na planta.

O menor número de ovos e de emergência de *D. suzukii* contabilizados na segunda coleta em relação à primeira, pode não estar associado a menor ocorrência da mosca na área, uma vez que este valor não foi significativamente diferente quando se comparou as médias de insetos capturados pós-aplicações dos tratamentos, o qual se manteve estatisticamente constante. Sendo assim, pode-se inferir que as 168 horas (sete dias) pós-aspersão do JaMe, foram suficientes para que os morangueiros ativassem seu mecanismo de defesa, repelindo *D. suzukii*. Esse período foi menor do que o observado na indução de plantas de arroz (~ 15 dias) com ácido jasmônico (1 mM ou 5 mM), refletindo em menores taxas de oviposição e de emergência de larvas de *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae)<sup>43</sup>, entretanto, maior do que as 72 horas evidenciadas após a aspersão de JaMe (2 mM) em plantas de arroz em relação a herbivoria de *S. frugiperda*<sup>12</sup>. Warabieda e Olszak<sup>20</sup> já haviam constatado que soluções de JaMe (0,1%) em folhas destacadas de morango, resultaram em uma menor oviposição por fêmeas de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), com apenas 24h após a aplicação. Como no presente trabalho não foram feitas avaliações diárias e sim semanais, não é possível afirmar o início exato do período de ativação de defesa em morangueiro.

Sendo assim é possível supor que as aplicações cumulativas de fitormônio na área de estudo, juntamente com a menor ocorrência da mosca na estufa, podem ter sido os responsáveis pelas baixas taxas de oviposição e emergência em morangos ao longo das avaliações.

Observou-se que plantas tratadas com 0,5 mM de JaMe (T4) resultou em morangos com tonalidade de vermelho mais saturada em relação aos oriundos dos demais tratamentos. Este resultado pode estar associado com um maior acúmulo de antocianinas em morangos<sup>15,17,18</sup>, visto que tal composto é um dos principais pigmentos que conferem a cor vermelha aos frutos<sup>44</sup>. Porém, mesmo com essa alteração, os valores encontrados para frutos oriundos de plantas aspergidas com qualquer um dos tratamentos são similares ao padrão apresentado na patente registrada para essa cultivar<sup>45</sup>, ou seja, as aplicações de JaMe não interferiram na cor final do produto. Da mesma forma, os valores médios das características químicas avaliadas ficaram próximos aos valores apresentados na literatura para a cv. San Andreas<sup>46,47</sup>, ou seja, cinco aplicações consecutivas de jasmonato de metila, em diferentes concentrações, não causou alterações negativas nos parâmetros químicos responsáveis pelas características organolépticas de morangos para a mesma cultivar, assim como, não desencadearam a ocorrência de fitotoxidez nas concentrações aplicadas.

Os resultados obtidos por este estudo permitem sugerir que aplicações consecutivas de jasmonato de metila em *Fragaria x ananassa* Duch cv. San Andreas, cultivados em estufa, ativam de forma específica e generalizada o metabolismo secundário das plantas, desencadeando defesas associadas à diminuição da presença, da oviposição e, conseqüentemente, da emergência de *D. suzukii* em cultivo protegido de morango. Além disso, não interfere negativamente nas características físico-químicas do fruto. Desta forma, podemos inferir que a exploração das defesas naturais de

morangueiros, por meio da ativação de rotas de metabolismo secundário com jasmonato de metila, pode ser uma alternativa para manejo de *D. suzukii* em ambiente protegido. Estudos futuros são necessários para identificar de que forma a indução das defesas pela ação do jasmonato de metila afeta o perfil químico de morangueiros, permitindo um maior entendimento dessa interação.

## REFERÊNCIAS

1. Andrezza F, Bernardi D, dos Santos RSS, Garcia FRM, Oliveira EE, Botton M, *et al.* *Drosophila suzukii* in Southern Neotropical Region: Current Status and Future Perspectives. *Neotropical Entomology* [Internet]. 2017;46(6):591–605. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s13744-017-0554-7>. Acesso em 10 de novembro de 2019.
2. Hauser M. A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. *Pest Management Science*. 2011;67(11):1352–7.
3. Deprá M, Poppe JL, Schmitz HJ, De Toni DC, Valente VLS. The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. *Journal of Pest Science*. 2014;87(3):379–83.
4. AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) Acesso em 10 de novembro de 2019.
5. Wollmann J, Hoffmann Schlesener DC, Ferreira MA, Silveira Garcia M, Costa VA, Garcia FRM. Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. *Drosophila Information Service*. 2016;99(January):38–42.
6. Marchiori CH, Barbaresco LF. Occurrence of *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani, 1875) (Hymenoptera: Pteromalidae) as a parasitoid of *Megaselia scalaris* (Loew, 1866) (Diptera: Phoridae) in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 2007;67(3):577–8.
7. Schlesener DCH, Wollmann J, Pazini J de B, Padilha AC, Grützmacher AD, Garcia FRM. Insecticide Toxicity to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) parasitoids: *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of economic entomology*. 2019;112(3):1197–206.
8. Benito NP, Lopes-da-Silva M, dos Santos RSS. Potential spread and economic impact of invasive *Drosophila suzukii* in Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 2016;51(5):571–8.

9. Goodhue RE, Bolda M, Farnsworth D, Williams JC, Zalom FG. Spotted wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: Economic analysis of potential revenue losses and control costs. *Pest Management Science*. 2011;67(11):1396–402.
10. Hare JD. Ecological Role of Volatiles Produced by Plants in Response to Damage by Herbivorous Insects. *Annual Review of Entomology* [Internet]. 2011;56(1):161–80. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ento-120709-144753>. Acesso em 10 de novembro de 2019.
11. Heil M. Herbivore-induced plant volatiles: Targets, perception and unanswered questions. *Journal of Physiology*. 2014;204(2):297–306.
12. Lopes FB, Sant'Ana J. Responses of *Spodoptera frugiperda* and *Trichogramma pretiosum* to Rice Plants Exposed to Herbivory and Phytohormones. 2018;48(3): 381-390.
13. Freitas, TFS de, Stout MJ, Sant'Ana J. Effects of exogenous methyl jasmonate and salicylic acid on rice resistance to *Oebalus pugnax*. *Pest Management Science*. 2019;75(3):744–52.
14. Omer AD, Thaler JS, Granett J, Karban R, Omer AD, Thaler JS, *et al.* Jasmonic Acid Induced Resistance in Grapevines to a Root and Leaf Feeder. *Jasmonic Acid Induced Resistance in Grapevines to a Root and Leaf Feeder*. 2000;93(3):840–5.
15. Amil-Ruiz F, Blanco-Portales R, Muñoz-Blanco J, Caballero JL. The strawberry plant defense mechanism: A molecular review. *Plant and Cell Physiology*. 2011;52(11):1873–903.
16. Faghieh S, Ghobadi C, Zarei A. Response of Strawberry Plant cv. 'Camarosa' to Salicylic Acid and Methyl Jasmonate Application Under Salt Stress Condition. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2017;36(3):651–9.
17. Han L, Jiang X, Peng Y. Potential resistance management for the sustainable use of insect-resistant genetically modified corn and rice in China. *Current Opinion in Insect Science* [Internet]. 2016;15:139–43. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2016.04.004>. Acesso em 10 de novembro de 2019.

18. El-Mogy MM, Ali MR, Darwish OS, Rogers HJ. Impact of salicylic acid, abscisic acid, and methyl jasmonate on postharvest quality and bioactive compounds of cultivated strawberry fruit. *Journal of Berry Research*. 2019;9(2):333–48.
19. Saavedra GM, Sanfuentes E, Figueroa PM, Figueroa CR. Independent preharvest applications of methyl jasmonate and chitosan elicit differential upregulation of defense-related genes with reduced incidence of gray mold decay during postharvest storage of *Fragaria chiloensis* fruit. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017;18(7):1–17.
20. Warabieda W, Olszak R. Effect of exogenous methyl jasmonate on numerical growth of the population of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) on strawberry plants and young apple trees. *Journal of Plant Protection Research*. 2010;50(4):541–4.
21. Schlesener DCH, Wollmann J, Krüger AP, Martins LN, Geisler FCS, Garcia FRM. Rearing method for *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera : Drosophilidae) on artificial culture media . *Technique Notes. Drosophila Information Service*. 2017;100:185–9.
22. Santos RSS dos. Ocorrência de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), (Diptera: Drosophilidae) Atacando Frutos de Morango no Brasil. Bento Gonçalves; 2014.
23. Meier U. Phenological growth stages and BBCH-identification keys of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). 1994.
24. Hamby KA, E. Bellamy D, Chiu JC, Lee JC, Walton VM, Wiman NG, *et al.* Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. *Journal of Pest Science*. 2016;89(3):605–19.
25. Wiman NG, Dalton DT, Anfora G, Biondi A, Chiu JC, Daane KM, *et al.* *Drosophila suzukii* population response to environment and management strategies. *Journal of Pest Science*. 2016;89(3):653–65.
26. Gabarra R, Riudavets J, Rodríguez GA, Pujade-Villar J, Arnó J. Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. *BioControl*. 2015;60(3):331–9.
27. Daane KM, Wang XG, Biondi A, Miller B, Miller JC, Riedl H, *et al.* First exploration

of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. *Journal of Pest Science*. 2016;89(3):823–35.

28. Qiu BL, van Dam NM, Harvey JA, Vet LEM. Root and shoot jasmonic acid induction differently affects the foraging behavior of *Cotesia glomerata* under semi-field conditions. *BioControl*. 2012;57(3):387–95.

29. Simpson M, Gurr GM, Simmons AT, Wratten SD, James DG, Leeson G, *et al.* Attract and reward: Combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. *Journal of Applied Ecology*. 2011;48(3):580–90.

30. Cini A, Ioriatti C, Anfora G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology*. 2012;65(1):149–60.

31. Poyet M, Eslin P, Héraude M, Le Roux V, Prévost G, Gibert P, *et al.* Invasive host for invasive pest: When the Asiatic cherry fly (*Drosophila suzukii*) meets the American black cherry (*Prunus serotina*) in Europe. *Agricultural and Forest Entomology*. 2014;16(3):251–9.

32. Asplen MK, Anfora G, Biondi A, Choi DS, Chu D, Daane KM, *et al.* Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science*. 2015;88(3):469–94.

33. Halitschke R, Stenberg JA, Kessler D, Kessler A, Baldwin IT. Shared signals - “Alarm calls” from plants increase apparency to herbivores and their enemies in nature. *Ecology Letters*. 2008;11(1):24–34.

34. Karban R, Shiojiri K, Ishizaki S, Wetzel WC, Evans RY, Karban R. Kin recognition affects plant communication and defence. 2013;1–5.

35. Dicke M, van Loon JJA. Chemical Ecology of Phytohormones: How Plants Integrate Responses to Complex and Dynamic Environments. *Journal of Chemical Ecology*. 2014;40(7):653–6.

36. Moraes MCB, Laumann RA, Pareja M, Sereno FTPS, Michereff MFF, Birkett MA, *et al.* Attraction of the stink bug egg parasitoid *Telenomus podisi* to defence signals from



soybean activated by treatment with cis-jasmone. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2009;131(2):178–88.

37. Dicke M, Baldwin IT. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the “cry for help”. *Trends in plant science*. 2010 Mar;15(3):167–75.

38. Stout MJ, Riggio MR, Yang Y. Direct Induced Resistance in *Oryza sativa* to *Spodoptera frugiperda*. *Environmental Entomology*. 2009;38(4):1174–81.

39. Cooper WR, Goggin FL. Effects of jasmonate-induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2005;115(1):107–15.

40. Demkura P V., Abdala G, Baldwin IT, Ballare CL. Jasmonate-Dependent and -Independent Pathways Mediate Specific Effects of Solar Ultraviolet B Radiation on Leaf Phenolics and Antiherbivore Defense. *Plant Physiology* [Internet]. 2010;152(2):1084–95. Disponível em: <http://www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.109.148999>. Acesso em 10 de novembro de 2019.

41. Jiang Y, Ye J, Li S, Niinemets Ü. Methyl jasmonate-induced emission of biogenic volatiles is biphasic in cucumber: A high-resolution analysis of dose dependence. *Journal of Experimental Botany*. 2017;68(16):4679–94.

42. Bruinsma M, Posthumus MA, Mumm R, Mueller MJ, Van Loon JJA, Dicke M. Jasmonic acid-induced volatiles of *Brassica oleracea* attract parasitoids: Effects of time and dose, and comparison with induction by herbivores. *Journal of Experimental Botany*. 2009;60(9):2575–87.

43. Hamm JC, Stout MJ, Riggio RM. Herbivore- and Elicitor-Induced Resistance in Rice to the Rice Water Weevil (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) in the Laboratory and Field. *Journal of Chemical Ecology*. 2010;36(2):192–9.

44. Khoo HE. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research* [Internet]. 2017;61(1). Disponível em: <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>. Acesso em 10 de novembro de 2019.

45. Shaw D v., Larson D. Strawberry Plant Named San Andreas [Internet]. USA; USPP19,975P2, 2009. p. 7.
46. Tonin J, Machado JTM, Benati JA, Rohrig B, Sobucki L, Chassot T, *et al.* Yield and quality of fruits of strawberry cultivars in an organic production system. *Científica*. 2017;45(3):271.
47. Franco E de O, Uliana C, Lima CSM. Características físicas e químicas de morango ‘ San Andreas ’ submetido a diferentes posicionamentos de slab , densidades de plantio e meses de avaliação Características físicas e químicas de morango ‘ San Andreas ’ submetido a diferentes posicionamentos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 2017;18(2):1–9.

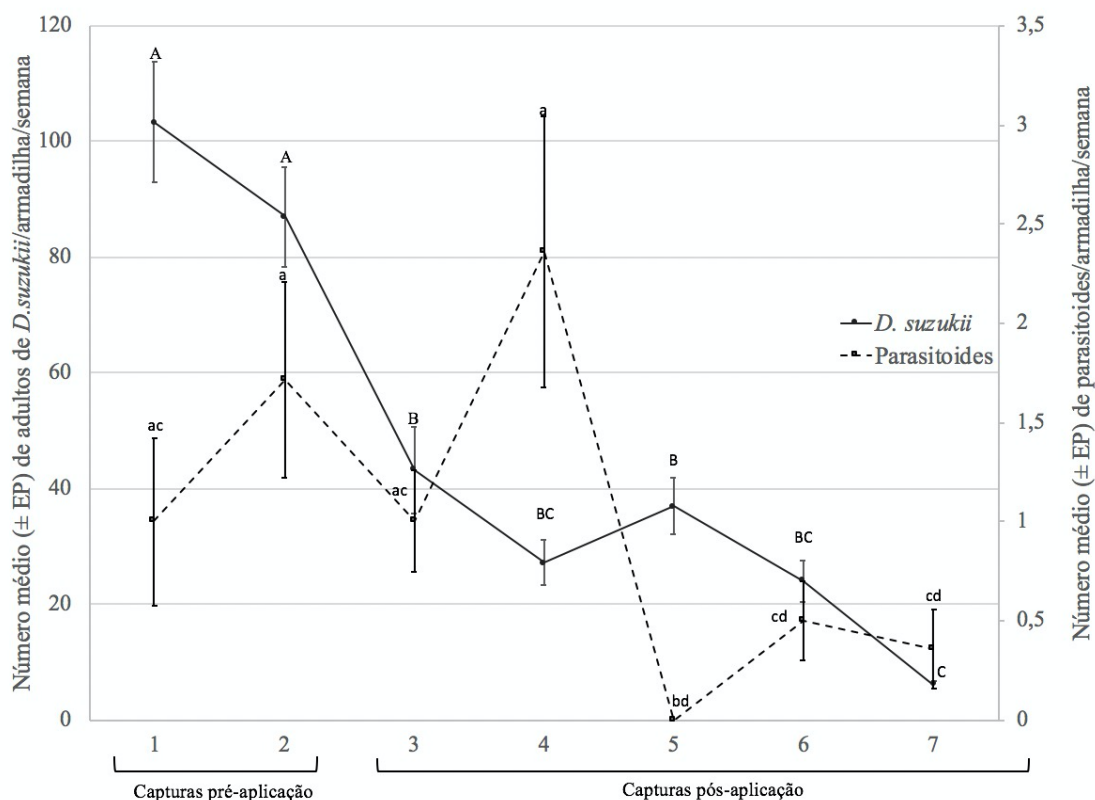


Figura 1. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Drosophila suzukii* e de parasitoides capturados semanalmente (24/09/19 à 04/11/19) com iscas atrativas de vinagre de maçã e água (1:1) em morangueiros cultivados em substrato sob uma estufa em arco em Nova Santa Rita, RS, Brasil. Capturas 1 e 2 referentes ao período pré-avaliação e as de 3 a 7 após aspersões semanais e cumulativas em morangueiros (*Fragraria x ananassa* Duch cv. San Andreas) com os seguintes tratamentos: somente água destilada; etanol (1 %); 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e 1 mM de JaMe e etanol (1%). Pontos seguidos de letras diferentes em cada coleta diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

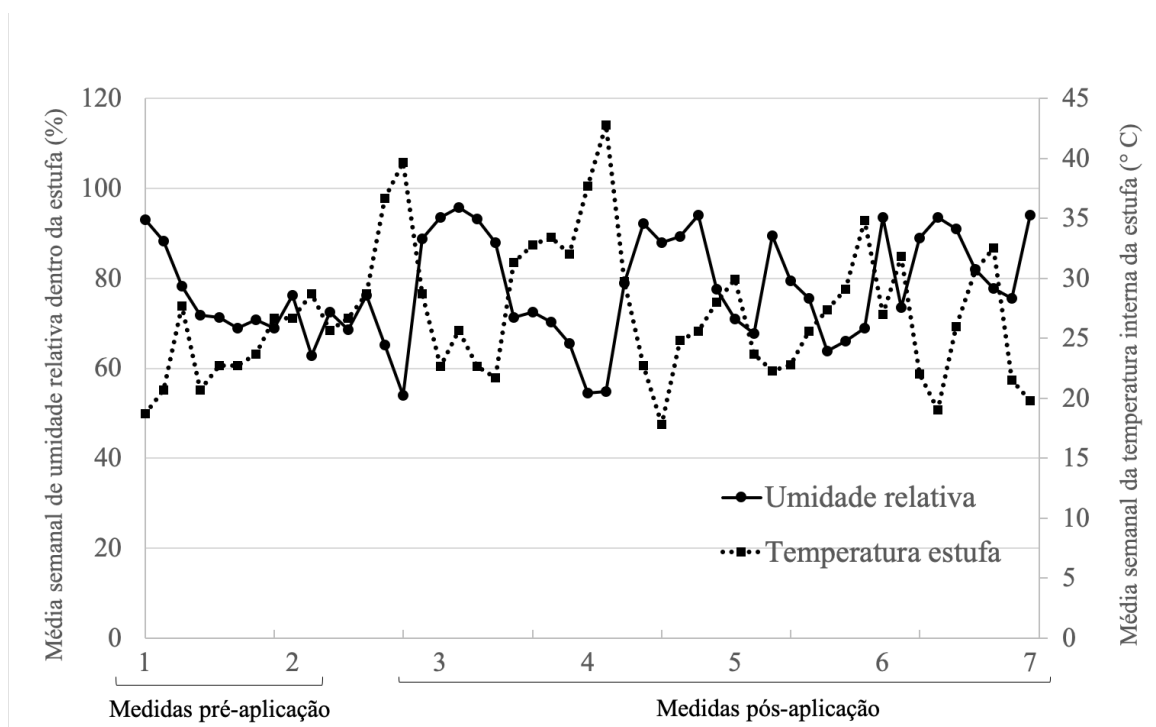


Figura 2. Temperatura e umidade relativa coletadas diariamente (24/09/19 à 04/11/19) às 15h dentro de uma estufa de madeira com teto em arco no município de Nova Santa Rita, RS com cultivo de morangueiros sob substrato. As medias 1 e 2 são referentes ao período pré-avaliação e as de 3 a 7 após aspersões semanais e cumulativas em morangueiros (*Fragraria x ananassa* Duch cv. San Andreas) com os seguintes tratamentos: somente água destilada; etanol (1 %); 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e 1 mM de JaMe e etanol (1%).

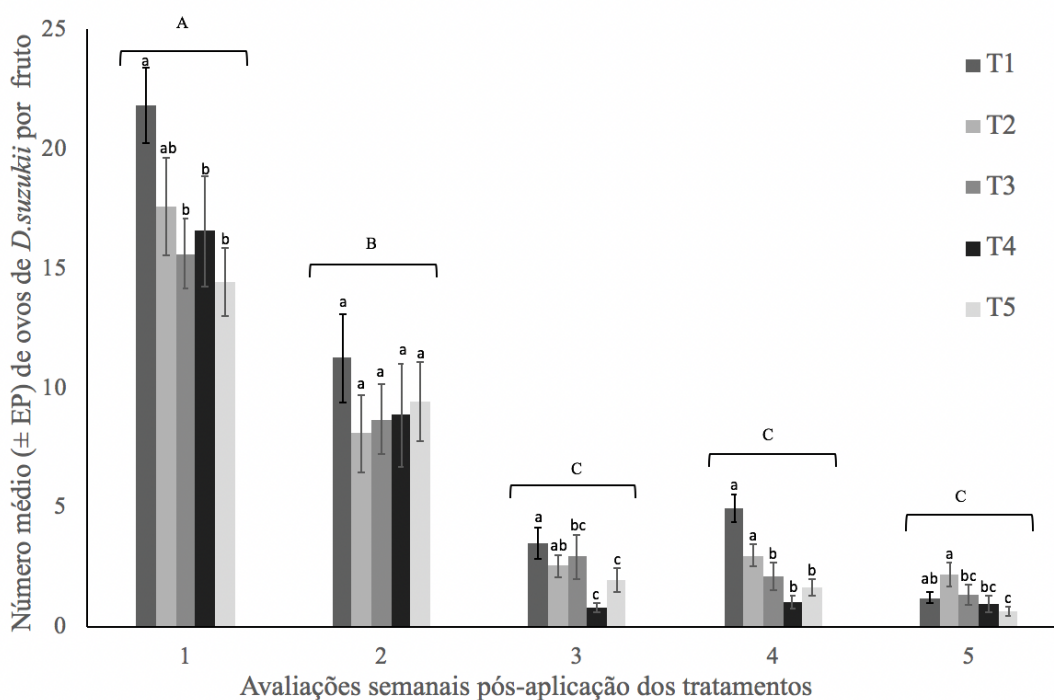


Figura 2. Número médio ( $\pm$  EP) de ovos de *Drosophila suzukii* em frutos oriundos de morangueiros cultivados em substrato sob uma estufa em arco, tratados com uma aspersão semanal (24/09/19 à 04/11/19) e cumulativa com os seguintes tratamentos: T1) somente água destilada; T2) etanol (1 %); T3) 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); T4) 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e T5) 1 mM de JaMe e etanol (1%). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre as colheitas e minúsculas entre os diferentes tratamentos em cada avaliação pelo teste de Dunn ( $p < 0,05$ ).

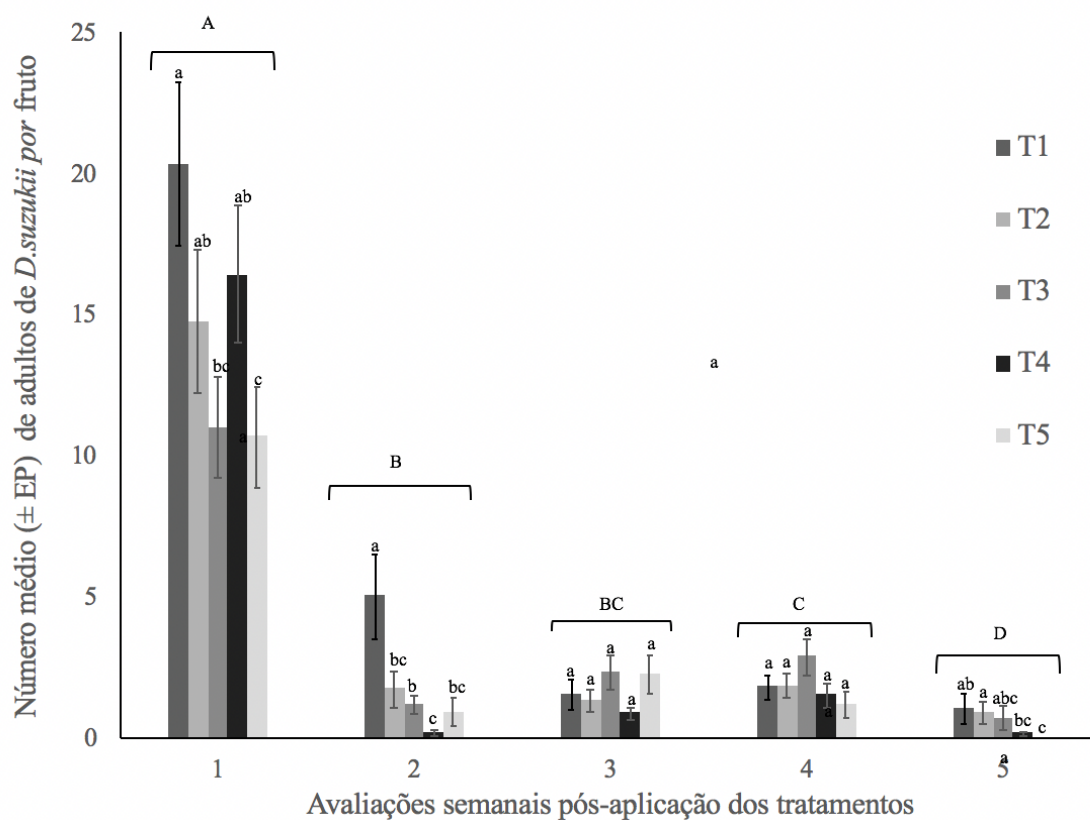


Figura 3. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Drosophila suzukii* emergidos de frutos oriundos de morangueiros cultivados em substrato sob uma estufa em arco, tratados com uma aspersão semanal (24/09/19 à 04/11/19) e cumulativa com os seguintes tratamentos: T1) somente água destilada; T2) etanol (1 %); T3) 0,25 mM de jasmonato de metila (JaMe) e etanol (1%); T4) 0,5 mM de JaMe e etanol (1%) e T5) 1 mM de JaMe e etanol (1%). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre as colheitas e minúsculas entre os tratamentos em cada avaliação pelo teste de Dunn ( $p < 0,05$ )

Tabela 1. Número médio ( $\pm$  EP) de ovos e de adultos emergidos de *Drosophila suzukii* em frutos oriundos de morangueiros (*Fragraria x ananassa* Duch cv. San Andreas) cultivados em substrato sob uma estufa em arco (Nova Santa Rita, RS, Brasil), tratados ao longo de cinco semanas (7/10 à 4/11/19) com uma aspersão semanal e cumulativa com os seguintes tratamentos: H<sub>2</sub>O) somente água destilada; Et) etanol (1 %); JaMe 0,25) 0,25 mM de jasmonato de metila e etanol (1%); JaMe 0,5) 0,5 mM de jasmonato de metila e etanol (1%) e JaMe 1,00) 1 mM de jasmonato de metila e etanol (1%).

Tratamento	Ovos/fruto	Adultos emergidos/fruto
H <sub>2</sub> O	8,54 $\pm$ 0,79a	5,94 $\pm$ 0,89a
Et	6,68 $\pm$ 0,72ab	4,11 $\pm$ 0,69ab
JaMe 0,25	6,12 $\pm$ 0,64bc	3,60 $\pm$ 0,51ab
JaMe 0,50	5,64 $\pm$ 0,81c	3,83 $\pm$ 0,71b
JaMe 1,00	5,62 $\pm$ 0,69c	3,00 $\pm$ 0,51b

Letras diferentes, nas colunas, indicam diferença estatística Dunn ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2. Média das características físicoquímicas ( $\pm$  EP) de frutos oriundos de morangueiros (*Fragraria x ananassa* Duch cv. San Andreas) cultivados em substrato sob uma estufa em arco (Nova Santa Rita, RS, Brasil), tratados ao longo de cinco semanas (7/10 à 4/11/19) com uma aspersão semanal e cumulativa com os seguintes tratamentos: H<sub>2</sub>O) somente água destilada; Et) etanol (1 %); JaMe 0,25) 0,25 mM de jasmonato de metila e etanol (1%); JaMe 0,5) 0,5 mM de jasmonato de metila e etanol (1%) e JaMe 1,00) 1 mM de jasmonato de metila e etanol (1%).

	Atributos químicos			Atributos da cor		
	pH	Acidez	SST	Y	x	y
H <sub>2</sub> O	3,58 $\pm$ 0,16ns	0,81 $\pm$ 0,13ns	5,96 $\pm$ 0,74ns	11,34 $\pm$ 3,22ns	0,4979 $\pm$ 0,02 bc	0,36 $\pm$ 0,02ns
Et	3,58 $\pm$ 0,13	0,82 $\pm$ 0,13	5,10 $\pm$ 0,26	12,48 $\pm$ 2,46	0,4977 $\pm$ 0,03 c	0,35 $\pm$ 0,01
JaMe 0,25	3,54 $\pm$ 0,22	0,84 $\pm$ 0,13	5,22 $\pm$ 0,44	11,78 $\pm$ 3,41	0,5094 $\pm$ 0,02 abc	0,35 $\pm$ 0,01
JaMe 0,50	3,50 $\pm$ 0,07	1,15 $\pm$ 0,45	5,10 $\pm$ 0,51	12,70 $\pm$ 2,55	0,5115 $\pm$ 0,02 a	0,36 $\pm$ 0,01
JaMe 1,00	3,52 $\pm$ 0,13	0,88 $\pm$ 0,14	5,00 $\pm$ 1,85	12,10 $\pm$ 3,05	0,5116 $\pm$ 0,01 ab	0,35 $\pm$ 0,01

Letras diferentes, nas colunas, indicam diferença estatística Dunn ( $p < 0,05$ ).

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados obtidos por este estudo sugerem que aplicações consecutivas de jasmonato de metila em *Fragraria x ananassa* Duch cv. San Andreas, cultivados em estufa, ativam de forma específica e generalizada o metabolismo secundário das plantas, desencadeando defesas associadas à diminuição da presença, da oviposição e, conseqüentemente, da emergência de *D. suzukii* em cultivo protegido de morango. Além disso, não interfere negativamente nas características físico-químicas do fruto. Desta forma, podemos inferir que a exploração das defesas naturais de morangueiros, por meio da ativação de rotas de metabolismo secundário com jasmonato de metila, pode ser uma alternativa para manejo de *D. suzukii* em ambiente protegido.

Este estudo tem um caráter inovador, visto que as interações entre insetos-praga e fitormônios, em morangueiro, são inexistentes. Explorar a indução resistência pelo uso de jasmonato de metila pode ser uma opção relevante para estratégias sustentáveis de controle relacionadas aos métodos de *push-pull* e atrai-recompensa. Contudo, é importante ressaltar que os achados devem ser vistos com cautela, pois trata-se de um estudo preliminar, de um único ano, em uma única área e com uma única cultivar. Sendo assim, outros estudos devem ser conduzidos em ambiente de laboratório e campo, para avaliar outros fatores, tais como, as mudanças no perfil químico de diferentes cultivares frente a aplicação deste e outros fitormônios em diferentes concentrações e as interação de plantas com a presença destes compostos em relação a ocorrência de fitopatógenos, herbívoros e organismos benéficos associados ao morangueiro.



## 6 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Croqui da área experimental. Estufa em arco com morangueiros (*Fragaria x ananassa* Duch cv. San Andreas e cv. Albion) localizada no município de Nova Santa Rita, RS, Brasil (51°16'44" O; 29°52'52" S). Retângulos vermelhos delimitam as divisões dos blocos. Quadrados coloridos dentro de cada bloco representam os tratamentos. Círculos azuis no centro de cada bancada representam o posicionamento das armadilhas de vinagre. Retângulo laranja representa a área da estufa não utilizada no experimento.

